



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MÓVEIS

QUÍMICA APLICADA À
INDÚSTRIA DA MADEIRA



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Andréa Araújo Rocha

Sumário

1.	BIODETERIORAÇÃO DE MADEIRAS.....	4
1.1.	DEFINIÇÕES PRELIMINARES.....	4
1.2.	DETERIORADORES DA MADEIRA.	4
1.2.1.	Agentes Mecânicos.....	4
1.2.2.	Agentes físicos.	5
1.2.3.	Agentes Químicos.....	5
1.2.4.	Agentes Biológicos.....	5
1.2.5.	Principais agentes.....	5
1.3.	TIPOS DE FUNGOS	6
1.4.	INSETOS	9
1.5.	MOLUSCOS E CRUSTÁCEOS.....	12
1.6.	CONSIDERAÇÕES SOBRE CONSERVAÇÃO DE TORAS.....	12
1.7.	PRESERVATIVOS DE MADEIRAS	13
1.7.1.	Métodos sem pressão	14
1.7.2.	Métodos de tratamento com pressão.....	18
1.7.3.	Avaliação da durabilidade da madeira e de preservativos.....	21
1.7.4.	Fatores que afetam o tratamento preservativo.....	22
1.	TINTAS E VERNIZES	23
2.1.	CONCEITOS BÁSICOS	23
2.1.1.	Histórico.....	23
2.1.2.	Características das tintas.....	24
2.1.3.	Principais insumos.....	25
2.2.	TINTAS - CONSTITUINTES FUNDAMENTAIS.....	25
2.2.1.	Veículos ou resinas.....	26
2.2.2.	Classificação das tintas quanto ao tipo de veículo.....	27
2.3.	SOLVENTES.....	32
2.3.1.	classificação das tintas quanto ao solvente	33
2.4.1.	Classificação de acordo com a natureza.....	35
2.4.2.	Classificação de acordo com a ação	37
2.5.	VERNIZES	38
2.6.	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO.....	38
2.6.1.	Fabricação das tintas	38

2.6.2. Fabricação dos vernizes.....	39
2.7. PROPRIEDADES E ENSAIOS ESPECÍFICOS.....	39
2.7.1. Estabilidade de armazenagem	39
2.7.2. Estabilidade à aeração.....	40
2.7.3. Propriedades de aplicação	40
2.7.4. Tempo de secagem.....	40
2.7.5. Dureza.....	41
2.7.6. Adesividade	41
2.7.7 Viscosidade.....	41
2.7.8. Consistência.....	42
2.7.9. Poder de cobertura.....	43
2.7.11 Brilho	43
2.8. CUIDADOS NA APLICAÇÃO	44
2.8.2. Condições ambientais.....	44
2.8.3. Mistura, homogeneização e diluição das tintas	44
2.8.4. Métodos de aplicação	45
2.8.5. Ambiente de acabamento	54
2.8.6. Área de secagem	54
2.8.7. Principais defeitos.	56
3. COLAS	57
3.1. CERNE E ALBURNO.....	58
3.2. LENHO DE REAÇÃO	59
3.3. INFLUÊNCIA DA GRÃ.....	60
3.4 POROSIDADE.....	61
3.5 TIPOS DE COLAS.....	63
3.6 EMULSÕES	63
3.7 ADESIVOS VINÍLICOS APRESENTAM SOLUÇÕES PARA MADEIRA	64
3.8 ADESIVOS DE CONTATO	66
3.9 ADESIVOS À BASE DE ÁGUA	67
3.10 HOTMELT	67
3.10.1. Adesivos hotmelt reativos (PUR).....	67
3.10.2. Adesão mecânica.....	68
3.10.4. Aplicação no setor moveleiro.....	68
3.10.5. Detalhes a observar	69

3.11. ADESIVOS TERMORRÍGIDOS	70
3.12. CARACTERÍSTICAS DOS ADESIVOS	71
3.13. ESCOLHA DO ADESIVO	72
3.14. TEMPO DE CURA.....	74
3.15. COLA PVA.....	75
3.15.1. Aspectos gerais de adesivos pva	75
3.15.2. Características	76
3.15.3. Aplicação.	76
3.16. RESINA URÉIA-FORMALDEÍDO.....	79
3.16.1. Exemplo de cola Uréia-formaldeído.....	79
3.17. RESINA URÉIA-FORMALDEÍDO X PVA	81
3.18. GUIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA LAMINAÇÃO A FRIO	83
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

1. BIODETERIORAÇÃO DE MADEIRAS

1.1. DEFINIÇÕES PRELIMINARES

Biodegradação: Alteração indesejável de uma ou mais propriedades de um material, como resultado da ação de organismos vivos. Ex.: ataque de cupins em componentes de madeira de edificações ou apodrecimento de moirões de cerca, etc.

Biodegradação: Alteração desejável de uma ou mais propriedades de um material, como resultado da ação de organismos vivos. Ex.: transformação da calda de uva em vinho, causada por microrganismos.

Biocida: Substância utilizada para matar organismos. Inseticidas, Fungicidas, Herbicidas, etc.

Bactéria: Grupo de organismos microscópicos constituídos de uma ou várias células, sem formação de micélios definidos. Estima-se que no solo existam cerca de 100.000 bactérias por cm³.

Bolor: Espécies de fungos que se desenvolvem na superfície de materiais, produzindo estruturas de reprodução que conferem à superfície uma aparência lonosa ou empoeirada.

Fungo: É um grupo de organismos unicelulares ou providos de filamentos tubulares (hifas), sem clorofila. Apresentam reprodução sexuada e assexuada, com produção de esporos. Vivem como saprófitas ou parasitas de plantas e animais.

Mancha: Coloração produzida na madeira como consequência da ação dos microrganismos.

Degradação Biológica da Madeira (como acontece):

Madeira → polímeros naturais da parede celular.

Organismos → reconhecem como fonte de nutrição.

Alguns Organismos → sistemas enzimáticos específicos

Metabolizar os polímeros em unidades digeríveis.

