

23

TINTAS E SISTEMAS DE PINTURA

Prof.ª Dra. Kai Loh •

Eng.º Ian Paslar Bertozzo •

Prof. Dr. Aluizio Caldas e Silva •

Prof. Eng.º Gilberto Della Nina

23.1 Introdução, 525

23.2 Composição da Tinta, 525

23.3 Mecanismos de Formação de Filme, 528

23.4 Proporcionamento dos Componentes da Tinta, 530

23.5 Processo de Fabricação da Tinta, 531

23.6 Sistemas de Pintura, 534

23.7 Especificação do Sistema de Pintura, 538

23.8 Condições Gerais para Execução de Pinturas, 540

23.9 Desempenho dos Sistemas de Pintura, 542

23.10 Impacto Ambiental das Tintas, 547

**23.11 Normatização e Programa de Qualidade de Tintas
Imobiliárias, 549**

23.12 Considerações Finais, 549

23.1 INTRODUÇÃO

23.1.1 Definições Empregadas, Abordagem do Tema e Estrutura do Capítulo

Tinta é um produto composto de pigmentos dispersos em uma resina apropriada que, quando aplicado, forma um filme sólido uniforme, fosco ou brilhante.

Este capítulo trata, inicialmente, sobre tópicos relacionados com as tintas como material de construção: seus constituintes básicos; mecanismos da formação de filme; processo de fabricação.

Em seguida, abordam-se os sistemas de pintura na construção civil. Enquanto na primeira parte do capítulo o texto terá um sentido mais voltado à química do material, na parte final serão apresentadas as aplicações das tintas e dos vernizes na construção civil, ou seja, os sistemas de pintura, dando enfoque a: (a) seus constituintes, ferramentas utilizadas e processos executivos; (b) seu desempenho/durabilidade/patologias e normalização vigente; e (c) questões ambientais correlatas ao uso das tintas.

23.1.2 Aplicações e Importância de seu Emprego na Construção Civil

As tintas têm ocupado um espaço cada vez maior como material de acabamento de superfícies externas e internas das edificações, por ser de fácil aplicação, grande variedade de efeitos estéticos, proteção às superfícies e facilidade de manutenção. O sistema de pintura constitui uma barreira ao ingresso de agentes agressivos, minimiza o contato das superfícies com o meio ambiente, protegendo e contribuindo para a longevidade do substrato (revestimentos argamassados, concreto etc.).

Os principais empregos das tintas e vernizes são em pinturas industriais e na construção civil, mas, por se tratar de um texto voltado especificamente a esse setor, serão abordadas apenas as tintas para edificações não industriais, também chamadas “tintas imobiliárias”. Na construção civil, essas tintas podem ser empregadas sobre superfícies de madeira, alvenarias, concreto e metais.

Por ser a parcela mais visível de uma edificação, a pintura é de elevada relevância, valorizando a edificação. Embora seja a última etapa da obra, é uma atividade que deve ser planejada desde a fase de elaboração do projeto, não devendo ser tratada isoladamente, mas como parte de um sistema integrado.

Dentre outras funções importantes das tintas, pode-se destacar uma questão arquitetônica relevante: a aplicação funcional das cores nos ambientes.

Os exemplos a seguir mostram como as cores podem influenciar na percepção humana:

- cores diferentes despertam emoções diferentes;
- *cores quentes*: vermelho, laranja;
- *cores frias*: verde, azul-claro;
- *cores têm peso e dimensão*: cores escuras, mais pesadas; cores claras, mais leves;
- *cores escuras*: transmitem sensação de menor dimensão, enquanto as cores claras aparentam maior amplitude.

23.2 COMPOSIÇÃO DA TINTA

A tinta é um material que se apresenta na forma de uma mistura líquida constituída de resina (aglutinante), pigmentos, cargas e solventes. Quando aplicada sobre uma superfície ela forma um filme que, quando seco, tem função decorativa ou de proteção da superfície.

Atualmente, existem tintas multifuncionais que, além das duas funções básicas, exercem outras funções, por exemplo:

- reflexão ou difusão da luz;
- conferem condições de higiene adequada, que estão associadas à facilidade de limpeza e à ação fungicida e bactericida;
- usadas para demarcação e sinalização viária;
- conferem barreira contra o aumento da temperatura no caso de incêndio, as chamadas intumescentes;
- as que reduzem a inflamabilidade e combustão dos substratos que recobrem, retardando a propagação do incêndio, chamadas de ignífugas;
- as de sinalização, para demarcação de piso e acessibilidade;
- as antiderrapantes, contra escorregamentos;
- as termoacústicas.

23.2.1 Constituintes Básicos das Tintas

De modo geral, as tintas são constituídas dos seguintes componentes: resina ou polímero, pigmento, solvente e aditivos, incluindo os biocidas. Esses componentes normalmente estão presentes nas tintas, mas o que difere um tipo de tinta do outro é a formulação, isto é, o tipo de resina e a proporção dos outros componentes. A Figura 23.1 ilustra a composição básica das tintas. Nem sempre a tinta é constituída desses quatro componentes. Um exemplo simples é o **verniz**, que forma uma película transparente, podendo ou não apresentar baixíssimos teores de pigmentos/corantes e cargas. Comumente é aplicado para dar proteção, brilho e resaltar a textura e cor natural das madeiras.

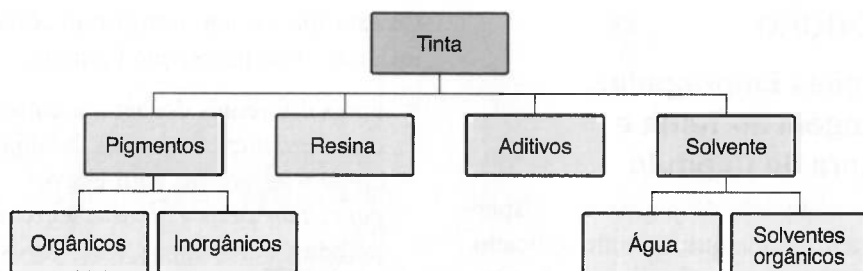


FIGURA 23.1 Composição básica das tintas.

23.2.2 Resinas

É a fração não volátil da tinta, por isso também chamada *veículo não volátil*. Ela é o aglutinante das partículas de pigmento, sendo o agente formador de filme. A composição da resina tem elevada importância nas propriedades da película, apesar de esta ser modificada pelo tipo e teor de pigmento presente. O desempenho da pintura, ao longo do tempo e quando exposta ao meio ambiente, interno ou externo, é dado pela resistência da resina aos agentes presentes nesses meios e pela seleção correta dos pigmentos, aditivos e outros constituintes da formulação. As principais funções da resina são:

- propriedades mecânicas, como a tração e elasticidade;
- resistência ao intemperismo natural, como a radiação UV, água, poluentes;
- resistência química, como a alcalinidade da argamassa;
- aderência e outras.

No passado, as resinas eram obtidas a partir de compostos naturais, vegetais ou animais, mas, hoje, são provenientes da indústria petroquímica, obtendo-se polímeros com durabilidade e propriedades muito superiores às antigas. As resinas podem ser naturais ou sintéticas e formar soluções ou dispersões aquosas. A composição da resina é fundamental para a determinação das propriedades da película, apesar de esta ser modificada pelos outros constituintes da tinta. Na indústria da construção civil, as resinas mais usadas são à base de polímeros e copolímeros de acetato de vinila (PVA), polímeros acrílicos variados e, ainda, os esmaltes sintéticos e os bicomponentes, como a epóxi e a poliuretana.

23.2.2.1 Emulsões aquosas

São dispersões aquosas à base de polímeros e copolímeros de PVA e de resinas acrílicas. Ambas as resinas estão na forma de dispersões aquosas de partículas de dimensões submicrométricas destes polímeros

sintéticos. No mercado são chamadas tintas látex, em face do aspecto semelhante ao látex extraído das seringueiras, tendo como solvente a água. Os polímeros e copolímeros presentes na sua composição estão na forma de emulsão e não solução, como nas tintas de base de solvente, que são os esmaltes sintéticos.

23.2.2.2 Esmaltes sintéticos

São à base de óleos vegetais (linhaça, soja ou tungue) que, combinados com resina alquídica, podem formar tintas pigmentadas e vernizes. O nome *esmalte* deriva do fato de esse tipo de tinta conferir um acabamento muito brilhante, bem similar aos esmaltes vítreos, apesar de sua composição, propriedades e processo de produção serem muito diferentes. Hoje, os esmaltes sintéticos podem ser de base solvente ou de base aquosa, e são chamados no mercado de *tinta alquídica* ou *tinta a óleo*. Esse tipo de tinta também é encontrado no mercado modificado com outras resinas, como poliuretano ou silicone.

23.2.2.3 Tintas bicomponentes

São produtos fornecidos em duas embalagens, sendo uma com o componente A, base pigmentada, e a outra com o componente B, chamado agente de cura ou endurecedor. Os dois componentes quando misturados reagem, convertendo a película líquida em sólida. As resinas típicas são a epóxi ou a poliuretana, e os produtos estão disponíveis como tintas pigmentadas e vernizes. Esse tipo de tinta tem elevada resistência ao ataque químico e abrasão. Essas resinas, quando combinadas a outras do tipo alquídico, já não apresentam resistência a agentes químicos e a abrasão tão elevada.

23.2.2.4 Resinas em solução

São tintas ou vernizes que curam por simples evaporação do solvente, quando exposto ao ar, cuja resina está dissolvida no seu interior. As resinas mais comuns são: nitrocelulose, betume e borracha clorada.

23.2.3 Pigmentos e Cargas

Os pigmentos podem ser orgânicos ou inorgânicos e servem para dar cores e encobrir o substrato. Os orgânicos são substâncias corantes com elevado poder de tingimento e mais brilhantes do que os inorgânicos, no entanto, com menor poder de cobertura, isto é, baixo poder de encobrir o substrato. Geralmente apresentam menor opacidade, maior custo e maior suscetibilidade aos agentes do meio ambiente, como alcalinidade e resistência à radiação solar do que os inorgânicos. Os pigmentos orgânicos mais comuns são: as ftalocianinas (azuis e verdes), quinacridonas (violeta e vermelha), perilenos (vermelhos), toluidina (vermelha) e aril amídicos (amarelos).

Já os pigmentos *inorgânicos*, que podem ser naturais ou sintéticos, são constituídos por partículas finamente divididas, com dimensões entre 0,1 e 5 μm , e são praticamente insolúveis no meio em que estão dispersos, diferenciando os tipos de tinta líquida. Essa classe está subdividida em *pigmentos ativos* e *inertes*, também chamados carga. Os ativos, geralmente os de cor branca, são adicionados à tinta para dar cor, cobertura ou opacidade, consistência, durabilidade e resistência à radiação solar. Além desses pigmentos funcionais, existem as *cargas* (ou *extenders*), consideradas inertes em função do baixo índice de refração. Apresentam custo bem inferior aos pigmentos ativos e servem para dar resistência à abrasão, por exemplo, o óxido de alumínio, que é frequentemente usado para essa finalidade. Nas tintas látex, é muito comum a presença de calcita (carbonato de cálcio) e dolomito (carbonato de cálcio e magnésio), provenientes de calcários ou de precipitados de natureza amorfa, mais fina e branca. Também é comum o emprego do talco, que são os silicatos de magnésio ($3\text{MgO}_4\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$), e o caulim, que são os silicatos de alumínio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$), ambos com índices de reflexão inferiores aos supracitados.

23.2.3.1 Pigmentos Inorgânicos brancos

Os pigmentos brancos apresentam elevado índice de refração, por isso o seu elevado poder de reflexão da luz. A tinta com alto teor de pigmento branco ativo resulta em película com elevado poder de cobertura, isto é, com maior capacidade de encobrir o substrato no qual foi aplicado, que depende basicamente da capacidade dos pigmentos presentes na tinta de refletir ou absorver a luz.

O dióxido de titânio (TiO_2) é fundamental nas tintas de cor mais clara. Esse óxido existe na forma de três estruturas cristalinas; o rutilo é a estrutura mais importante em virtude do elevado índice de refração

de 2,71, e o anatásio é o menos usado e com menor índice de refração, de 2,53. O óxido de zinco (ZnO), embora de menor poder de cobertura e custo inferior, também é bastante usado como pigmento de tintas brancas, com índice de refração de 2,08.

Geralmente, os pigmentos inorgânicos de cor branca têm elevado poder de reflexão, mas existem pigmentos coloridos inorgânicos complexos (sigla em inglês, CICP) e cargas (esferas cerâmicas e de vidro) que, apesar de não possuírem poder de reflexão na região do infravermelho tão elevado quanto os pigmentos de cor branca, podem possuir reflexão superior aos pigmentos coloridos de cores equivalentes. Esses pigmentos são usados em formulações de tintas designadas “frias” (Loh *et al.*, 2009; 2010).

23.2.3.2 Pigmentos Inorgânicos coloridos

Podem ser naturais ou sintéticos e são constituídos pelos seguintes grupos principais:

- *Óxidos de ferro*: dependendo do seu grau de oxidação, podem ser de cor amarela, vermelha ou marrom. Esses pigmentos possuem baixo custo, boa estabilidade e não são tóxicos.
- *Cromatos*: geralmente de cores amarelo-claro até o laranja; esses pigmentos podem ser na base de cromo e chumbo, que, em razão de problemas com meio ambiente e saúde do trabalhador, tendem a ser substituídos por pigmentos orgânicos e inorgânicos menos tóxicos.
- *Pigmentos anticorrosivos*: usados nas tintas para a proteção dos metais. Alguns exemplos são: o cromato de zinco [$4\text{ZnO} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$] de cor amarela, o zarcão [Pb_3O_4] tóxico por conter o chumbo, o fosfato de zinco [$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] de cor branca e não tóxico, o silicato de cálcio não tóxico, o zinco metálico de cor cinza-clara, e o óxido de ferro [Fe_2O_3] de cor vermelha, que não tem propriedades anticorrosivas. Há pigmentos de formas lamelares como a mica, o talco, o alumínio, o óxido de ferro micáceo, que estabelecem uma barreira de entrada de agentes do meio ambiente, como a água.