1.2. DETERIORADORES DA MADEIRA.

1.2.1. Agentes Mecânicos

Toda e qualquer peça de madeira sujeita a qualquer tipo de movimento. A ação do movimento mecânico provoca um desgaste na madeira. Nada mais é que uma alteração indesejável na sua estrutura. Ex.: dormentes de estrada de ferro; degraus de uma escada;

blocos de madeira usados para pavimentação de cais, etc.

1.2.2. Agentes físicos.

Os principais agentes físicos que podem ocasionar a deterioração da madeira são:

Fogo: é o principal responsável pela destruição de grandes peças de madeira.

Calor: O aumento da temperatura ocasiona transformações químicas e estruturais na madeira, conferindo-lhe um aspecto semelhante a carbonização.

Umidade: Peças de madeira situadas em locais de abundante umidade facilmente são atacadas por fungos.

1.2.3 Agentes Químicos

Ácidos fortes, bases fortes, óxidos de ferro e enxofre, dentre outros, quando em contato com a madeira ocasionam uma redução nas suas propriedades físico-químicas, sendo os responsáveis pela sua decomposição. A madeira torna-se normalmente amolecida, com aparência desfibrada em forma de cabeleira. Identifica-se o agente químico utilizando um papel indicador umedecido (Tornassol). Pressiona-se este contra a área afetada e caso o pH estiver entre 2,0 e 8,0 pode-se concluir que o agente é de origem química. Alguns exemplos são madeiras em contato com ferragens; pregos cravados em madeiras; pisos de madeira de fábricas de produtos químicos.

1.2.4. Agentes Biológicos

Da estrutura anatômica da madeira, podemos destacar três principais componentes de fundamental interesse para a biodeterioração de madeiras, quais sejam: celulose, hemicelulose e lignina. Em segundo plano temos os materiais nitrogenosos, pectina, amido, açúcares, etc. que se encontra em menor quantidade.

Diversos organismos na natureza podem de uma forma direta ou indireta, utilizar estes componentes da madeira como fonte de energia, ocasionando com isso a chamada biodeterioração da madeira. Estes organismos são chamados “organismos xilófagos”.

Os principais agentes biológicos causadores da maioria dos danos e perdas em estruturas de madeira são os: insetos, fungos, moluscos, crustáceos e bactérias. Dentre estes, os principais responsáveis pela maioria das perdas em vários tipos de produtos florestais são os fungos e insetos.

1.2.5. Principais agentes.

Bactérias.

Produzem um ataque vagaroso podendo levar até anos para notar-se alterações consideráveis na estrutura da madeira.

Inicialmente – atacam materiais de reserva das células e raios.

Posteriormente – atacam as próprias células dos raios

Estágio mais avançado – atacam as fibras e os traqueídeos.

Além disso exercem outros dois papéis importantes, que são:

- 1) São os primeiros a colonizar ambientes úmidos.
- 2) Exercem influencia sobre outros organismos, atacando-os ou inibindo-os.

Dos vários tipos de fungos existentes na natureza, os principais responsáveis pela deterioração de madeiras são os fungos apodrecedores, fungos manchadores e os fungos emboloradores. Estes fungos necessitam de determinadas condições favoráveis para poderem desenvolver o ataque na madeira.

Condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos em madeiras.

1) Umidade: Em condições normais acima de 20% em relação ao seu peso seco. Em condições ótimas acima do PSF (30%) Valor máximo de umidade varia de acordo com a espécie da madeira, sempre abaixo da umidade de saturação.

2) Temperatura: Ideal $\pm 25^{\circ}\text{C}$, com intervalo de ataque entre 10 a 40°C .

3) Oxigênio (aeração):-Resistente a concentrações baixas, inferiores a 20%, sendo que:

- Algumas chegam até a 1% de oxigênio.
- A ausência de oxigênio inibe o ataque do fungo.

4) pH : Valores ótimos para o desenvolvimento entre 4,5 e 5,5 (a maioria do pH das madeiras). Valor mínimo de 2,0 e máximo de 7,0.

5) Ausência de substâncias tóxicas, como:

- Extrativos formados durante a transição do alburno em cerne.

1.3. TIPOS DE FUNGOS

Fungos Apodrecedores: Na sua maioria são constituídos por basidiomicetos, ascomicetos e fungos imperfeitos os quais são responsáveis por diferentes tipos de podridão nas madeiras, tais como:

A. Podridão Branca.

Pertence aos basidiomicetos. A madeira perde progressivamente seu peso bem como sua resistência física e mecânica. O fungo destrói a celulose, hemicelulose e a lignina da madeira.

Aspectos visuais:

- A madeira perde seu aspecto lustroso e a cor natural.
- Torna-se esbranquiçada devido a destruição dos pigmentos.
- Alguns casos linhas escuras demarcam a região atacada.

B. Podridão Parda.

Pertence aos basidiomicetos. A madeira perde progressivamente seu peso bem como sua resistência física e mecânica. O fungo destrói a celulose e a hemicelulose ficando a lignina praticamente intacta.

Aspectos visuais:

- Aspecto de levemente queimada, adquirindo uma coloração parda.
- Apresenta inúmeras rachaduras perpendiculares e ao longo da direção das fibras.
- A madeira colapsa com facilidade.

C. Podridão Mole

Pertence aos ascomicetos e fungos imperfeitos. Compromete as características físicas-mecânicas da madeira. Classe de fungo estudada por W.P.K. Findlay e J.G.Savory do "Princes Risborough Laboratory" da Inglaterra desde 1950.

Fungos Emboloradores: Pertencente aos fungos imperfeitos e ascomicetos. Alimentam-se basicamente dos materiais de reserva das células. Não afetam a estrutura da parede celular a não ser quando há a formação de apressório e conseqüente perfuração da parede da célula em estágio avançado de ataque.