23.2.4 Solventes

Chamados veículos voláteis, porque deixam de fazer parte da pintura após a sua evaporação. A água é o solvente de tintas de base aquosa, como as emulsões de base vinílica e acrílica. Os solventes orgânicos fazem parte da composição das tintas de base solvente, e têm o objetivo de separar as partículas de resina, de pigmentos e de outros constituintes

das tintas. Além disso, influem na secagem da tinta, conferem viscosidade adequada para a sua aplicação, nivelamento, espessura e aspecto estético da pintura. O teor de solvente nas tintas de base solvente geralmente é corrigido de acordo com a necessidade, momentos antes da aplicação para auxiliar a aplicação, conforme a rugosidade, porosidade e capacidade de absorção do substrato. Os solventes utilizados nas tintas podem ser de diferentes naturezas químicas, sendo os mais comuns: os hidrocarbonetos alifáticos, presentes em aguarrás, os hidrocarbonetos aromáticos, como o xileno e o tolueno, e os oxigenados, como os álcoois isopropílico, butílico e etílico, acetatos, éteres e cetonas, sendo o mais comum o metiletilcetona (sigla em inglês, MEK).

23.2.5 Aditivos

São substâncias adicionadas em pequenas proporções na tinta, geralmente em teores de 0,1 a 2 %, que proporcionam funções específicas. Conforme o tipo, podem modificar determinadas características da tinta. A seguir estão listados os principais tipos de aditivos com suas respectivas funções:

- *Agentes reológicos* estão presentes em tintas em emulsão e sintéticas, e são adicionados para modificar a reologia da tinta, isto é, auxiliam no nivelamento, redução de escorrimento, sedimentação, espalhamento, respingo, dispersantes e umectantes etc.
- *Agentes coalescentes* têm função de auxiliar na formação de filme contínuo durante a secagem de tintas em emulsão.
- *Biocidas* têm ação contra microrganismos biológicos, como os fungicidas, bactericidas, algicidas, resultando no aumento da resistência a fungos, bactérias e algas.
- *Fotoiniciadores* estão presentes em tintas que curam pela exposição à radiação UV e servem para a formação de radicais livres para iniciar a cura da tinta.
- *Inibidores de corrosão* conferem à pintura propriedades anticorrosivas.
- *Secantes* auxiliam na secagem oxidativa de resinas alquídicas e tintas a óleo.

23.3 MECANISMOS DE FORMAÇÃO DE FILME

Normalmente, a película é obtida pela eliminação do solvente das camadas de pintura úmida, com conseqüente solidificação da resina. As tintas à base de

emulsões aquosas, isto é, os sistemas aquosos secam (curam) em poucas horas, enquanto nos sistemas de base solvente a cura é bem mais lenta e, muitas vezes, as tintas são catalisadas por meio de secantes organometálicos complexos. Geralmente chamamos de cura quando há necessidade de um agente externo para a película obter as propriedades desejadas. A película formada após a secagem é opaca, dura e muito brilhante, podendo ser novamente dissolvida por esse solvente.

Os três principais mecanismos de formação de filme de tintas para a construção civil são: por polimerização em emulsão, por oxidação em caso de óleos e resinas alquídicas, em que a cura é obtida pela reação com o oxigênio do ar, e por agente catalisador, como as resinas isocianatos e amínicas, nas tintas à base de poliuretana e epoxídica. Muitas vezes, as tintas estão secas, mas ainda não estão suficientemente curadas. A maioria das tintas do mercado cura em sete dias, em condições normais de temperatura e umidade relativa. A seguir estão discutidos esses mecanismos de secagem.

23.3.1 Tintas Látex Acrílica e Vinílica

Nesse tipo de tinta, as partículas poliméricas, que estão dispersas no meio aquoso e durante a secagem, formam um filme a partir do processo conhecido como coalescência, que é um processo físico, não químico. Diferentemente das tintas de base solvente, o látex é uma suspensão heterogênea, descontínua, na qual as partículas de polímero estão dispersas em meio aquoso (Uemoto, 1998). A água é eliminada por evaporação e, por absorção pelo substrato, as partículas tendem a se juntar. Na Figura 23.2 estão ilustrados os vários estágios de formação do filme de tinta látex.

23.3.2 Óleos e Resinas Alquídicas

São obtidas a partir de fontes renováveis, como óleos vegetais e plantas oleaginosas, como linhaça, soja e tungue, e de graxas de origem animal, como as de peixes. A resina alquídica é um polímero obtido pela esterificação de poliácidos e ácidos graxos com poliálcoois; 90 % dos esmaltes sintéticos são à base de solventes orgânicos e somente uma pequena parcela tem base aquosa.

O mecanismo de formação da película se inicia pela evaporação do solvente, resultando em maior aproximação e interação entre os componentes poliméricos. Há formação de duplas ligações nas moléculas que compõem as resinas presentes na tinta, que ocorre com ou sem auxílio de secantes. A dupla

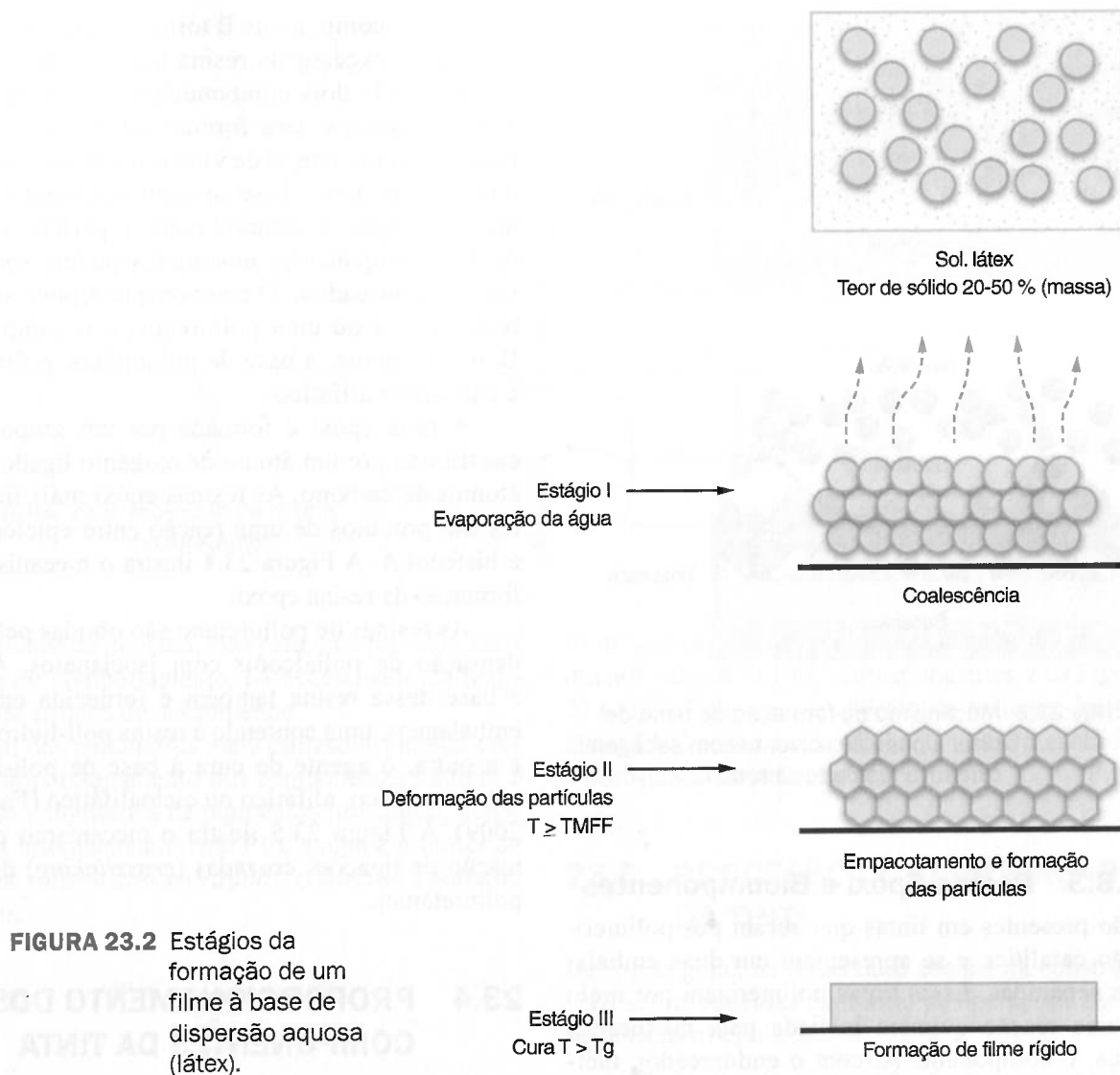


FIGURA 23.2 Estágios da formação de um filme à base de dispersão aquosa (látex).

ligação presente na cadeia do ácido graxo pode ser oxidada de várias formas, dependendo do agente e das condições da reação. A reação de oxidação com o oxigênio do ar é a base da transformação em esmalte ou em tinta a óleo de secagem oxidativa.

A oxidação pode ocorrer espontaneamente, mas de forma lenta, ou catalisada por secantes. Os secantes de sais de ácidos orgânicos com metais, como o cobalto e o manganês, que são secantes primários, constituídos de metais de transição e reagem por oxirredução. Os de cálcio, chumbo e zinco são secantes secundários, não catalisam a reação de oxidação; apenas ativam os secantes primários, tornando a secagem mais efetiva. A velocidade de oxidação depende de uma série de fatores, como a quantidade e o tipo de insaturações, isto é, cujas moléculas têm ligações duplas ou triplas, presença de duplas conjugadas, arranjo geométrico de átomos no espaço (isômeros cis e trans), temperatura e umidade.

Fatores como condições ambientais e radiação ultravioleta também contribuem para esse tipo de reação, que, em determinados casos, fazem parte da decomposição da pintura. A velocidade de decomposição é muito mais lenta do que a de secagem e depende de uma série de fatores, como pigmentação, pontos da macromolécula suscetíveis à oxidação etc.

Um dos principais problemas da pintura de base alquídica é o amarelecimento, que ocorre principalmente quando não está exposta à luz. Quanto mais insaturado for o óleo ou maior a quantidade de duplas conjugadas, maior a tendência ao amarelecimento. A combinação inadequada de secantes ou exposição a ambientes muito úmidos e com presença de agentes químicos também favorece o amarelecimento. Na Figura 23.3 estão ilustrados os vários estágios de formação do filme de tinta de esmalte sintético.

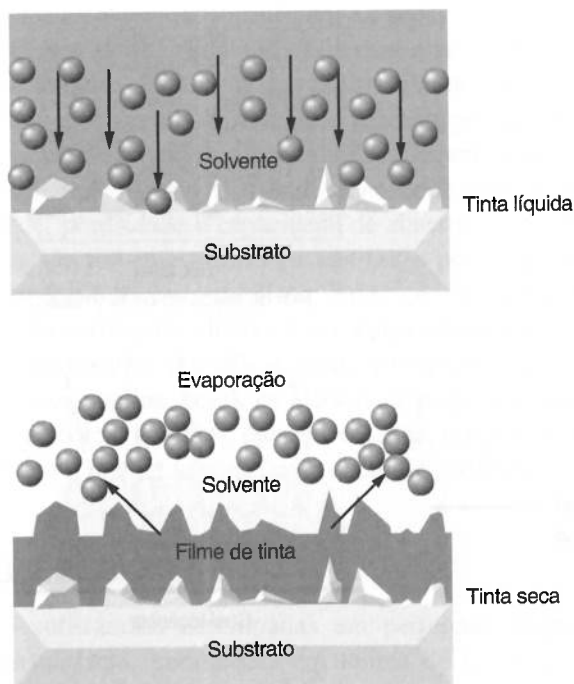


FIGURA 23.3 Mecanismo da formação de filme de tinta à base de solvente com secagem oxidativa (esmalte sintético).

23.3.3 Resina Epóxi e Bicomponentes

Estão presentes em tintas que curam por polimerização catalítica e se apresentam em duas embalagens separadas. Essas tintas polimerizam por meio de uma reação química iniciada pela mistura da resina, o componente A, com o endurecedor, também chamado *catalisador*, que é o componente B, ingrediente que inicia e acelera a reação química. Quando curado, forma uma película dura. O

excesso de componente B torna o filme duro e quebradiço; o excesso da resina torna o filme mole e pegajoso. Os dois componentes devem ser muito bem misturados para formar um líquido viscoso uniforme, cujo tempo de vida útil é de aproximadamente 30 minutos. Esse período geralmente é chamado *pot life* e é definido como o período no qual os dois componentes misturados podem ser “usáveis” (manuseados). O componente A pode ser uma resina epóxi ou uma poliuretana e o componente B, mais comum, à base de poliaminas, poliamidas e isocianato alifático.

A tinta epóxi é formada por um grupo epóxi constituído por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. As resinas epóxi mais frequentes são produtos de uma reação entre epicloridrina e bisfenol A. A Figura 23.4 ilustra o mecanismo de formação da resina epóxi.

As resinas de poliuretano são obtidas pela condensação de poliálcoois com isocianatos. A tinta à base dessa resina também é fornecida em duas embalagens, uma contendo a resina poli-hidroxilada e a outra, o agente de cura à base de poli-isocianato aromático, alifático ou cicloalifático (Fazenda, 2009). A Figura 23.5 ilustra o mecanismo de formação de ligações cruzadas (*crosslinking*) da tinta poliuretânica.