Aspectos visuais:

- O ataque muitas vezes é confundido com o de agentes químicos.
- Capazes de atacar madeiras em situações que outros são inibidos, sendo mais tolerantes a preservativos de madeira.
- Seu ataque cria condições para o ataque de outros fungos xilófagos.
- O ataque se restringe a superfície da madeira não ultrapassando mais que 20 mm de profundidade.
- A região atacada é facilmente destacada.
- A madeira úmida quando atacada apresenta sua superfície amolecida, daí o nome "soft rot" por J.G. Savory.
- Quando seca, a parte apodrecida, apresenta-se escurecida lembrando ataque de podridão parda.

Fungos Emboloradores: Pertencente aos fungos imperfeitos e ascomicetos.

Alimentam-se basicamente dos materiais de reserva das células. Não afetam a estrutura da parede celular a não ser quando há a formação de apressório e consequente perfuração da parede da célula em estágio avançado de ataque.

Aspectos visuais:

- Muito comum em árvores recém-abatidas, devido a alta umidade e grande quantidade de materiais de reserva.
- Em estágio avançado de ataque pode produzir podridão mole.
- Apesar dos esporos estarem na superfície da madeira as hifas penetram fundo na madeira. Mesmo quando o teor de umidade for baixo (20%), se a U.R.A. for alta (90%) a madeira pode embolorar.
- São resistentes a vários tipos de preservativos de madeira.

Os sintomas de um ataque por fungos na madeira podem incluir algumas ou todas as seguintes observações:

a) Mudança de coloração – Os estágios iniciais de um ataque são acompanhados por uma mudança de coloração da madeira afetada. O primeiro sintoma visível, que precede a desintegração das substâncias da madeira, é o aparecimento de listas ou bandas marrom escuras ou marrons arroxeadas. Na madeira serrada, dependendo da espécie de fungo envolvido, o início do ataque é acompanhado por pontos marrom-escuros ou regiões com coloração mais clara que na madeira sã.

b) Amolecimento da madeira – Uma área com princípio de apodrecimento apresenta textura quebradiça, sendo impossível retirar com uma faca pedaços inteiros de madeira, isto é, as fibras se partem nas proximidades do aço da faca, causando a impressão que a madeira já fora macerada anteriormente.

c) Mudança na densidade – A perda de peso da madeira, que é acompanhada normalmente por sua descoloração, são características próprias de um avanço do apodrecimento. Entretanto, estas indicações nem sempre são verdadeiras quando utilizadas como testes para detectar o apodrecimento, pois devido a razões de natureza de crescimento da árvore, a madeira pode apresentar descoloração e baixas densidades específicas quando comparadas com a média, fato este comum em coníferas de rápido crescimento.

Por outro lado, o conteúdo de umidade da madeira também afeta a sua densidade aparente.

d) Mudança no cheiro – A madeira quando afetada por fungos apodrecedores apresenta um cheiro desagradável semelhante ao de lugares abafados e úmidos. Vários fungos, notavelmente o *Lentinus lepideus*, conferem um cheiro peculiar a madeira na qual ele está se desenvolvendo e esta característica é utilizada significativamente no seu reconhecimento.

1.4. INSETOS

São organismos da Classe Insecta, popularmente conhecidos como “Brocas de Madeiras”, causam enormes danos às madeiras, sendo que seu ataque é superado apenas pelos fungos. Os principais insetos que atacam as madeiras estão distribuídos dentro das 5 Ordens abaixo relacionadas, dentre as 26 existentes:

- Isoptera (Cupins)
- Coleoptera (Besouros, Carunchos, Brocas)
- Hymenoptera (Vespas, Abelhas, Formigas)
- Diptera (Moscas e Mosquitos)
- Lepidoptera (Borboletas e Mariposas)

Contudo, as principais ordens que causam danos à madeira são:

Isoptera (cupins): Existem mais de 2.000 espécies de cupins no mundo, sendo que apenas algumas têm hábitos xilófagos. São considerados insetos sociais que vivem em colônias, cujas atividades são distribuídas entre as diferentes castas da colônia.

Os cupins digerem a madeira através do auxílio de um protozoário que vive no seu intestino em perfeita simbiose. A eliminação deste protozoário implica na morte do cupim, pois este não terá como digerir seu alimento. Em uma colônia de cupins existem basicamente quatro castas:

- 1) Rainha: é a responsável pela deposição dos ovos.
- 2) Reprodutores: são os responsáveis pela dispersão da espécie e formação de novas colônias.
- 3) Soldados: são os responsáveis pela defesa da colônia.
- 4) Operários: são os responsáveis pela construção dos ninhos e também os que atacam a madeira alimentando as outras castas.

Cupins (insetos sociais da ordem *Isoptera*)

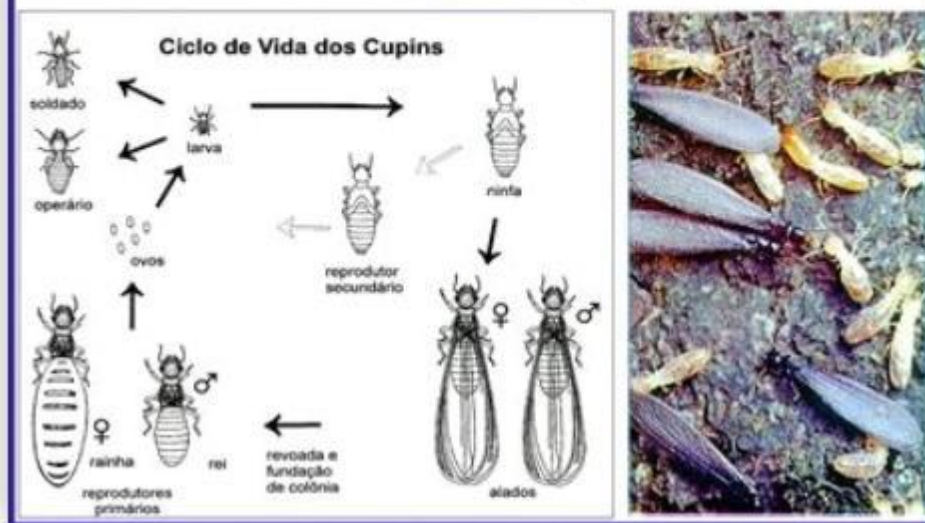


Figura 1 — Tipos de "castas" de cupins

No alto: estágio do desenvolvimento dos reprodutores.
 No meio: operárias de diferentes espécies.
 Em baixo: soldados.