23.4 PROPORCIONAMENTO DOS COMPONENTES DA TINTA

Tem elevada importância nas propriedades das películas de tinta e o seu conhecimento permite estimar algumas propriedades da pintura, como porosidade e

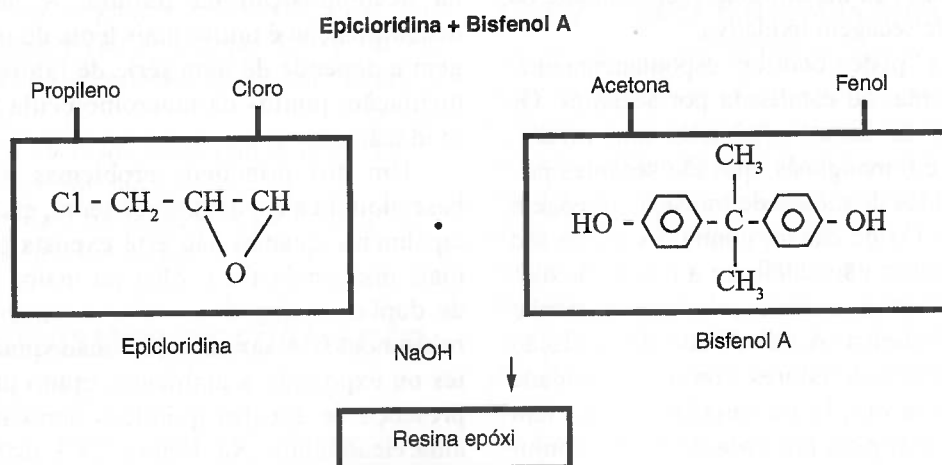


FIGURA 23.4 Moléculas formadoras do filme da tinta epóxi.

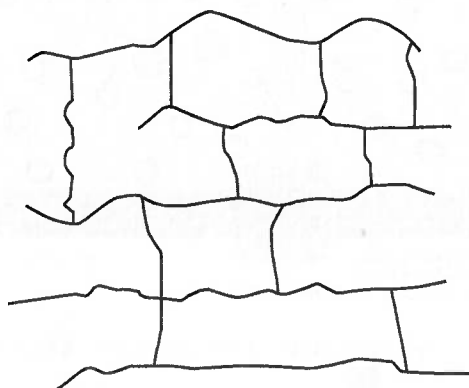
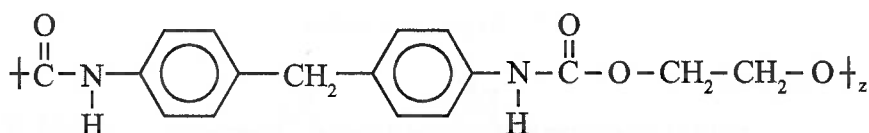


FIGURA 23.5 Molécula de resina poliuretânica.

durabilidade da película, mas para uma previsão mais correta do comportamento, há necessidade da realização de ensaios de desempenho.

Um dos parâmetros mais utilizados para descrever o proporcionamento dos componentes da tinta é a fração volumétrica de pigmentos (ou carga), denominada internacionalmente PVC (sigla em inglês de *pigment volume concentration*), conforme a equação a seguir:

$$\text{PVC} = \frac{V_p}{V_p + V_r} \times 100 \quad (23.1)$$

em que:

V_p = volume de pigmento;

V_r = volume da película de resina seca.

O PVC da tinta é fator que influi diretamente na porosidade da pintura, resultando em diferenças na porosidade e permeabilidade à água líquida/vapor, na coesão entre partículas de carga e pigmentos, no grau de proteção ao substrato, na resistência à tração/alongamento, resistência à abrasão, na aderência, no brilho etc. As tintas foscas possuem PVC elevado, enquanto uma tinta semibrilho tem PVC baixo (Uemoto, 1998).

Uma tinta de alto PVC tem elevada porosidade e acabamento fosco, ao passo que uma de baixo PVC tem baixa porosidade, baixa permeabilidade e acabamento brilhante. O formulador químico usa o PVC para indicar a proporção relativa do pigmento com relação à resina, no entanto, uma mudança na finura dos pigmentos e cargas pode alterar o PVC sem alterar seus teores, em massa. A Tabela 23.1 apresenta

formulações de tintas com os graus de brilho associadas aos valores de PVC correspondentes, e as Figuras 23.6 e 23.7 ilustram o aspecto de película de PVC alto e PVC baixo e sua influência na permeabilidade e porosidade da película.

23.5 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA TINTA

De modo geral, as tintas mais usadas na construção civil são produzidas conforme as operações básicas detalhadas a seguir:

- 1) *Controle de qualidade de matérias-primas*: liberação das matérias-primas aprovadas para a área produtiva.
- 2) *Pesagem das matérias-primas*: de acordo com a quantidade determinada pela formulação e a quantidade a ser produzida.
- 3) *Pré-mistura e dispersão*: as matérias-primas, como água, aditivos, cargas e pigmentos, são misturadas em recipientes de dimensões conforme a necessidade, para obtenção de material mais homogêneo.

TABELA 23.1 Grau de brilho das tintas associadas ao PVC, em %

Grau de brilho	PVC (%)
Brilhante	10-15
Semibrilho	15-30
Acetinado	30-35
Fosco	35-45

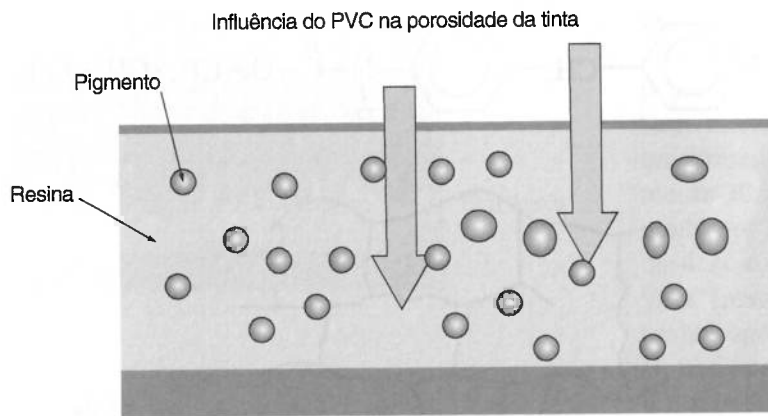


FIGURA 23.6 Película de baixo PVC e baixa permeabilidade/porosidade.

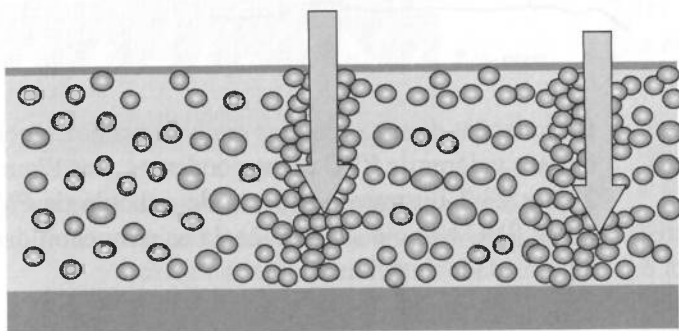


FIGURA 23.7 Película de alto PVC e alta permeabilidade/porosidade.

- 4) *Moagem da pré-mistura*: o material obtido na pré-mistura é submetido à moagem em moinhos (rolos, de areia ou de bolas), nos quais são desagregados os pigmentos e as cargas em partículas com maior finura.
- 5) *Completagem*: onde é realizado o ajuste dos constituintes para a obtenção dos produtos de acordo com as características desejadas. Nessa etapa, são adicionadas as matérias-primas restantes determinadas pela formulação, como resinas, aditivos secantes, anti-pele, solventes etc., sempre sob agitação. O acerto de cor da mistura conforme o padrão também é realizado nessa etapa.
- 6) *Controle de qualidade do produto final*: é feito o acerto final, etapa em que são realizados ensaios de rápida execução, como: viscosidade, teor de sólidos, massa específica, cobertura e pH, cujas propriedades são consideradas importantes para o material. A tinta é liberada se estiver dentro dos padrões especificados.
- 7) *Enlatamento e embalagem*: a tinta é colocada na embalagem e distribuída ao mercado.

A Figura 23.8 ilustra o processo de fabricação das tintas.

23.5.1 Embalagem das Tintas e Massas

É grande a variedade de embalagens disponíveis no mercado consumidor para as tintas e massas. Em geral, encontram-se em latas metálicas, latas/baldes de plástico, tubos metálicos (tinta *spray*), barricas e sacos.

As tintas são encontradas em galões de 3,2 a 3,6 litros, latas de 900 mL até 18 (ou 20) litros. As massas e texturas em latas ou baldes variam de 3,7 a 28 kg.

Na embalagem devem constar as seguintes informações: nome do produto, nome do fabricante, quantidade, tipo de acabamento, tipo de solvente, tipo de superfície a ser aplicado, modo de preparo e aplicação, diluição, tempo de secagem entre demãos, rendimento médio por demão, prazo de validade, número do lote e referências às normas técnicas brasileiras. Um exemplo de embalagem de uma tinta pode ser visto na Figura 23.9.

A Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (Abrafati) criou um programa de qualidade (PSQ) no qual se verifica se os fabricantes seguem a ABNT NBR 15079:2021 – Tintas para construção civil.

Do ponto de vista da sustentabilidade, a Abrafati protagoniza, desde 2010, diversas ações em logística reversa sobre as embalagens de produtos para pintura

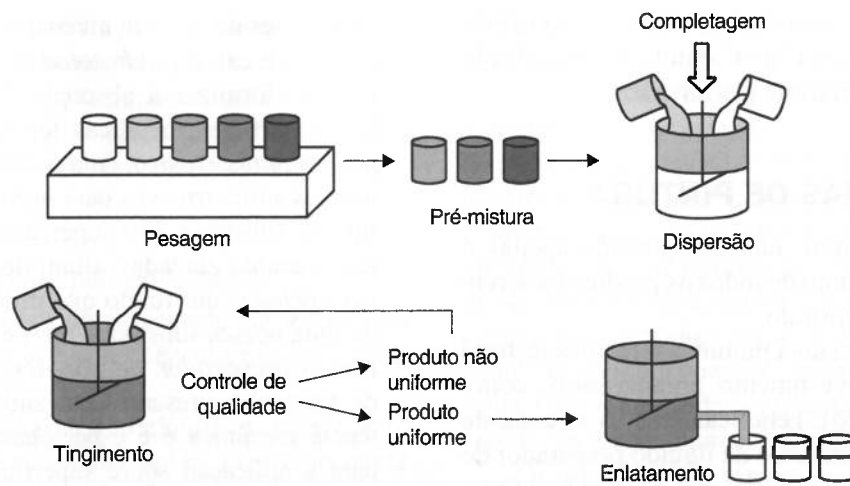


FIGURA 23.8 Processo de fabricação das tintas. Fonte: adaptada de Silva (2005).

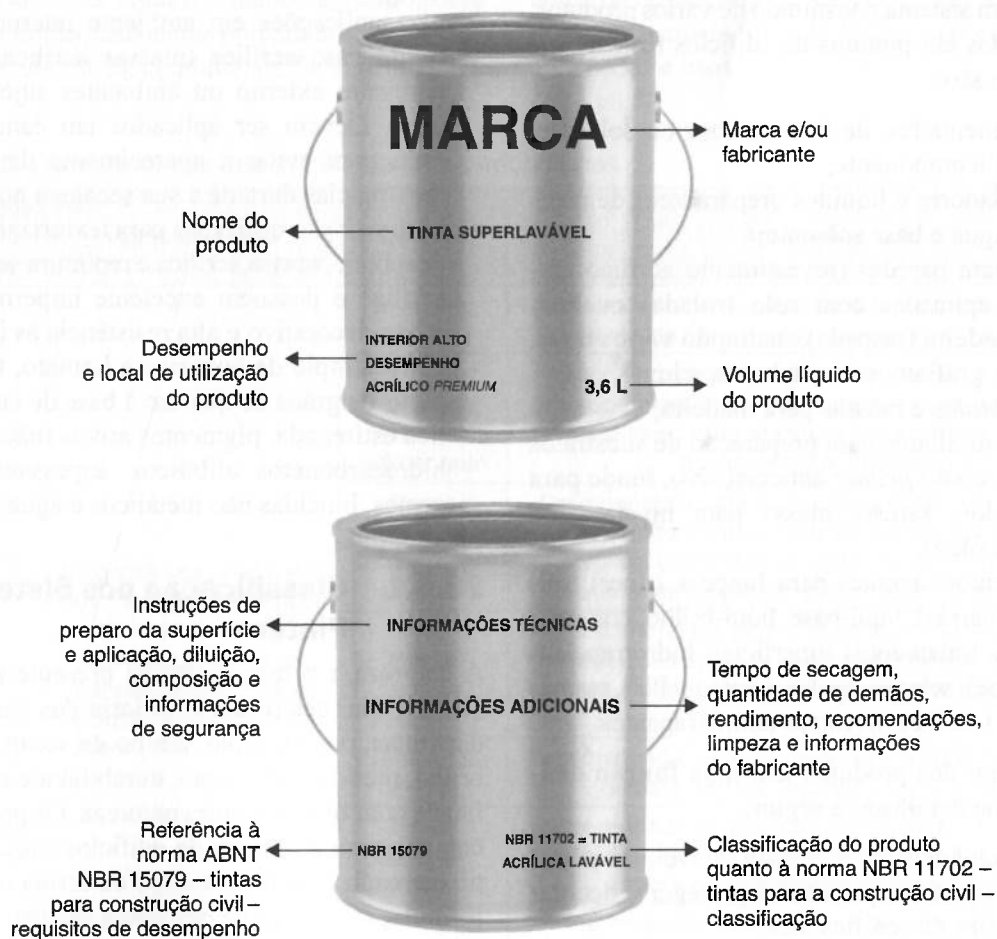


FIGURA 23.9 Inscrições nas embalagens das tintas. Fonte: adaptada de <https://construindocasas.com.br/blog/materiais/tintas-e-texturas/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

imobiliária.¹ Veja a conceituação sobre “sustentabilidade na construção civil” no Capítulo 1 – Introdução ao Estudo dos Materiais de Construção.

23.6 SISTEMAS DE PINTURA

Um sistema de pintura não compreende apenas a tinta, e sim um conjunto de todos os produtos a serem aplicados sobre o substrato.