A formação de novas colônias inicia com a revoada, onde ocorre o cruzamento entre um casal alado e posterior transformação da fêmea em rainha. De acordo com os seus hábitos os cupins são agrupados em diferentes categorias, quais sejam:

- 1) **Cupins de madeira seca** (Família *Kalotermitidae*). Normalmente encontrados em regiões de clima quente. Instalam-se e constroem seus ninhos em madeira com baixo teor de umidade.
- 2) **Cupins de madeira úmida** (Família *Hodotermitidae*). Atacam a madeira pelo ar durante o vôo, não entrando em contato com o solo. Atacam madeiras úmidas com alto teor de

umidade e com início de apodrecimento. Seu ataque pode estender-se a peças ainda não atacadas.

3) Cupins de solo ou subterrâneos (Gênero *Coptotermes*, Família *Rhinotermitidae*). Responsáveis pelo maior volume de madeira destruída no mundo. São os tipos mais destrutivos de cupins, encontrados principalmente em zonas de clima temperado e tropical. Constroem seus ninhos a partir do subsolo em forma de tubos, mantendo as condições necessárias de umidade para desenvolver o ataque às estruturas da madeira. Uma evidência do seu ataque é que eles mantêm uma fina camada externa da madeira intacta, a qual quando pressionada facilmente se romperá. Ao perceber que uma peça de madeira está atacada por este tipo de cupim, pouco ou quase nada pode ser feito para recuperá-la, pois esta já se encontrará em estado avançado de ataque.

Tratamentos contra cupins

O principal nutriente dos cupins subterrâneos é a celulose, a qual pode ser obtida da madeira e de outros tecidos vegetais. Embora estes insetos deem preferência por produtos de madeira, como postes, moirões de cerca, dormentes, pilotis, móveis, chapas de fibras, papel, etc., o ataque se estende a outros materiais a base de algodão e outras plantas. Muitos materiais não celulósicos, incluindo plástico, também podem ser perfurados por cupins, embora não sirvam como alimento.

As medidas de preservação usadas no combate ao ataque de cupins, como na maioria das técnicas imunizantes contra outros agentes biológicos degradadores da madeira, visam, primeiramente, o envenenamento das substâncias nutrientes, uma vez que as demais condições vitais para estes organismos, tais como temperatura e conteúdo de umidade são de difícil controle e muitas vezes impraticáveis. Para a maioria dos produtos de madeira, a melhor proteção é alcançada através da imunização total da peça com substâncias tóxicas. Porém, algumas medidas podem ser tomadas contra o ataque de cupins subterrâneos no planejamento e na construção de casas, como:

- 1) Remoção de todo o entulho de madeira da área a ser construída.
- 2) Eixar uma inclinação no terreno nas proximidades da construção, permitindo o escoamento da água.
- 3) a concentração das fundações deve ser feita corretamente, de modo a evitar rachaduras.
- 4) As partes constituídas de madeira ou derivados, que se apoiam nas fundações, devem ficar a uma distância mínima de 15cm do solo e preferencialmente separadas da fundação por escudos metálicos de ferro galvanizado, zinco ou cobre.
- 5) Tratamento de solo, ou seja, pulverização de substâncias químicas nas proximidades das fundações.

Coleoptera (besouros): *Lyctus* sp. Ataca alburno contendo reservas de amido, gomas ou leite, umidade abaixo de 40%. Atacam madeira seca ou parcialmente seca até destruição total. Ele deposita os ovos nos vasos da madeira, oito dias depois nasce à larva que escava túneis, a fase de larva dura aproximadamente 7 meses, período no qual a madeira é atacada, passando depois para ninfa e por último como indivíduo adulto.

Hymenoptera (Formigas destruidoras de madeiras): Também chamadas formigas carpinteiras. Não se alimentam da madeira, utilizando-a apenas para se abrigarem. Iniciam a escavação em partes já apodrecidas da madeira, podendo se estender a outras áreas não atacadas.

Outros perfuradores de madeira: Vespas e abelhas: escavam a madeira apenas para efetuarem a postura dos ovos. Outros insetos da família dos Cerambicídeos, Platipodídeos, Scolytídeos e Anobídeos, os quais atacam a madeira tanto na fase larval como na fase adulta, preferencialmente em madeira verdes e troncos recém abatidos.

1.5. MOLUSCOS E CRUSTÁCEOS

São vulgarmente conhecidos como “Brocas Marinhas”. São pequenos animais que produzem grandes danos em peças de madeira fixas ou flutuantes que permanecem submersas em água salgada.

Moluscos: Atacam a madeira para abrigarem-se e complementar sua alimentação de plâncton através da celulose e especialmente hemicelulose digerida. Infestam a madeira na fase larval e permanecem nela até atingirem a fase adulta. Seu ataque é severo no interior da madeira porém dificilmente perceptível na superfície. Para inspecionar uma peça atacada faz-se necessário limpá-la dos organismos incrustantes como algas, cracas, etc.

Crustáceos: Atacam a madeira para abrigar-se e efetuar a postura de ovos. Produzem vários túneis logo abaixo da superfície da madeira. Infestam a madeira com dezenas de indivíduos/ cm². O animal recém-nascido difere-se do adulto apenas pelo tamanho, pois já apresenta capacidade para escavar a madeira. Os mais vorazes destruidores de madeiras pertencem ao gênero *Limnoria* sp.