Por exemplo, em uma pintura sobre um substrato mineral poroso (revestimento argamassado, como o reboco ou emboço), genericamente, o sistema de pintura pode ser constituído de líquido preparador de parede ou fundo para pintura, massa corrida e tinta. Em outros casos, como no de pinturas sobre substratos de madeira ou metálico, o sistema de pintura, além da tinta, também é composto de preparadores de superfícies para garantir a aderência da tinta (fundo ou *primer*), e inibidores de corrosão para minimizar ou impedir o aparecimento de ferrugem.

Portanto, a pintura não é apenas a tinta de acabamento, mas um sistema constituído de vários produtos. Os mais usados em pinturas de edifícios residenciais ou comerciais são:

- tintas pigmentadas, de base aquosa ou solvente, mono ou bicomponente;
- fundos seladores e líquidos preparadores de paredes base água e base solvente;
- texturas para paredes (revestimento acrílico texturizado) aplicadas com rolo (rolada) ou com desempenadeira (raspada), incluindo vários tipos, como liso, grafiato, ranhurado, riscado;
- vernizes, *stains* e massas para madeira;
- materiais auxiliares para preparação de substratos metálicos, como *primer* anticorrosivo, fundo para galvanizados, zarcão, massa para nivelamento (corrida, a óleo);
- complementos: agentes para limpeza (tíner), solventes (aguarrás), liqui-base, liqui-brilho, corantes, sela trinca, tratamentos superficiais hidrorrepelentes (silicone), selantes (poliuretânico – PU), resinas protetoras (acrílicas), resinas antiderrapantes.

Cada um dos produtos tem uma **função** definida, conforme detalhado a seguir;

- *Tinta de acabamento*: é a parte visível nas pinturas e tem como função básica proteger e decorar as superfícies das edificações.
- *Fundo*: é um produto destinado principalmente para a primeira demão ou mais demãos sobre

superfícies novas. Em alvenarias de argamassa de cimento e cal, o *fundo selador* serve para reduzir e/ou uniformizar a absorção dessas superfícies. Em superfícies metálicas ferrosas, é indicado o *primer anticorrosivo*, cuja composição inclui pigmentos anticorrosivos para inibir a corrosão desse tipo de substrato. Em superfícies de aço galvanizado, chapas zincadas, alumínio etc., é indicado o *washprimer*, um fundo que promove a aderência da tinta nesses substratos lisos e sem porosidade.

- *Fundo preparador de paredes*: auxilia a coesão de partículas presentes em substratos sem resistência mecânica e é especialmente recomendado para a aplicação sobre superfícies pouco firmes, por exemplo: argamassa pobre, sobre caiação em repinturas com tinta látex e superfícies de gesso com pulverulência.
- *Massa*: é um produto pastoso, altamente inerte, que serve para corrigir pequenas imperfeições da superfície a ser pintada, para melhorar o aspecto do acabamento da pintura. Os produtos de base vinílica (massa corrida PVA) são recomendados para aplicações em ambiente interno, enquanto os de base acrílica (massas acrílicas) são para ambiente externo ou ambientes sujeitos à umidade. Devem ser aplicados em camadas muito finas para evitar o aparecimento de fissuras ou reentrâncias durante a sua secagem ao ar.
- *Texturas*: são utilizadas para texturizar superfícies de reboco, massa acrílica e repintura sobre PVA ou acrílico e possuem excelente impermeabilidade, efeito decorativo e alta resistência às intempéries. Um exemplo de textura é a Lamato, formulada a partir de grãos de quartzo à base de emulsão acrílica estirenada, pigmentos ativos (não metálicos), hidrocarbonetos alifáticos, espessantes, coalescentes, biocidas não metálicos e água.

23.6.1 Classificação dos Sistemas de Pintura

A natureza e o teor de resina presente na formulação é o que determina a maioria das características das tintas, por exemplo, tempo de secagem, grau de brilho, modo de aplicação, durabilidade e compatibilidade com tintas de outra natureza. Os produtos mais comuns para a pintura de edifícios são encontrados no mercado com base no tipo de resina usada na sua formulação, conforme descrito a seguir:

- *Sistemas acrílicos*: tinta látex acrílica, tinta texturizada acrílica, fundo selador acrílico pigmentado, massa acrílica, grafiato e fundo (líquido) preparador de paredes.

¹ Disponível em: <https://abrafati.com.br/>. Acesso em: 11 set. 2024.

- *Sistemas vinílicos:* tinta látex vinílica, fundo selador vinílico e massa corrida.
- *Sistemas alquídicos:* esmalte sintético alquídico, fundo selador pigmentado, fundo anticorrosivo com cromato, fundo anticorrosivo com fosfato, massa a óleo e tinta a óleo.
- Tinta à base de cimento.
- *Cal hidratada para pintura:* caiação.
- *Silicones:* produto de tratamento de superfícies. O silano-siloxano é um derivado que atua como repelente à água.
- *Vernizes:* verniz sintético alquídico, verniz sintético alquídico com filtro solar, verniz poliuretânico, fundo selador nitrocelulósico.

As tintas usuais do mercado são encontradas na forma de emulsão quando são de base aquosa, ou na forma de solução quando de base solvente. As tintas relacionadas, quando aplicadas sobre uma superfície, formam uma barreira de proteção contra os agentes do meio ambiente. Esse material, no estado como é fornecido ou após a sua diluição, quando aplicado sobre uma superfície adequadamente preparada deve resultar em uma película sólida, contínua, uniforme e aderente

após a cura. A película formada deve ser resistente ao meio ambiente, além de não apresentar alteração no aspecto, já que tem finalidade de proteção da superfície contra a ação do intemperismo e dos agentes nocivos do meio e de decoração do ambiente. A penetração dos agentes agressivos pela pintura está relacionada com a sua porosidade e microestrutura, que, por sua vez, dependem de sua formulação, isto é, principalmente do teor e da estrutura química dos polímeros e do teor e morfologia dos pigmentos. A obtenção de tinta que resulte em pintura com propriedades e custo desejado é um fator de elevada complexidade, pois envolve o uso de um grande número de matérias-primas.

Os silicones são repelentes à água, conhecidos como produtos de tratamento de superfícies. São incolores, não alteram o aspecto da superfície, são produtos hidrófobos, repelem a água, inclusive água contendo sais dissolvidos, como a maresia, facilitam a limpeza e a conservação das superfícies.

Os produtos em pó, como a caiação e as tintas à base de cimento, são dissolvidos em água pouco antes da aplicação. Na Tabela 23.2, estão relacionados os principais tipos de tintas, suas características, aplicações e usos.

TABELA 23.2 Características das principais tintas imobiliárias

Aglomerantes orgânicos e inorgânicos	Características	Produto	Aplicação e uso
Resina à base de copolímeros acrílicos ou estireno acrílico	Dispersão aquosa; baixo COV; ² secagem rápida se comparada a tintas base solvente; constituída por pigmentos, cargas e aditivos, variando de acordo com o produto.	Tinta látex acrílica	Recomendada para aplicação sobre superfícies internas/externas de base porosa. Secagem por volta de 4 h.
		Fundo selador acrílico pigmentado	Recomendado para reduzir e uniformizar a absorção de superfícies internas/externas muito porosas como revestimentos de argamassa. Permite aplicação de acabamento no mesmo dia.
		Fundo (líquido) preparador de paredes	Recomendado para aumentar a coesão de superfícies friáveis e uniformizar ou reduzir a absorção de superfícies porosas, com maior eficácia do que fundo selador. Permite aplicação de acabamento no mesmo dia.
		Massa acrílica	Recomendada para uniformizar, nivelar e corrigir imperfeições de superfícies internas/externas de base porosa. Permite lixar e aplicar tinta de acabamento no mesmo dia.
Resina à base de polímeros vinílicos (poliacetato de vinila ou PVAc)		Tinta látex vinílico	Recomendada para aplicação sobre superfícies internas de base porosa. Secagem por volta de 4 h.
		Fundo selador vinílico	Recomendado para reduzir e uniformizar a absorção de superfícies internas muito porosas. Permite aplicação de tinta de acabamento no mesmo dia.
		Massa corrida	Recomendada para uniformizar, nivelar e corrigir imperfeições de superfícies internas de base porosa. Permite lixar e aplicar tinta de acabamento no mesmo dia.

²COV é a sigla de Compostos Orgânicos Voláteis, que serão posteriormente explicados.

(continua)

TABELA 23.2 Características das principais tintas imobiliárias (continuação)

Aglomerantes orgânicos e inorgânicos	Características	Produto	Aplicação e uso
Resina alquídica à base de óleo vegetal semissecativo	Solução alquídica, proveniente de poliésteres, resultantes de reações entre poliálcoois e ácidos graxos ou óleos; apresenta pigmentos orgânicos e inorgânicos, cargas minerais inertes, hidrocarbonetos alifáticos, secantes organometálicos, dependendo do produto; alto COV; a película forma-se por secagem oxidativa durante exposição ao ar.	Esmalte sintético alquídico	Recomendado para superfícies internas/externas de metal, madeira, cerâmicas não vidradas e alvenaria. Secagem lenta, com intervalo entre demãos de aproximadamente 10 h.
		Fundo selador pigmentado	Recomendado para uniformizar, nivelar e corrigir pequenas imperfeições de superfícies de madeira e seus derivados, e aplicação posterior de tinta de acabamento pigmentado.
		Fundo anticorrosivo universal	Recomendado para inibir a corrosão de substratos metálicos ferrosos (ferro e aço); o grau de proteção varia conforme resina e pigmento, como o zarcão, que apresenta cor alaranjada. Aplicação em superfícies de ferro a aço, sem pintura antiga.
		Massa a óleo	Recomendada para nivelar e corrigir imperfeições superficiais de substratos de madeira em interiores e exteriores.
		Tinta a óleo	Recomendada para a aplicação sobre superfícies internas de metal ferroso, madeira e alvenaria. Intervalo entre demãos é de aproximadamente 10 h.
		Verniz alquídico	Recomendado para a aplicação sobre superfícies internas de madeira; seu uso em exteriores deve atender as especificações do fabricante do produto; o produto não contém pigmentos, mostrando os nós e veios da madeira; há produtos que têm filtro solar em sua composição. Intervalo entre demãos é de aproximadamente 10 h.
Resina epóxi	O filme é formado após a mistura de dois componentes, em embalagens separadas, pouco antes da utilização. Alto COV, a película é a mais resistente a ataques químicos/umidade; substrato requer condições especiais de preparação e limpeza.	Tinta epóxi	Recomendada para ambientes internos em substratos de base porosa, cerâmica, madeira e metal. Intervalo entre demãos é de aproximadamente 24 h; a película amarela quando exposta a luz solar.
Resina poliuretânica		Verniz epóxi	Idem tinta epóxi.
		Tinta poliuretânica	Recomendada para ambientes internos/externos em substratos de base porosa, cerâmica, madeira e metal. Intervalo entre demãos é de aproximadamente 24 h.
		Verniz poliuretânico	Idem tinta poliuretânica, mas recomendado para aplicação somente em substratos de madeira.
Produtos organossilícicos	Constituídos por produtos organossilícicos, como solaxanos e siliconatos e solventes aromáticos; não vedam os poros, mas repelem a água, permitindo o respiro do substrato; não alteram a cor e o aspecto original da superfície; existem produtos de base aquosa.	Silicone	Recomendado para aplicação sobre superfícies de baixa e elevada porosidade, como tijolo à vista, cerâmica, pastilhas não vidradas, concreto aparente, telhas, pedras naturais.

(continua)

TABELA 23.2 Características das principais tintas imobiliárias (continuação)

Aglomerantes orgânicos e inorgânicos	Características	Produto	Aplicação e uso
Cimento branco	Não libera COV. Pode ou não conter pigmentos coloridos, sais higroscópicos; a camada de pintura é porosa e se forma por reação de hidratação do cimento com água e com CO ₂ do ar. A tinta de base cimentícia perde aplicabilidade após 3 a 4 h.	Argamassa decorativa	Aplicação sobre substratos externos/internos de base porosa de argamassas e tijolos cerâmicos, mesmo quando úmidos/frescos.
Cal hidratada	Não libera COV. Pode ou não conter pigmentos coloridos, sais higroscópicos; a camada de pintura de cal é mais porosa do que com tintas de base cimentícia e se forma por reação de hidratação da cal com água e CO ₂ do ar.	Cal hidratada para pintura	

23.6.2 Cálculo de Quantitativos para um Serviço de Pintura

Apesar de no Brasil serem empregadas as unidades volumétricas do Sistema Internacional de Medidas (SI) como medida-padrão, ao comprar as tintas, comumente, os fornecedores apresentam os produtos em volume relacionado com uma medida oriunda do sistema imperial, o *galão*.

Existe uma relação que pode ser adotada para conversão entre a unidade *galão* do sistema imperial (gal) e o *metro cúbico* (m³), unidade utilizada no SI.

É grande a variedade de embalagens encontradas no mercado consumidor, para as tintas e massas. As mais comuns estão indicadas na Tabela 23.3.

Para dimensionar a quantidade necessária de tinta a ser aplicada em um ambiente, deve-se calcular

o somatório da área das paredes a serem pintadas pela simples multiplicação do comprimento a ser pintado vezes a altura de cada uma das paredes.

Em seguida, deverá ser subtraído o somatório das áreas de todas as aberturas e esquadrias que não serão pintadas, por exemplo, as áreas de portas e janelas.

Após isso, obtém-se a quantidade necessária aplicando a equação a seguir:

$$\text{Quantidade de tinta necessária (l)} = \frac{\text{área total a ser pintada (m}^2\text{)} \times \text{número de demãos}}{\text{rendimento do galão (l/m}^2\text{)}}$$

em que:

número de demãos = quantidade de películas de tinta que serão aplicadas uma sobre a outra que está relacionada com a espessura final da película de tinta seca;

rendimento = informação obtida na especificação do fornecedor que relaciona a quantidade de tinta necessária para cobrir determinada área.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{quantidade de volume (galão ou litro)}}{\text{área a ser pintada (m}^2\text{)}}$$

TABELA 23.3 Embalagens das tintas

Unidade	Equivalente
240 mL	1/16 galão
910 mL	1/4 galão
1 galão (gal)	3,6 litros (L)
1 lata (l)	5 galões ou 18 litros

23.7 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE PINTURA

Apesar de ser a última etapa em uma obra, a pintura deve ser considerada desde o início do projeto do edifício. Os principais fatores que determinam a escolha do sistema de pintura são apresentados a seguir.