1.6. CONSIDERAÇÕES SOBRE CONSERVAÇÃO DE TORAS

Considerando que a atuação dos vários agentes degradadores da madeira aqui apresentados, principalmente aqueles de natureza biológica, ocorre nas mais diversas condições em que a madeira se encontra, a conservação de toras nos pátios de estocagem ou mesmo na floresta é de grande importância, quando se pretende produzir madeira com alta qualidade. Vários métodos são usados no sentido de salvaguardar a madeira da deterioração. Estes procedimentos vão depender do tipo de agente, do grau de proteção desejada e de inúmeros outros fatores que diferem entre si, em cada caso particular.

A eliminação da fonte de nutrientes na madeira é conseguida através de seu envenenamento com preservativos. Já o controle de temperatura é impraticável. O suprimento de oxigênio gasoso pode ser eliminado imergindo a madeira totalmente na água. A imersão em água não só eleva o conteúdo de umidade da madeira a valores bem acima daqueles aceitáveis para o desenvolvimento de fungos e insetos, como também elimina o suprimento de oxigênio vital a esses organismos. A imersão em água oferece o mais alto grau de proteção com relação a qualquer outro método que envolva períodos longos de estocagem. Porém, as toras estão sujeitas a ataques por bactérias e alguns perfuradores de água doce.

Diversos autores, afirmam que o controle mais efetivo contra a deterioração de toras é o seu processamento, o mais rápido possível, após o abate. Entretanto, pouquíssimas indústrias têm condições práticas para efetuá-lo. Técnicas como "spray" ou jatos d'água, com ou sem preservativo, vedação de extremos das toras, imersão em água ou qualquer combinação destas, são as alternativas mais usuais. A eficiência destas

1.7. PRESERVATIVOS DE MADEIRAS

Toda substância química capaz de provocar o envenenamento dos nutrientes celulares da madeira, tornando-a, conseqüentemente, resistente ao ataque de fungos e insetos, é denominada preservativo de madeira. Assim, um bom preservativo para madeira deve apresentar, teoricamente, as seguintes características:

- boa toxidez;
- não ser volátil nem lixiviável;
- não se decompor nem se alterar e ter alta permanência na madeira;
- não corroer o ferro ou outros metais;
- não ser inflamável;
- não deve alterar as propriedades físicas e mecânicas da madeira;
- não deve alterar a cor da madeira;
- deve ser inodoro e de baixa toxidez ao homem e animais domésticos;
- ser econômico;
- fácil de ser encontrado no comércio.

Difícilmente encontra-se um preservativo que reúna todas estas qualidades. Entretanto, dependendo do produto que se pretende preservar, somente algumas propriedades devem ser levadas em consideração. Os preservativos para madeira são classificados de acordo com a sua solubilização em óleo ou em água, logo, eles podem ser oleossolúveis ou hidrossolúveis. Extremamente resistentes à impregnação, mesmo quando submetidas a modernos processos de preservação.

Hoje os processos utilizados são frutos de muitos anos de experiência onde sua eficiência e limitações já são bem conhecidas. Apesar de existir inúmeros processos de preservação de madeira, serão enfocados aqui os mais difundidos mundialmente. Estes são divididos em métodos sem e com pressão.

1.7.1. Métodos sem pressão

Fumigação ou Expurgo

Este processo é utilizado, na maioria das vezes, em tratamentos curativos, já que o preservativo encontra-se na fase gasosa, não tendo nenhum efeito residual. É muito usado para erradicar insetos de peças de madeira que não podem ser tratadas por outros métodos, como no caso de peças ornamentais ou móveis raros, em que há a preocupação de não danificar ou modificar o revestimento, bem como a aparência da madeira.

Para a aplicação deste método, cobre-se a peça com lona plástica, vedando-a completamente. Após a liberação do gás, este fica retido no interior da lona, penetra na madeira e conseqüentemente elimina os insetos. Os gases comumente utilizados neste processo são de fosfina ou de brometo de metila.

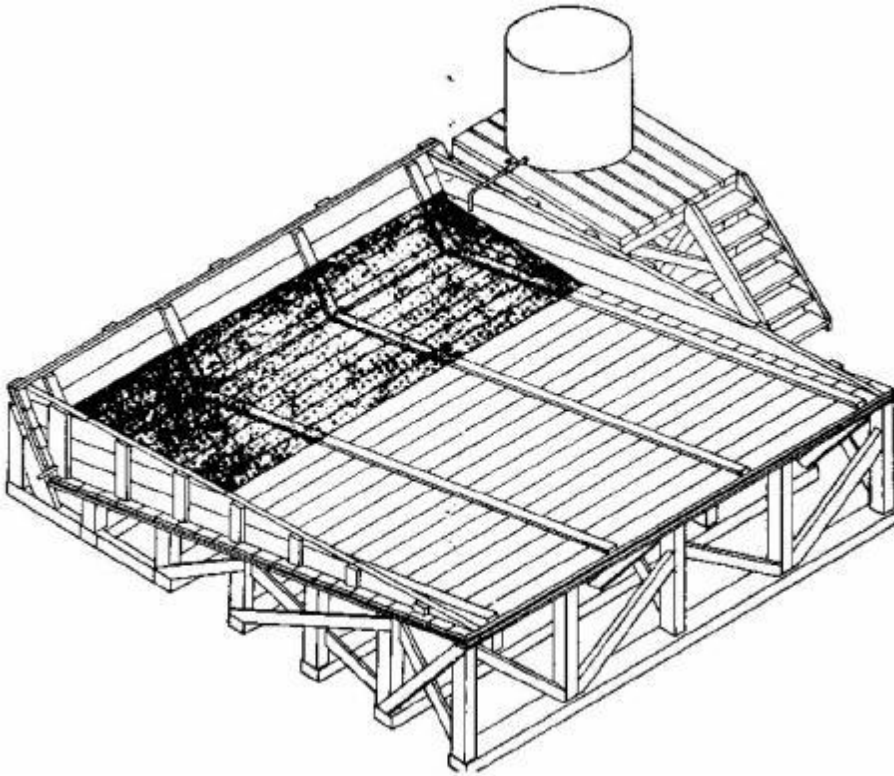
Pincelamento e pulverização

Estes processos consistem em aplicar o preservativo na superfície da madeira com broxa ou pulverizador. A preferência por preservativos oleossolúveis é maior por apresentarem uma maior fixação, sendo mais resistente à lixiviação. A penetração é muito superficial sendo que parte do preservativo entra por ação capilar. No lugar onde se formam as rachaduras ou fendas, a madeira fica sujeita a contaminação por fungos e insetos (madeira sem proteção). Ambos os processos são indicados para madeiras que serão utilizadas em condições de baixa incidência de organismos xilófagos.

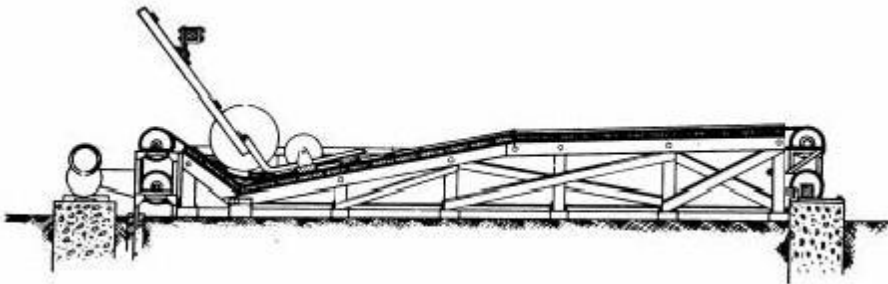
Imersão simples (Dipping)

Aplica-se este tipo de preservação à madeira estrutural. Consiste em uma imersão curta (segundos ou minutos) em solução preservativa. O tratamento é um pouco mais caro do que o realizado com broxa ou pulverizador, oferecendo a vantagem do preservativo penetrar melhor nas rachaduras ou outras aberturas que a madeira possa vir a apresentar.

Este tipo de tratamento oferece uma proteção pouco melhor que o processo anterior, podendo aumentar a vida útil da madeira de dois a quatro anos. O método tem valor, especialmente, em madeira destinada à fabricação de móveis, marcos de janelas e portas, onde é utilizado um preservativo límpido, não causando inchamento e permitindo a pintura. Este processo é muito utilizado na prevenção de manchas em madeiras recém-serradas.



Tanque para imersão simples



Tanque para imersão automática de madeira recém-serrada

Imersão de tempo longo

Este processo consiste na imersão da madeira em um tanque com preservativo, durante alguns dias ou semanas, dependendo da espécie e das dimensões da madeira. De modo geral, qualquer preservativo dissolvido em água ou em solvente mineral pode ser utilizado. A absorção é mais rápida durante os primeiros dois ou três dias e depois diminui. Recomenda-se um período de tratamento de uma semana a dez dias. Para uso exterior, este método apresenta melhores resultados que o tratamento por imersão simples.

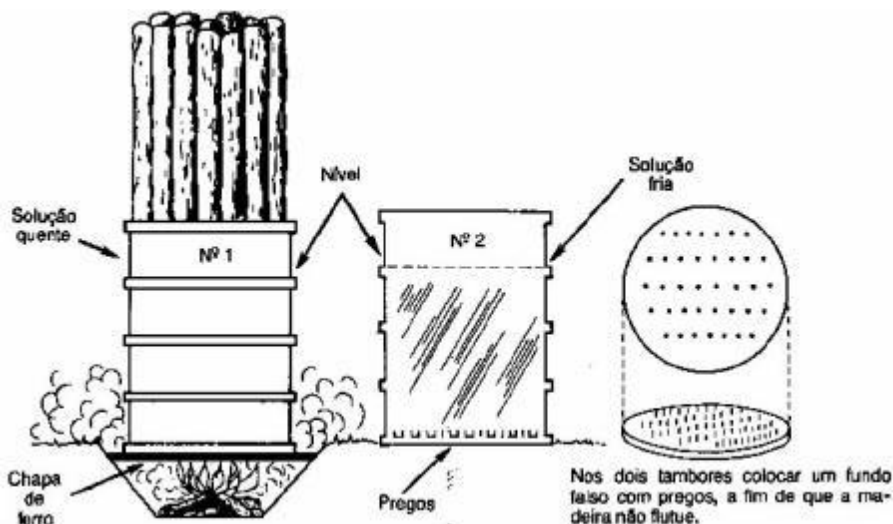
Banho quente-frio

O processo de banho quente-frio consiste em imergir a madeira em uma solução preservativa, aquecida a temperatura de 90° a 110°C, por um período de até 6 horas. Em seguida, deve-se colocá-la na mesma solução à temperatura ambiente por no mínimo 2 horas. Neste processo, o calor liberado pela solução preservativa durante a imersão a

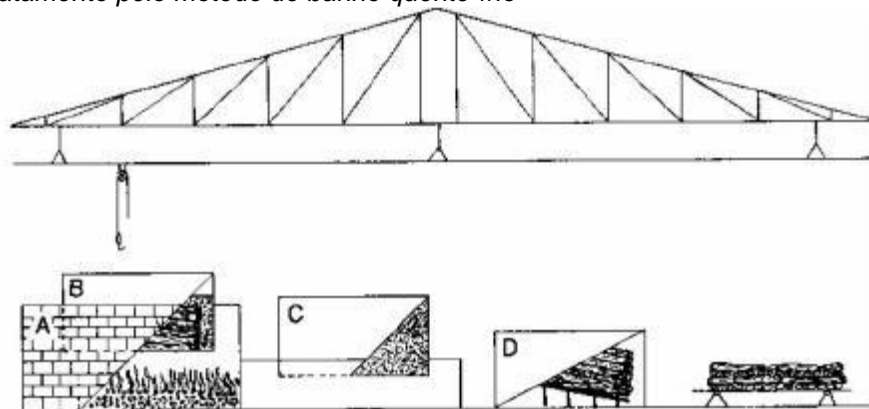
quente, provoca não só a evaporação de água da superfície da peça, como, principalmente, a expulsão parcial do ar existente no interior das células da madeira.