23.7.1 Características do Meio Ambiente

a) Grau de agressividade do meio

Além da agressividade, deve ser levado em conta o tipo de uso, se individual ou coletivo, e as características das superfícies, se de madeira, alvenaria ou ferrosa etc. A Tabela 23.4 mostra um exemplo de classificação do meio ambiente em função do seu grau de agressividade com base na norma BS 6150:1991.

O meio ambiente é subdividido em ambiente interno e externo, com diferentes graus de exposição. O ambiente interno deve ser caracterizado conforme o tipo de ocupação, como área seca ou úmida, área com elevado tráfego de pedestres (como corredores de escola), e o externo caracterizado conforme o grau de agressividade atmosférica e condições climáticas, como região com umidade elevada e próximo à orla marítima ou industrial.

Frequentemente, mais de um sistema de pintura pode estar dentro das exigências quanto ao grau de agressividade do meio ambiente. Nesse caso, a seleção deve ser realizada levando-se em conta o custo, a durabilidade desejada, a frequência de manutenção dessa superfície, o efeito estético pretendido, a influência da cor no conforto térmico e a manutenção dessa propriedade.

23.7.2 Características do Substrato

As superfícies/substratos mais comuns nas edificações são: alvenarias revestidas com argamassa de cimento e/ou cal, concreto, madeira e metais ferrosos e não ferrosos. Cada uma dessas superfícies possui características, próprias de sua natureza, as quais influem no desempenho da tinta aplicada. Os sistemas de pintura do mercado não são compatíveis com todos os tipos de superfícies e, portanto, devem ser especificados levando-se em conta as características de cada um dos tipos de substratos.

23.7.2.1 Substratos minerais porosos

São constituídos por materiais à base de cimento ou cal, como: argamassa de cimento, de cal, mista, reboco, massa fina, concreto, alvenaria etc. Esses substratos, quando recém-executados, apresentam

TABELA 23.4 Classificação do meio ambiente

Grau de exposição	Ambiente externo	Ambiente Interno	Tipos de tinta
Suave	Local afastado da orla marítima, mais de 10 km, não industrial e regime de chuva média.	Seco, bem ventilado, edifício residencial, comercial e industrial; com condensação suave e ocasional; superfícies sujeitas a sujidades, abrasão e manuseio suave.	A maioria das tintas convencionais para pintura de edifícios é adequada, por exemplo, látex e esmalte sintético.
Moderado	Local próximo à orla, entre 3 e 10 km da orla, industrial com agressividade e com poluição atmosférica moderada.	Condensação com frequência moderada, como cozinhas, banheiros, lavabos; locais sujeitos à poluição atmosférica e ambiente industrial suaves.	A maioria das tintas convencionais para pintura de edifícios é adequada, por exemplo, látex exterior e esmalte sintético.
Severo	Local sujeito à névoa salina, dentro da orla marítima, até 3 km, não industrial; local em área industrial com poluição atmosférica intensa.	Ambiente industrial e/ou com umidade e condensação intensos.	Para substratos metálicos, devem ser usadas tintas na linha industrial e, para substratos não metálicos, é esperada uma durabilidade inferior com relação a outros ambientes.

umidade e alcalinidade elevadas, condições impróprias para aplicação de tintas que formam um filme contínuo de baixa permeabilidade.

Quando frescos, contêm elevado teor de água e sais solubilizados que durante a sua secagem podem migrar para a superfície, formando depósitos de sais brancos. A aplicação do sistema de pintura nessas condições pode levar à alteração de cor, ataque alcalino, eflorescências (depósito de sais brancos pulverulentos sob a película de pintura) etc. Esses substratos apresentam elevada porosidade e rugosidade, as quais podem ser niveladas com auxílio de massa niveladora. Já as tintas de base inorgânica, como de cal e/ou cimento, podem ser aplicadas nessas superfícies mesmo quando úmidas e mal curadas.

23.7.2.2 Substratos de madeira e seus derivados

Apresentam grande diversidade de características (mecânicas, físicas, densidade, higroscopia, cor, durabilidade etc.), as quais determinam os seus usos. A madeira é absorvente, possui baixa estabilidade dimensional, suas dimensões variam em função do teor de umidade do meio ambiente. O fenômeno é reversível resultando em movimentos alternados em função das variações atmosféricas. A madeira quando úmida não é adequada para aplicação de pintura. Durante a exposição ao ambiente, perde umidade e retrai, levando ao aparecimento de tensões entre a película e a superfície da madeira, resultando em perda da aderência. Além disso, quando excessivamente úmida, impede a penetração das tintas, não permitindo boa aderência, além de ocorrer a formação de bolhas sob a película de pintura.

Quando muito seca, a madeira também não é adequada para aplicação de tinta, pois absorve umidade do ambiente e incha, ocorrendo o aparecimento de tensões entre a película e a superfície da madeira e resultando em perda de aderência e fissuração. A proteção mais adequada para madeiras são produtos que não formam filme e hidrorrepelentes, que podem conter também fungicidas e serem transparentes ou de cor imitando madeiras, usualmente conhecidos por *stains*.

23.7.2.3 Substratos metálicos ferrosos e não ferrosos

Os metais como o ferro, o alumínio ou o aço, apesar de serem impermeáveis à umidade e aos gases presentes ao seu redor, são suscetíveis à corrosão por

esses agentes. Quando expostos ao meio ambiente sem proteção reverterem à forma de óxidos, pela combinação do metal com oxigênio e umidade da atmosfera. A resistência à corrosão de superfícies metálicas, ferrosas ou não, depende da sua composição química, processo de fabricação e grau de agressividade do meio ambiente no qual são expostos esses tipos de superfície.

A corrosão em atmosfera industrial ou marítima é mais severa do que em atmosfera rural ou urbana. Em atmosferas não agressivas, somente ocorre corrosão significativa quando a umidade relativa é superior a 70 %; já em atmosferas industriais ou marítimas pode ocorrer corrosão mesmo quando a umidade relativa for inferior a 70 %. A resistência à corrosão também é influenciada pelo microclima ao redor da superfície (orientação, grau de exposição, fluxo do ar, frequência e intensidade de condensação). Os sistemas de pintura nesses tipos de substrato são compostos por tinta de fundo, intermediária e de acabamento. A compatibilidade entre as camadas é fundamental para que não ocorram problemas de falta de aderência e enrugamento.

Recomenda-se a aplicação de pinturas nas superfícies metálicas ferrosas (ferro e aço) somente quando isentas de contaminações, de produtos de corrosão (ferrugem) e de carepas de laminação, e, além disso, protegidas com tinta de fundo anticorrosiva (*primer*). O grau mínimo de limpeza da superfície varia conforme o tipo de tinta a ser aplicado e condições de exposição. As superfícies metálicas expostas a atmosferas industriais, marítimas ou de umidade elevada devem ser preparadas com jateamento abrasivo grau "comercial"; isso significa que, mesmo após o jateamento, a superfície ainda pode apresentar manchas e pequenos resíduos decorrentes da ferrugem, carepa e tinta, mas sem resíduos de óleo e graxa.

Em caso de superfícies metálicas expostas a atmosferas corrosivas, industrial ou marinha, devem ser tomados cuidados especiais quanto à limpeza da superfície. Os contaminantes (sais ou compostos de enxofre) depositados sobre a superfície aumentam a suscetibilidade desses à corrosão.

Recomenda-se que o intervalo de tempo entre a preparação da superfície e aplicação de tinta de fundo seja o menor possível, por ser muito crítico. O mesmo ocorre entre a aplicação de fundo anticorrosivo e a tinta de acabamento. Somente as tintas de fundo, anticorrosivas à base de resina epóxi, ricas em zinco, permitem maior tempo de exposição, aproximadamente 6 meses.

Superfícies metálicas, expostas em atmosfera poluída em contato com agentes químicos na forma gasosa, líquida ou sólida, devem ser protegidas com tintas da linha industrial, por exemplo: borracha clorada, poliuretana, resina epóxi, resinas vinílicas etc. As superfícies não ferrosas também degradam formando óxidos de baixa visibilidade, e a remoção dessa camada de óxidos junto a contaminantes é de elevada importância. Nas superfícies de alumínio, aço carbono ou aço galvanizado, geralmente aplica-se o *primer* epóxi ou poliuretana-epóxi. O aço inoxidável (liga de ferro e cromo) raramente é pintado, a não ser por razões estéticas ou para sinalização. Pelo fato de a superfície ser muito lisa, há risco de descolamento, o que leva à baixa resistência de aderência.

23.8 CONDIÇÕES GERAIS PARA EXECUÇÃO DE PINTURAS

Os problemas em pintura geralmente são ocasionados por uma combinação de fatores e não unicamente pela qualidade dos produtos aplicados. As principais causas de falhas na pintura ocorrem por problemas com o substrato, como a presença de umidade ou a sua baixa resistência mecânica, preparação inadequada, falta de preparação do substrato, especificação incorreta da tinta, condições inadequadas para a aplicação dos produtos ou má qualidade dos produtos.

De modo geral, **a pintura deve ser sempre realizada conforme a recomendação do fabricante**, embora boa parte das falhas nesse tipo de acabamento seja causada por problemas previamente existentes nas superfícies. São ressaltadas a seguir algumas informações e/ou recomendações relevantes sobre as condições necessárias aos substratos para o recebimento das pinturas e as condições do meio ambiente durante a execução da pintura. Essas informações normalmente não constam no manual dos fabricantes de tinta.

23.8.1 Substratos Minerais Porosos

23.8.1.1 Pintura em substratos minerais porosos recém-executados

A pintura deve ser sempre realizada em substrato seco, sem sinais de umidade, coeso e firme, sem sinais de fissuras, além disso, estar uniforme, despenado, sem sujeira ou poeira, sem eflorescências e/ou calcinação ou partículas soltas, estar isento de

óleo, gorduras ou graxas e microrganismos biológicos, como mofo, fungos, algas, líquens etc. As superfícies à base de cimento e/ou cal recém-executadas devem estar curadas por pelo menos 30 dias.

23.8.1.2 Repintura

A pintura antiga deve apresentar as mesmas características exigidas para as superfícies novas, isto é, estar seca, firme e sem sinais de deterioração. A pintura antiga também não deve apresentar imperfeições, como bolhas, calcinação, crostas, descasamentos, imperfeições etc. Em caso de pintura antiga muito lisa e brilhante, essa superfície deve ser lixada para obtenção de certa rugosidade. Em superfícies caídas, que é uma pintura pouco coesa, a repintura com outro tipo de tinta requer a eliminação total da caiação e uso de fundo preparador de paredes.

23.8.1.3 Limpeza da superfície

- As sujeiras, poeiras, materiais soltos, de modo geral, são removidos por escovação e, eventualmente, com auxílio de jatos de água. Em caso de superfícies de ambientes externos, de limpeza difícil, pode-se empregar raspagem com espátula, escova de fios de aço.
- Graxa, óleo e outros contaminantes gordurosos podem ser removidos com sabão e detergente, seguido de lavagem com água e deixando-se secar a superfície. Desaconselha-se, nesse caso, o uso de solventes.
- Eflorescências e calcinações podem ser removidas por meio de escovação da superfície seca, empregando-se escova de cerdas macias.
- Bolor e outros microrganismos devem ser removidos esfregando-se a superfície com escova de fios duros e solução de hipoclorito de sódio, com 4 a 6 % de cloro ativo. A solução pode ser também constituída por água sanitária ou produtos bactericidas, diluída com água na proporção de 1:1. Se necessário, deixar a solução agir durante certo período, aproximadamente uma hora e, em seguida, enxaguar com água em abundância.

23.8.1.4 Correção das falhas do substrato

- Eliminar infiltrações de água decorrentes de canos furados, telhas quebradas, calhas entupidas etc. Após a correção dos problemas, deixar secar bem a superfície.
- Reparar imperfeições como trincas, fissuras, saliências e reentrâncias antes da aplicação da pintura. As imperfeições de grandes dimensões e

profundidade devem ser reparadas com argamassa de revestimento na textura semelhante à superfície a ser pintada e, preferencialmente, 30 dias antes da pintura. As imperfeições de dimensões pequenas devem ser reparadas com massa niveladora, de característica compatível com a tinta de acabamento. A massa deve ser aplicada com desempenadeira de aço ou espátula, até o nivelamento desejado. Deixar secar durante algumas horas e lixar com lixa de granulação adequada.

23.8.1.5 Tratamentos superficiais nos substratos

- Em superfícies de elevada porosidade (absorção de água maior do que 15 %) é recomendada a aplicação prévia de fundos seladores com características compatíveis com a tinta de acabamento ou a própria tinta de acabamento diluída em água ou solvente na proporção 1:1.
- Em superfícies de baixa resistência mecânica, como reboco magro (fraco) e com pouco cimento, aplicar fundo (líquido) preparador de superfícies, com rolo ou pincel, na diluição indicada na embalagem do produto. A resistência mecânica da superfície pode ser verificada esfregando-a sob certa pressão dos dedos, sendo considerada baixa quando não há coesão entre os grãos de areia. Quando a argamassa é friável sob pressão dos dedos, esta deve ser refeita.

23.8.1.6 Preparação de superfícies lisas

- Superfícies muito lisas, quase polidas, e pulverulentas, como de gesso e artefatos de gesso, não permitem boa aderência da pintura. As tintas devem ser aplicadas sobre superfícies previamente tratadas com fundo (líquido) preparador de superfície.
- A diluição do fundo é fundamental para seu desempenho, portanto, recomenda-se observar com atenção a diluição indicada pelo fabricante.

23.8.2 Substratos de Madeira

- A madeira deve estar envelhecida e seca, com teor de umidade em equilíbrio com o ambiente. Deve estar limpa, sem sujeira, poeira e depósito superficiais, como resina exsudada ou sais solúveis provenientes de tratamento preservante. Não apresentar farpas e resíduos de serragem, óleos, gorduras ou graxas, agentes de degradação biológica, como: bolores, fungos e insetos (cupins, brocas).

- Não apresentar a camada superficial degradada pela ação do intemperismo, como da radiação solar e da umidade.

23.8.3 Substratos Metálicos Ferrosos e Não Ferrosos

Deve estar seca isenta de materiais soltos ou contaminações, como óleo, graxa, ferrugem e carepas de laminação. Não deve apresentar contaminações causadas pela exposição a atmosferas agressivas do tipo industrial ou marítima, ou em virtude do contato com produtos químicos agressivos. Deve estar isenta de água depositada por condensação e devidamente protegida com tinta de fundo anticorrosiva.

23.8.4 Condições Ambientais para Execução da Pintura

- A execução do sistema de pintura deve ser realizada à temperatura ambiente entre 10 e 40 °C, umidade relativa do ar inferior a 80 %, a menos que o fabricante do produto estabeleça outras condições de aplicação. Na aplicação de tintas bicomponentes, como à base de resina epóxi ou outros tipos similares, observar com maior rigor o efeito da temperatura. Quanto maior for a temperatura, menor será o tempo de vida útil da tinta resultante da mistura dos componentes A e B (A+B).
- As superfícies externas devem ser pintadas na ausência de ventos fortes, partículas em suspensão na atmosfera, chuvas, umidade superficial ou excessiva do ar, como neblina ou condensação de vapor. O mesmo cuidado deve ser mantido em todas as demãos do sistema de pintura.
- As superfícies internas devem ser pintadas quando não há condensação de vapor na superfície e em condições climáticas que permitam que portas e janelas fiquem abertas.
- A execução do sistema de pintura deve ser realizada preferencialmente nas estações do ano menos chuvosas, em paredes sem incidência direta do Sol e sem condensação de umidade.
- As superfícies expostas em ambientes com elevada poluição atmosférica devem ser muito bem limpas antes da aplicação da pintura, e o intervalo de aplicação entre demãos deve ser o menor possível.
- A aplicação do sistema de pintura deve ser realizada em ambiente com boa iluminação e ventilação, e em caso de a iluminação natural ser insuficiente, esta pode ser substituída por iluminação incandescente ou fria. Em caso de pintura de cores escuras ou ausência de contraste de cores, entre demãos, o nível de iluminação deve ser aumentado.

23.8.5 Ferramentas e Acessórios para Execução de Sistemas de Pintura

A execução de pinturas é realizada com emprego de alguns equipamentos, ferramentas e acessórios, como os a seguir citados.

- *Pincéis*: os maiores são utilizados na pintura de superfícies planas e grandes (portas lisas) e os menores para cantos e emendas. Medidas expressas em polegadas, de ½" a 4".
- *Rolos*: podem ser de lã de carneiro ou acrílicas, de espuma ou espuma rígida. Os de lã são indicados para pintura de paredes com látex, e os de espuma para pinturas com tinta a óleo, esmalte ou verniz. De espuma rígida são para aplicação de acabamentos texturáveis.
- *Espátulas*: para remoção de tintas velhas e para aplicação de massas. Há vários tipos e tamanhos.
- *Desempeneadeira*: mais utilizada na aplicação de massa corrida e argamassa em áreas.
- *Revólver*: utilizado na aplicação de tintas a óleo, esmaltes e vernizes.
- *Bandeja*: chamada de caçamba de espuma. Facilitam a molhagem do rolo de pintura.
- *Lixas*: utilizadas para unificar a superfície e aumentar a aderência da tinta. Existem lixas para madeira, lixa ferro para massa e lixa d'água.

23.9 DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE PINTURA

23.9.1 Conceitos Gerais sobre a Metodologia de Avaliação de Desempenho

A avaliação da qualidade de um elemento, componente ou sistema de construção pode ser realizada com o emprego da metodologia de avaliação de desempenho. O conceito de **desempenho** (tradução livre de *performance*, em inglês) significa **comportamento em utilização** e vem sendo estudado no mundo há mais de 40 anos (Blachere *apud* Borges, 2008). O desempenho de um produto está relacionado com as propriedades que permitem que um **elemento, sistema** ou **componente** cumpra sua função quando sujeito a determinadas influências ou durante sua vida útil (Mitidieri Filho, 1998).

Veja mais sobre o tema Sistemas de Qualidade e Desempenho das Edificações no Capítulo 30.

A seguir, alguns conceitos relativos à metodologia de avaliação de desempenho:

- *Componente*: unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas.
- *Elemento*: parte de um sistema com funções específicas. Geralmente, é composto por um conjunto de componentes, por exemplo, parede de vedação em alvenaria.
- *Sistema*: maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que o define, por exemplo, sistema de pintura.
- *Patologia*: defeitos que um elemento/componente/sistema apresenta. Ocorre quando determinado componente ou sistema apresenta comportamento abaixo do esperado pelo usuário.
- *Durabilidade*: capacidade que um sistema tem de manter seu desempenho acima de níveis mínimos especificados, de maneira a atender às exigências dos usuários, nas diferentes situações de utilização.
- *Requisitos de desempenho*: condições que expressam **qualitativamente** os atributos que o edifício habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer às exigências do usuário.
- *Crítérios de desempenho*: especificações **quantitativas** dos requisitos de desempenho, expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados.
- *Método de avaliação*: métodos que permitem a **avaliação** clara do cumprimento dos requisitos e critérios de desempenho.

23.9.2 Requisitos e Critérios de Desempenho de Sistema de Pintura

Os principais fatores que influenciam o desempenho de um sistema de pintura são: qualidade da tinta, preparo adequado do substrato e controle da aplicação, incluindo qualidade da mão de obra. Uma tinta de boa qualidade deve apresentar algumas características:

- facilidade de aplicação;
- estabilidade de cor;
- conservação da aparência;
- bom rendimento;
- poder de cobertura;
- durabilidade e resistência às intempéries, quando submetida à interação com o meio ambiente;
- é desejável que a tinta tenha uma baixa emissão de odor.

No tocante à durabilidade, as condições de exposição devem ser levadas em consideração, pois podem causar nos sistemas de pintura a perda de desempenho pelas seguintes ações ambientais/biológicas:

- *fotodegradação*: efeito da incidência da luz, especialmente o espectro das ondas ultravioletas (UVA), que é a principal responsável pela iniciação do processo de degradação;
- *degradação química, mecânica e térmica*: causadas pela movimentação em face da variação térmica conjugada com o efeito da umidade;
- *biodegradação*: degradação causada pelo ataque de agentes microbiológicos.

A Tabela 23.5 apresenta os requisitos e critérios de desempenho que as tintas devem apresentar em função do tipo de aplicação.

Algumas tintas possuem características adicionais, como:

- *laváveis*: acabamento acetinado, resistência elevada à limpeza, sendo ideal para ambientes com grande tráfego de pessoas;
- *sem odor*: perdem o odor em até três horas após a aplicação.

23.9.3 Durabilidade

O envelhecimento pode ser definido como um processo de degradação de materiais, resultado de efeitos combinados de radiação solar, calor, oxigênio, água, agentes biológicos e outros fatores atmosféricos, como os gases e os poluentes. As tintas geralmente contêm em sua formulação materiais de natureza orgânica, como polímeros, os quais são suscetíveis à ação do meio ambiente, resultando no envelhecimento da película. Não só os polímeros presentes nas tintas são afetados, mas também outros constituintes, como os pigmentos e um grande número de aditivos com diferentes funções, como os plastificantes e os biocidas, podem ser lixiviados pela água da chuva.

O conhecimento da durabilidade da tinta a ser aplicada em um edifício é de extrema importância, principalmente na fachada, já que esse produto, além de proteger as superfícies de diferentes materiais, componentes e elementos de construção, ainda é usado para fins decorativos. Os ensaios de envelhecimento natural e acelerado são ferramentas para obtenção de dados para estimar a durabilidade das pinturas expostas às diferentes condições de agressividade ambientais. Esses ensaios devem ser cuidadosamente planejados para que os resultados obtidos possam ser correlacionados e utilizados na previsão da vida útil da pintura em questão.

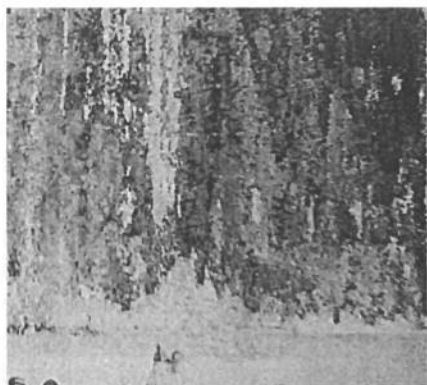
Uma série de fatores deve ser considerada no planejamento e condução desses ensaios; as correlações entre causa e efeito, entre o intemperismo (natural ou acelerado) e o material. Resultados obtidos por técnicas distintas devem ser analisados com rigor para garantir a confiabilidade dos resultados. Muitas vezes, os resultados de ensaios de intemperismo ainda não são suficientes para a previsão da vida útil, nesse caso devem ser complementados com avaliações em edifícios experimentais (protótipos) e inspeção em edifícios em uso, com o material aplicado.

A durabilidade não é uma propriedade inerente ao material, mas resultado da interação do material com o meio ambiente que o cerca, incluindo aspectos de microclima. Assim, um mesmo material apresenta funções *desempenho* $\times$ *tempo* diferentes para condições de exposição distintas (John; Sato, 2006). Na Figura 23.10, estão apresentadas fotografias de painéis pintados, expostos em estações de envelhecimento natural, simultaneamente em Belém (latitude: 1° 28' S; longitude: 48° 27' W) e em São Paulo (latitude 23° 34' S; longitude 46° 27' W). As fotos mostram influência do clima na durabilidade da pintura. Pode-se observar a diferença no aspecto após três anos de exposição (Uemoto *et al.*, 2007).

TABELA 23.5 Requisitos e critérios de desempenho de tintas

Interiores	Exteriores
Resistência a manchas	Retenção da cor
Resistência à abrasão	Resistência ao mofo
Resistência ao amarelamento	Resistência a algas
Resistência à limpeza alcalina	Resistência à formação de bolhas
Resistência ao polimento	Resistência à sujeira
Resistência de aderência	Resistência ao descascamento
	Resistência à alcalinidade

Exposição em Belém (PA)



Exposição em São Paulo (SP)

**FIGURA 23.10** Aspecto de painéis pintados após três anos de exposição.

A degradação da película de pintura nem sempre é considerada defeito, a menos que ocorra logo após a sua aplicação ou após alguns meses. Uma pintura aplicada em fachada de edifício, localizado em cidades de grande porte e semi-industrial que apresentar pequenas alterações em sua aparência após 10 anos de exposição, tem durabilidade bastante satisfatória, principalmente se localizada em clima tropical.

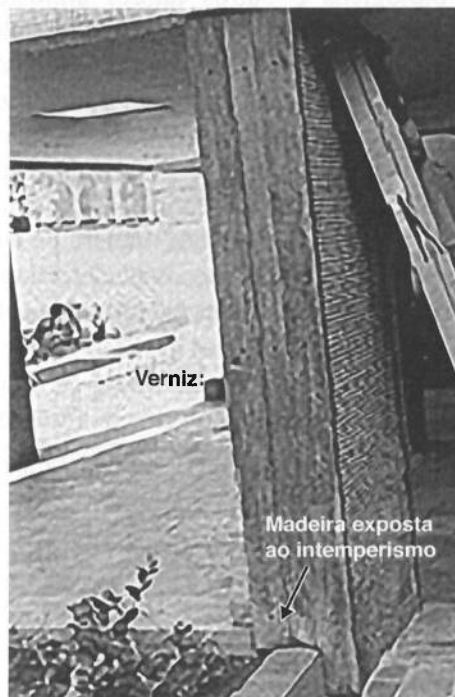
23.9.4 Problemas na Pintura

Conforme discutido anteriormente, a pintura tem como uma das principais funções proteger o substrato de intempéries. Essa proteção pode ser longa ou curta, dependendo do tipo de tinta, da preparação do substrato, da agressividade do ambiente, entre outros fatores.

Os problemas na pintura, usualmente, ocorrem na interface da película com o substrato ou na própria película, tendo como principais causas: seleção inadequada da tinta, preparação inadequada da superfície ou sua ausência, diluição excessiva da tinta ou baixa qualidade do produto. Também é bastante comum a ocorrência de fissuras na parede ou a desagregação da pintura junto com o substrato, causadas por problemas do próprio substrato, como sua baixa resistência mecânica, ser friável, instável e fora dos padrões de resistência de argamassa ou reboco. Além disso, há casos de problemas na pintura decorrentes de projetos não adequados, em que as superfícies pintadas ficam muito expostas à incidência de água proveniente da chuva ou de outro tipo de molhagem, por exemplo, superfície de madeira pintada com verniz e exposta em local de elevada incidência de água (Fig. 23.11).

Na sequência, estão relacionados os principais problemas, sendo os mais comuns em substratos de alvenaria. Vale ressaltar que a degradação da pintura nem sempre é considerada uma patologia, pois ela pode ser antiga e apresentar um bom aspecto em ambientes não agressivos, ultrapassando seu prazo recomendado para repintura, que, em ambientes de moderada agressividade, é de cinco anos. As principais causas para a ocorrência de falhas são as seguintes:

- *Umidade ou água:* pode ter como origem a água usada na construção ou adquirida por meio de defeitos na estrutura ou, ainda, aquela produzida pela condensação. O fator que mais influi na

**FIGURA 23.11** Madeira exposta ao intemperismo.

aplicação da pintura é a secagem da base. A secagem muitas vezes requer um tempo excessivamente longo e inaceitável para a obra. A aplicação de revestimento em superfícies com condições inadequadas, por exemplo, mal curada ou com existência de umidade, gera desenvolvimento de fungos, descolamentos, manchamentos, degradação da pintura etc.