Assim que o material entra em equilíbrio térmico com a solução, este é colocado no banho frio. Esta mudança brusca de temperatura provoca no interior das células um vácuo parcial que, combinado com a pressão atmosférica, tende a forçar o preservativo para o interior da madeira. Assim, a penetração do preservativo é facilitada obtendo-se, conseqüentemente, uma retenção mais elevada e uma penetração mais profunda e uniforme. O melhor resultado é conseguido quando se utiliza dois recipientes: um para banho quente e outro para o banho frio. Entretanto, pode-se deixar a madeira e a solução esfriarem no mesmo tanque. O aquecimento da solução pode ser feito por resistência elétrica, lenha carvão e outros. Deve-se tomar cuidado quando o aquecimento for com lenha ou carvão para evitar riscos de incêndio. É considerado um processo econômico devido ao baixo custo de investimento em relação aos resultados alcançados.

No Brasil, o processo de banho quente-frio foi extremamente utilizado pelas indústrias fabricantes de postes e dormentes preservados. Atualmente, esses produtos são tratados pelos processos com pressão, e o banho quente-frio praticamente foi abolido. Entretanto, em regiões rurais o processo é empregado com êxito na preservação de moirões e peças para construção de currais.



Tratamento pelo método de banho quente-frio



Sistema semi industrial para o banho quente e frio

A- Fornalha;

- B- Tanque para banho quente;
- C- Tanque para banho frio;
- D- Tanque para coleta para excesso de preservativo;

Difusão

O processo de difusão consiste em imergir totalmente as peças de madeira, ainda verdes, em soluções preservativas hidrossolúveis. A diferença entre a concentração da solução e a seiva existente na madeira, provoca a migração de íons da solução para o seu interior, até que se estabeleça o equilíbrio das concentrações dentro e fora da madeira. Para que a difusão não seja interrompida, a madeira a ser utilizada deve estar com elevado conteúdo de umidade. É necessário evitar a secagem da madeira, uma vez que esta pode interromper o movimento de capilaridade, devido ao aparecimento de bolhas de ar nos capilares. Completado o banho de imersão, as peças deverão ser colocadas à sombra permitindo, assim, uma distribuição mais homogênea do preservativo. Nesta fase, também deve-se evitar uma secagem muito rápida, pois a migração dos íons é feita em meio líquido. O período de armazenagem normalmente dura 4 meses, tempo em que ocorre a fixação do preservativo na madeira.

Difusão dupla

Este método consiste em dois tratamentos de difusão com dois diferentes compostos químicos. Comumente, a madeira verde é imersa, primeiramente, em uma solução de sulfato de cobre. Posteriormente, esta é colocada em uma solução decromato de sódio. Com a difusão do cromato de sódio na madeira, haverá uma reação com o sulfato de cobre, originando um terceiro composto tóxico e insolúvel em água, o cromato de cobre. Este processo não é muito comum e pode ser feito com outros sais.

Processo de Boucherie

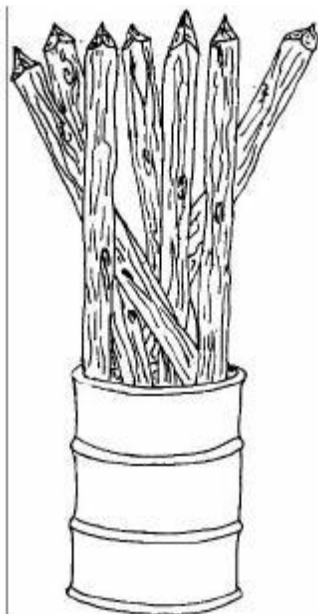
Este processo é utilizado desde 1938, principalmente no tratamento de postes. Normalmente é aplicado em madeiras roliças, com casca, logo após sua derrubada. O processo consiste basicamente em colocar as toras ligeiramente inclinadas, apoiadas sobre estrados, sendo que a face com maior diâmetro permanece em um nível mais alto. Nesse extremo então, são colocadas bolsas ou tampões os quais, através de mangueiras, conectam com a solução preservante situada em um recipiente a alguns metros de altura do solo. Assim, por gravidade, o preservativo vai penetrando na madeira, empurrando a seiva existente na tora para fora. A penetração chega a atingir a velocidade de 1,5m por dia e o tratamento cessa assim que a solução preservativa sair pelo extremo oposto da tora. Em seguida as toras devem ser descascadas e submetidas a um tratamento superficial, preferencialmente, por imersão. Os preservativos usados normalmente neste processo são o sulfato de cobre e sais de Wolman.

Substituição de seiva

Este método é empregado no tratamento, com sais hidrossolúveis, de madeira recém-cortada. Para tanto, as toras são colocadas na posição vertical em um recipiente contendo a solução preservativa. O líquido deve ser mantido em um nível de, aproximadamente, 40cm de altura para peças curtas e de 80cm para toras com 6 metros ou mais de comprimento. Qualquer tanque metálico ou de alvenaria com profundidade um

pouco acima das indicadas pode ser utilizado para aplicação do processo. Para o tratamento de moirões é possível usar um tambor comum de 200 litros.

A superfície líquida no tanque ou no recipiente deve ser protegida da evaporação por meio de uma camada de óleo. É necessário manter o nível mais ou menos constante, repondo o preservativo a cada 2 ou 3 dias. As toras podem ser tratadas com ou sem casca, devendo, contudo, ter a base apontada em bisel. O tratamento de madeira descascada será mais rápido. Este deve ser realizado em local ventilado, porém, protegido da chuva. Após o tratamento deve-se promover a secagem da madeira. Toras tratadas com casca devem ser descascadas antes de serem colocadas para secar.