- *Presença de sais e álcalis:* materiais de construção, como o concreto, a argamassa e o tijolo cerâmico, contêm sais solúveis que, em contato com a umidade ascendente do solo, após a secagem, ou a própria umidade do material mal curado, depositam-se sobre a pintura executada formando sais esbranquiçados, chamados eflorescência. Esses sais solúveis estão sempre presentes no interior da alvenaria e não vêm à superfície caso essa esteja seca, por isso, a necessidade de a aplicação ser realizada sempre sobre superfícies secas e devidamente curadas.
- *Superfícies em condições inadequadas para a pintura:* argamassa fresca ou sem coesão, com calcinação, pintura antiga deteriorada, superfícies com deposição de materiais pulverulentos ou contaminados de sujeira, óleo, graxa, bolor etc. nunca devem ser pintadas sem o devido tratamento, como posteriormente será abordado. Caso contrário, a película de tinta poderá apresentar má coesão com o substrato, formação de bolhas, desagregação, entre outras falhas.
- *Condições meteorológicas inadequadas para a aplicação da tinta:* aplicação de pintura em ambiente de temperatura e umidade relativa muito elevada ou baixa e ocorrência de ventos fortes. A secagem, tanto de tintas de base água como de base solvente, é retardada por temperaturas muito baixas, umidade relativa alta e má ventilação, o que acarreta má aderência no substrato ou enrugamentos.
- *Seleção inadequada da tinta:* exposição da pintura a condições muito agressivas com relação à qualidade normal do produto ou por incompatibilidade com o substrato. A tinta muitas vezes não consegue atender à exigência requerida para aquela condição de aplicação ou de exposição, não aderindo ao substrato ou formando após algum período calcinações, que é a presença de sais brancos na película, exigindo a escolha de outro tipo de material de acabamento.
- *Má qualidade da tinta:* algumas vezes, a falha da pintura é causada pela má qualidade do produto, o que é evidenciado ou pelo seu baixo

teor de cobertura, isto é, a aplicação da tinta não “esconde” o substrato adequadamente; ou pela baixa durabilidade da pintura, nesse caso pode haver presença de calcinação e/ou de pouca aderência ao substrato (considerando que o substrato esteja em condições ideais para a pintura).

Em geral, os problemas listados são facilmente reparados, no entanto, há casos mais difíceis de serem solucionados tendo em vista do uso de componentes na fachada que facilitam a ocorrência de fungos e outros organismos biológicos.

23.9.5 Problemas de Condensação de Umidade em Fachadas de Edifícios

É frequente o desenvolvimento de fungos sobre superfícies de fachadas de edifícios pintadas com tintas látex acrílicas ou PVA (emulsões aquosas). O crescimento de microrganismos em fachadas compromete prematuramente sua estética e gera a necessidade de repinturas de seus revestimentos com frequência muito acima do usual. A seguir são apresentados dois estudos de casos em que houve desenvolvimento de fungos e de outros microrganismos biológicos.

A presença de microrganismos está associada à condensação de umidade intermitente na superfície da fachada de edifícios. Os dois materiais mais usados como revestimento externo de fachadas no Brasil são as argamassas e pinturas obtidas pela aplicação de tintas látex acrílicas ou PVA. Ambos os materiais, apesar de não serem impermeáveis, são adequados para decoração e proteção de substratos de porosos contra a penetração de água.

A Figura 23.12 mostra um prédio no qual houve penetração de água na fachada, executada com blocos vazados e pintados com tintas látex. A dificuldade de difusão da massa de água absorvida na região dos vazios nos blocos permitiu acúmulo de água nessa região (Fig. 23.13). Em determinadas faixas de temperatura e umidade, essa retenção de água proporcionou condições ideais para a proliferação de microrganismos (Uemoto, 2007). A remoção dos microrganismos pode ser feita por meio de lavagem com hidrojateamento e, após a secagem, aplicação da tinta, em período seco.

A Figura 23.14 mostra um prédio com fachada executada em concreto e material isolante à base de poliestireno expandido. Mesmo durante as noites de verão, em que as temperaturas mínimas diárias do ar exterior não são muito baixas, pode ocorrer



FIGURA 23.12 Fachada de blocos com problemas de desenvolvimento de microrganismos.



FIGURA 23.13 Detalhe dos blocos na fachada do prédio da Figura 23.12.



FIGURA 23.14 Fachada em concreto e poliestireno expandido com problemas de desenvolvimento de microrganismos.

condensação na superfície externa da fachada nas regiões com isolante térmico. A água condensada permanece na superfície durante um tempo maior ou menor em função da orientação solar da fachada e da velocidade e direção do vento incidente sobre esse elemento de vedação. O tempo de permanência da água em fachadas com orientação sul é superior ao que ocorre na orientação norte. Pelo fato de receberem quantidade menor de radiação solar, então, a taxa de evaporação da água condensada é menor, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos (Sato *et al.*, 2002).

A Figura 23.15 mostra a fachada de um prédio revestido de argamassa com pintura e com sinais de fissuras de retração. A Figura 23.17 evidencia

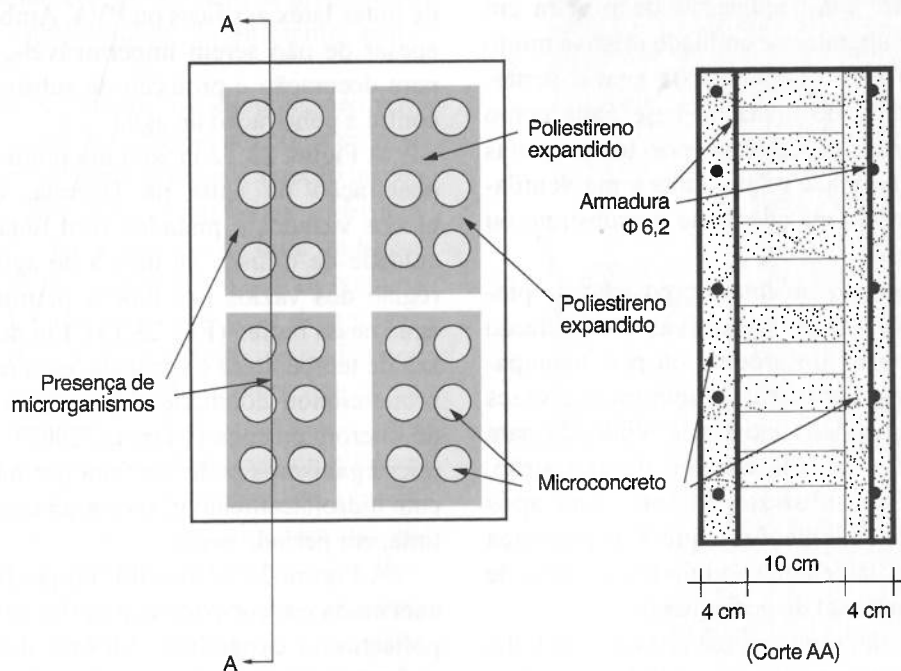


FIGURA 23.15 Detalhes do elemento de vedação externa do prédio da Figura 23.14.

detalhe da Figura 23.16, em que pode se observar a presença de fissura na argamassa e sinais de massa niveladora descolando, e que resultou na ruptura da película de pintura.

Na Figura 23.18, observa-se uma superfície que recebeu uma pintura impermeável. A presença de bolhas é resultado da presença de umidade nessa superfície. A Figura 23.19 mostra a pintura da parede com sinais de eflorescência em função da existência de umidade ascendente proveniente do solo.

Nota: mais informações sobre fachadas podem ser obtidas no Capítulo 26 – Inspeção de Fachadas.

23.10 IMPACTO AMBIENTAL DAS TINTAS

Há algum tempo, alguns tipos de tinta indicados para a proteção de metais apresentavam em sua formulação metais pesados, na forma de pigmentos coloridos, que eram potencialmente tóxicos. Além dessas substâncias, as tintas ainda contêm biocidas,

que são aditivos com função de preservar a tinta, na forma líquida ou de película seca, contra a ação de agentes biológicos, como as bactérias, os fungos e as algas.

Hoje, uma das principais linhas de pesquisa nas indústrias de tinta tem sido o desenvolvimento de produtos de menor impacto ambiental, em especial quanto à emissão de solventes à atmosfera. Para a redução dessas emissões, estão sendo realizadas mudanças significativas na formulação das tintas, na sua produção e na forma de aplicação. Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, como: a produção de tintas de baixo odor, com elevado teor de sólidos, a redução da quantidade de solventes aromáticos na sua composição ou mesmo a sua eliminação, a reformulação dos solventes normalmente empregados, o uso de solventes oxigenados, além do emprego de novos tipos de coalescentes, a produção de tintas em pó e a substituição de produtos de base solvente por emulsões aquosas.

No uso de produtos para a pintura, recomenda-se sempre selecionar aqueles que possuem, na

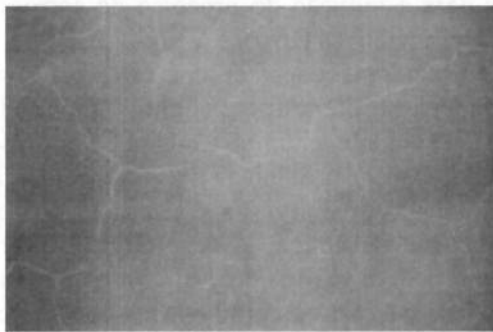


FIGURA 23.16 Fachada de argamassa com pintura com sinais de fissuras de retração.

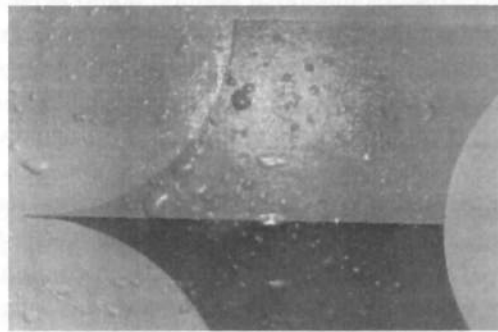


FIGURA 23.18 Superfície pintada com esmalte sintético. As bolhas são causadas pela presença de umidade na superfície da parede.

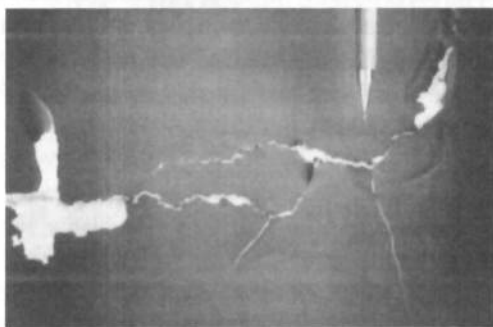


FIGURA 23.17 A mesma fachada da Figura 23.16 mostrando a região com fissuração na base e na pintura.



FIGURA 23.19 Parede com sinais de eflorescência em razão da existência de umidade ascendente proveniente do solo.

formulação, menor teor de componentes nocivos à saúde ou ao meio ambiente. A seguir, estão discutidos os efeitos das duas principais fontes de impacto ambiental.

23.10.1 Compostos Orgânicos Voláteis

As tintas, quando líquidas, geralmente emitem Compostos Orgânicos Voláteis – COV (VOC, em inglês), que, conforme definido pela ASTM D 3960-05 (ASTM, 2005), é qualquer composto orgânico que participa de reações fotoquímicas na atmosfera. Já a Diretiva 2004/42/CE (Diário Oficial de La Unión Europea, 2004, p. L143/89) define o COV como qualquer composto orgânico que tenha ponto de ebulição inicial menor ou igual a 250 °C a uma pressão-padrão de 101,3 kPa. Esses compostos não só contribuem para a poluição atmosférica, como também afetam a saúde e a produtividade do trabalhador durante a fase de construção do edifício, reduzem a qualidade do ar presente no interior da obra, prejudicando o conforto e a saúde dos moradores. As tintas que mais emitem COV são aquelas de base solvente, como a tinta a óleo, o esmalte sintético e os produtos auxiliares usados durante a pintura, como aguarrás e tiner, que emitem à atmosfera hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, hidrocarbonetos contendo halogênio, cetonas, ésteres, álcoois, os quais, em meio ambiente externo, contribuem para a formação do ozônio troposférico (*smog* fotoquímico). Esses compostos têm efeitos prejudiciais à saúde, principalmente para a população que faz parte de grupos vulneráveis a esses agentes. Os hidrocarbonetos (COVs), em combinação com os óxidos de nitrogênio, a radiação UV presente na luz solar e o calor reagem entre si, formando compostos oxidantes, como o ozônio troposférico, responsáveis pela formação da névoa fotoquímica urbana (Uemoto *et al.*, 2006).

A emissão dos COVs se inicia na fase final de construção, principalmente durante as operações de pintura e secagem, e nas primeiras idades de ocupação. As substâncias emitidas afetam a saúde do trabalhador, resultando em problemas de saúde ocupacional e prejuízos na sua produtividade. As emissões ainda podem ocorrer durante todo o período de ocupação do edifício, em função das manutenções periódicas, em muitos casos bastante frequentes, principalmente em ambientes públicos, escolas, escritórios etc. Os estudos mostraram que a emissão contínua de COV em ambiente interno pode levar à ocorrência de problemas característicos de Síndrome de Edifícios Doentes (SED). Hoje, no desenvolvimento de novos produtos de construção, já estão sendo considerados

os possíveis impactos a serem causados pela emissão de COVs, na saúde e no conforto dos ocupantes dos edifícios, objetivando, sempre, a obtenção de produtos mais saudáveis (Uemoto *et al.*, 2006).

No Brasil, ainda não há um limite fixo para a emissão desses gases, mas o adotado pela UE Diretiva 2004/42/CE é de 75 g/L para tintas látex, 400 g/L para esmaltes e 500 g/L para vernizes. O mercado brasileiro está direcionando para o uso de produtos com menor geração de COV, de origem natural, em substituição dos aromáticos por solventes oxigenados como as cetonas, sendo o mais comum o metiletilcetona (MEK).

23.10.2 Pigmentos à Base de Metais Pesados

A presença de pigmentos potencialmente tóxicos em tintas de secagem ao ar e em fundos preparadores (*primer*) pode ser proveniente da adição de aditivos secativos; do uso de pigmentos coloridos, geralmente nas cores vermelha, amarela, laranja e verde, em diferentes tons; ou ainda provenientes da adição de pigmentos anticorrosivos em fundos preparadores usados para a inibição do processo de corrosão de superfícies metálicas ferrosas.

Os elementos considerados nocivos à saúde mais citados na literatura são: antimônio, cádmio, cromo hexavalente, chumbo e mercúrio. A presença deles pode causar problemas de saúde ocupacional aos trabalhadores durante a construção dos edifícios (na fase de aplicação da pintura), durante a ocupação pelos usuários do edifício, bem como no material de descarte e entulhos (resíduo) da construção civil.

Estudos realizados mostram que, ainda hoje, os esmaltes sintéticos coloridos do mercado, nas cores vermelhas, amarelas e verdes, os esmaltes sintéticos e fundos com ação anticorrosiva podem conter metais pesados, como chumbo e cromo. Esses elementos potencialmente tóxicos podem ser lixiviados das pinturas pela ação de soluções ácidas, com pH próximo das águas das chuvas ácidas presentes em cidades grandes, semi-industriais, como São Paulo (Uemoto *et al.*, 2006).

23.10.3 Biocidas

As tintas em emulsão podem conter até 50 % de água em sua formulação e, por isso, são suscetíveis ao crescimento de bactérias contaminantes da água. Além disso, outras matérias-primas presentes nesse material também são fontes de contaminação. As tintas

são preservadas com biocidas, tanto na forma líquida como na película seca, em razão do crescimento de fungos. No Brasil, a indústria de tintas imobiliárias é um dos segmentos que mais consome biocidas, sendo os mais comuns os compostos à base de 5-clo-ro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona e 2-metil-4-isotiazolin-3-ona (MIT) e para os fungos os mais comuns são carbendazim (BCM), iodo propinil butil carbamato (IPBC), octilisotiazolinona (OIT), entre outros.

A preservação da pintura é um mecanismo complexo, pois a durabilidade da eficiência dos biocidas depende das condições climáticas e da biodiversidade do local em que estão expostas. Os biocidas presentes na pintura podem ser lixiviados pela chuva ou por água de lavagens, acarretando a perda de proteção contra os microrganismos após algum tempo de exposição.

Os biocidas para serem efetivos devem ser solúveis, portanto, lixiviáveis pela ação da água, resultando em impacto ao meio ambiente. Os biocidas lixiviados podem atingir águas superficiais e profundas, sendo encontrados em efluentes, sistemas de tratamento de água, entre outros. Pelo fato de os biocidas serem tóxicos para seres vivos e plantas, nas últimas décadas têm sido concentrados esforços para prevenir a presença desse tipo de poluente ao meio ambiente.

Hoje, uma das principais linhas de pesquisa nas indústrias de tinta é o desenvolvimento de produtos de menor impacto ambiental, em especial quanto à emissão de solventes na atmosfera. Para a redução dessas emissões, estão sendo realizadas mudanças significativas na formulação das tintas, na sua produção e na forma de aplicação. No uso de produtos para a pintura, recomenda-se sempre selecionar aqueles que possuem, na formulação, menor teor de componentes nocivos à saúde e ao meio ambiente.

23.11 NORMATIZAÇÃO E PROGRAMA DE QUALIDADE DE TINTAS IMOBILIÁRIAS

O aumento do mercado imobiliário brasileiro, nas últimas décadas, acarretou um aquecimento generalizado em todas as etapas da construção civil. Para se adequar a essa nova conjuntura e a fim de cumprir os compromissos firmados pela assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996), o governo federal, em 1998, instituiu o que, hoje, vem a ser o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), sob tutela do Ministério das Cidades.

Esse programa tem o intuito de reduzir o déficit habitacional brasileiro, proporcionar um ambiente

de igual competitividade em âmbito nacional e aumentar a qualidade dos produtos da construção civil. O programa é um instrumento para organizar o setor da construção civil com base na melhoria da qualidade do habitat e na modernização da produção. Essas ações são estabelecidas de acordo com a necessidade de cada setor, em parceria com representantes setoriais e entidades governamentais, por meio de Programas Setoriais de Qualidade (PSQ). O PSQ é firmado entre empresas do ramo, organizadas pelo agente setorial, assegurando ao consumidor final conformidade com os requisitos mínimos impostos pelo programa.

O Programa Setorial de Qualidade das tintas imobiliárias participante do PBQP-H foi instituído pela Abrafati. Trimestralmente, amostras de tinta de todos os participantes do programa e de alguns não participantes são recolhidas para análise em laboratório especializado e determinado pelo grupo. Esses testes ocorrem de acordo com normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e seus resultados são divulgados em relatórios setoriais.

Os relatórios divulgam um rol das empresas qualificadas e das empresas não conformes de acordo com o cumprimento das normas técnicas, além de números e estatísticas do setor. A qualificação é atin-gida pela conformidade mínima à respectiva norma. As normas são ensaios de desempenho laboratorial que simulam condições de uso, determinando se os produtos avaliados atendem às especificações acordadas no Programa. Cada produto é avaliado segundo uma série específica de normas, e os produtos avaliados são: tintas látex, massas niveladoras, esmaltes e vernizes conforme a Tabela 23.6.

23.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso da pintura depende do cuidado com que são tomadas as decisões, que se iniciam desde a fase da concepção da obra até a pintura propriamente dita. Uma boa pintura, com certeza, valoriza a obra, e dentro de um mercado competitivo, torna-se uma obrigação dos profissionais da construção fazer um serviço bem planejado, sem retrabalho, com o mínimo de desperdício de materiais e mão de obra. É dentro desse espírito que deve ser enquadrada a pintura. Assim, especificar, executar e controlar o sistema de pintura deve contribuir significativamente para a qualidade, a durabilidade e o desenvolvimento sustentável da construção civil.

TABELA 23.6 Normatização brasileira relativa às tintas imobiliárias

Normas da ABNT vigentes – Tintas Imobiliárias	
NBR 15311:2022	Tintas para construção civil: Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental
NBR 15821:2022	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microrganismos
NBR 12105:2022	Tintas para construção civil – Determinação da consistência de tintas usando o viscosímetro Stormer digital
NBR 11702:2021	Tintas para construção civil – Tintas, vernizes, texturas e complementos para edificações não industriais – Classificação e requisitos
NBR 15079-1:2021	Tintas para construção civil – Requisitos mínimos de desempenho Parte 1: Tinta látex fosca nas cores claras
NBR 15079-2:2021	Tintas para construção civil – Requisitos mínimos de desempenho Parte 2: Tintas látex semiacetinada, acetinada e semibrilho nas cores claras
NBR 14941:2020	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência de tintas, vernizes e complementos ao crescimento de fungos em placas de Petri com lixiviação
NBR 14942:2019	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do poder de cobertura de tinta seca
NBR 16211:2019	Tintas para construção civil – Verniz brilhante à base de solvente monocomponente – Requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais
NBR 14940:2018	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência à abrasão úmida
NBR 15303:2018	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da absorção de água de massa niveladora
NBR 14943:2018	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do poder de cobertura de tinta úmida
NBR 14944:2017	Tintas para construção civil – Determinação da porosidade em película de tinta para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais
NBR 14945:2017	Tintas para construção civil – Método comparativo do grau de craqueamento para avaliação do desempenho de tintas para edificações não industriais
NBR 14946:2017	Tintas para construção civil – Avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da dureza König
NBR 15382:2017	Tintas para construção civil – Determinação da massa específica de tintas para edificações não industriais
NBR 16445:2016	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Detecção de bactérias redutoras de sulfato em tintas, vernizes e complementos
NBR 15299:2015	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação de brilho
NBR 15494:2015	Tintas para construção civil – Requisitos de desempenho de tintas para edificações não industriais – Tinta brilhante à base de solvente com secagem oxidativa
NBR 15380:2015	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Resistência à radiação UV e à condensação de água pelo ensaio acelerado
NBR 16388:2015	Tintas para construção civil – Método de ensaio de tintas para edificações não industriais – Determinação do teor de compostos orgânicos voláteis (COV) por cromatografia e gravimetria

(continua)

TABELA 23.6 Normatização brasileira relativa às tintas imobiliárias (*continuação*)

Normas da ABNT vigentes – Tintas Imobiliárias	
NBR 16407:2015	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do teor de chumbo
NBR 15313:2013	Tintas para construção civil – Procedimento básico para lavagem, preparo e esterilização de materiais utilizados em análises microbiológicas
NBR 13245:2011	Tintas para construção civil – Execução de pinturas em edificações não industriais – Preparação de superfície
NBR 15821:2010	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de resistência de tintas, vernizes e complementos, em emulsão na embalagem ao ataque de microrganismos
NBR 15458:2007	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Avaliação microbiológica de tintas, vernizes, complementos, matérias-primas e instalações
NBR 15381:2006	Tintas para construção civil – Edificações não industriais – Determinação do grau de empolamento
NBR 15348:2006	Tintas para construção civil – Massa niveladora monocomponentes à base de dispersão aquosa para alvenaria – Requisitos
NBR 15078:2004 Errata 1:2005	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva
NBR 15302:2005	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do grau de calcinação
NBR 15304:2005	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Avaliação de manchamento por água
NBR 15312:2005	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência à abrasão de massa niveladora
NBR 15314:2005	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação do poder de cobertura em película de tinta seca obtida por extensão
NBR 15315:2005	Tintas para construção civil – Método de ensaio de tintas para edificações não industriais – Determinação do teor de sólidos
NBR 15077:2004	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da cor e da diferença de cor por medida instrumental
NBR 15078:2004 Versão corrigida: 2006	Tintas para construção civil – Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais – Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15079*: Tintas para construção civil – Requisitos mínimos de desempenho. São Paulo, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI). *Cartilha de Mudanças Normativas*. Programa setorial da qualidade tintas imobiliárias: tintas de qualidade, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI). *Manual de aplicação, uso, limpeza e manutenção de tintas imobiliárias*, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (ABRAFATI). *Tintas e vernizes: ciência e tecnologia*. 3. ed. Jorge M. R. Fazenda (coord.). São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

BASF (divisão de tintas e vernizes imobiliários). *Manual de produtos e aplicações Suvinil*, 2019.

- BORGES, C. A. M. *O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil*. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). *BS 6150: Code of practice for painting of buildings*. London: BSI, 1991.
- CUNHA, E. H. da. *Patologias em pinturas*. Disc. Construção civil II. 2023. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/pintura-apresentacao>. Acesso em: 11 abr. 2024.
- DIÁRIO OFICIAL DE LA UNION EUROPEA. *Servicio de publicacion de la union europea*. 2003.
- FAZENDA, J. M. R. *Tintas: ciência e tecnologia*. 4. ed. São Paulo: Blücher, 2009. 1124p.
- IBRATEX TINTAS E TEXTURAS. *Textura Lamato*. 2023. Disponível em: <https://www.ibratex.com.br/produto-etiqueta/lamato/>. Acesso em: 11 set. 2024.
- IKEMATSU, P. *Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas refletivas e convencionais de cores correspondentes*. 2007. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- LOH, K.; SATO, N. M. N.; JOHN, V. M. Estimating thermal performance of cool colored paints. *Energy and Buildings*, v. 42, p. 17-22, 2010.
- LOH, K.; SATO, N. M. N.; JOHN, V. M. *Estimating thermal performance of white cool paints on fibre cement roof*. Healthy Buildings 2009. v. 1 Sep. 13-17, Syracuse, New York.
- JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Metodologia para previsão da vida útil de tintas para a construção civil. In: *Construção e meio ambiente*. Edição 1. PEREIRA, F. O. R.; SATTTLER, M. A. (eds.). 2006. p. 20-57 (Coletânea Habitare), v. 7.
- MITIDIERI FILHO, C. V. *Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural*. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- ONU. *Declaração de Istambul sobre Assentamentos Humanos*. 1996. Disponível em: <http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/atualizacao-e-conteudos-de-apoio/legislacao/moradia-adequada/declaracoes/declaracao-de-istambul-sobre-assentamentos-humanos>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- PAINT TESTING MANUAL. *Physical and chemical examination of paints, varnishes, lacquers, and colors*. 13. ed. ASTM Special Technical Publication 500, G. G. Sward (ed.), 1972.
- POLITO, G. *Principais sistemas de pinturas e suas patologias*. 2006. 66f. Apostila do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG. Disponível em: https://www.academia.edu/39366684/Universidade_Federal_de_Minas_Gerais_Principais_Sistemas_de_Pinturas_e_suas_Patologias. Acesso em: 11 abr. 2024.
- SATO, N. M. N.; UEMOTO, K. L.; SHIRAKAWA, M. A.; SAHADE, R. F. Condensação de vapor de água e desenvolvimento de microrganismos em fachada de edifícios: estudo de caso. *IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC)*, Foz do Iguaçu, 7 a 10 de maio de 2002.
- SILVA, J. M. *Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do Estado de São Paulo*. 2005. 199p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- UEMOTO, K. L.; SATO, N. M. N.; JOHN, V. M. Influência do sistema argamassa/pintura nos fenômenos de transporte de água em revestimentos de argamassa. *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – VII SBTa 2007*, Recife, 1 a 4 de maio de 2007.
- UEMOTO, K. L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. In: *Construção e Meio Ambiente* Edição 1. PEREIRA, F. O. R.; SATTTLER, M. A. (eds.). 2006. p. 58-95. v. 7. (Coletânea Habitare.)
- UEMOTO, K. L. *Influência da formulação das tintas de base acrílica como barreira contra a penetração de agentes agressivos nos concretos*. 1998. 178p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- UEMOTO, K. L. *Projeto, execução e inspeção de pinturas*. São Paulo: O nome da Rosa, 2002. 101p. (Coleção primeiros passos no canteiro de obras.)
- UEMOTO, K. L. Tintas na construção civil. In: ISAIA, G. C. (org.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 1465-1504. v. 2.
- UEMOTO, K. L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. In: *Construção e meio ambiente*. Porto Alegre: Antac, 2006. v. 7.