Tratamento pelo método de substituição de seiva

1.7.2. Métodos de tratamento com pressão

Considerando a qualidade do tratamento, no que diz respeito à eficiência e controle da retenção e penetração do preservativo na madeira, à economia e tempo e conseqüentemente à garantia de uma melhor proteção, os métodos de tratamento com pressão são superiores àqueles até aqui apresentados, além de atender a um número maior de espécies resistentes a impregnação. Como desvantagens desses métodos, quando comparados com os sem pressão, pode-se citar: os custos elevados de instalação, mão-de-obra especializada e a necessidade de transporte da madeira à usina, devido à imobilidade do equipamento.

Uma planta de impregnação de madeira, capacitada para aplicar qualquer tratamento sob pressão, é constituída basicamente de um cilindro de tratamento provido de aquecimento elétrico ou de serpentinas de vapor, reservatórios para armazenagem das soluções preservativas e bombas de vácuo e pressão para transferência de líquido. As plantas mais modernas são equipadas com controles automáticos, embora, possam ser semi automáticos ou manuais. Os métodos sob pressão, são os mais empregados no mundo e, normalmente, recebem o nome de quem os patenteou. São classificados em processos de célula cheia e de célula vazia, em função da maneira pela qual é feita a distribuição do preservativo na célula da madeira.

Processo Bethell (célula cheia)

Neste processo a madeira seca é introduzida no cilindro de tratamento (também chamado de autoclave) e após o fechamento da tampa é aplicado um vácuo inicial que varia, normalmente, de 560 a 630mmHg por um período de uma hora. Em seguida, o preservativo é introduzido na autoclave, até que o seu volume seja totalmente preenchido. Os parâmetros de tempo, temperatura, pressão e vácuo dependem do tipo de produto preservativo e da permeabilidade da madeira utilizada.

A utilização do vácuo existente na autoclave para o enchimento da mesma com o preservativo é imprescindível nesta etapa. Logo após, é aplicada uma pressão contínua ao líquido, normalmente em torno de 14kgf/cm, por um período médio de 2 a 4 horas. Terminado o período de pressão, o líquido é retirado do cilindro através de uma bomba de transferência e, novamente, é aplicado um vácuo à autoclave. Este vácuo retira o excesso de preservativo existente na superfície da madeira, impedindo o desperdício da solução. O vácuo inicial, junto com a pressão imposta ao preservativo, faz com que o líquido preencha os lúmens e as paredes celulares, daí o nome "célula cheia".

A representação gráfica deste processo encontra-se na Figura 8, onde:

- a) carregamento (madeira)
- b) vácuo inicial
- c) manutenção do vácuo
- d) injeção da solução preservativa
- e) liberação do vácuo
- f) aplicação de pressão
- g) manutenção da pressão
- h) liberação da pressão
- i) retirada da solução preservativa
- j) vácuo final
- k) manutenção do vácuo final
- l) liberação do vácuo final

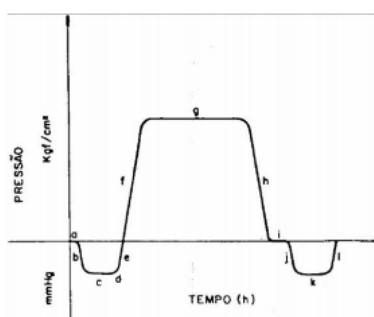


Figura 8 -Processo Bethell

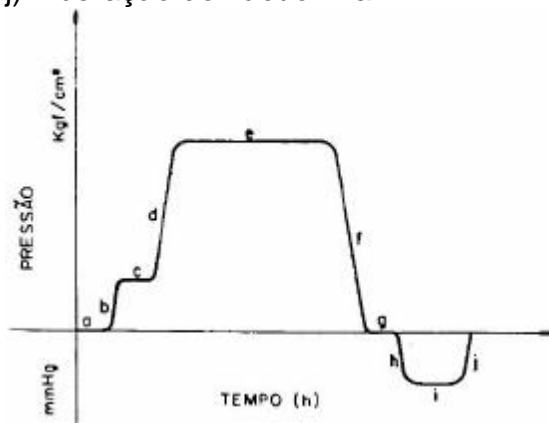
Processo Rueping (célula vazia)

Este processo, patenteado em 1902 pelo alemão Max Rueping (21), consiste, inicialmente, na aplicação de uma pressão média de 4kgf/cm, ao invés do vácuo empregado, nos processos de célula cheia. Em seguida o preservativo é injetado sem que a pressão do interior da autoclave diminua. Após o enchimento total da autoclave com o preservativo, aplica-se uma pressão de 14kgf/cm aproximadamente. Os passos seguintes do processo são semelhantes ao de célula cheia.

A aplicação inicial de pressão na madeira, comprime o ar no interior das células. Assim, quando a pressão é interrompida, o excesso de preservativo contido no interior das células é expelido, ficando somente aquele retido nas paredes celulares, daí o nome de "célula vazia". Neste processo, consegue-se penetrações profundas sem muito desperdício de solução. A representação gráfica deste processo encontra-se na Figura 9, onde:

- a) Carregamento

- b) Pressão do ar
- c) Manutenção da pressão e injeção de solução preservativa
- d) Aplicação de pressão
- e) Manutenção da pressão
- f) Liberação da pressão
- g) Retirada da solução preservativa
- h) Vácuo final
- i) Manutenção do vácuo final
- j) Liberação do vácuo final



Processo Lowry (célula vazia)

Foi patenteado em 1906 por C. B. Lowry (21). Este processo é bastante semelhante ao de Rueping, sendo que a única diferença é o modo de aplicação do preservativo. No processo Lowry, o preservativo é injetado diretamente na autoclave. O ar natural presente na madeira é comprimido no interior das células e permanece até o final do período de pressão.

Após o período de aplicação de pressão, o preservativo é retirado mantendo-se a pressão interna da autoclave. Introduce-se água quente ou vapor d'água no cilindro de tratamento, por um período suficiente, para que ocorra a fixação do preservativo na madeira. Em seguida, a água é retirada da madeira, através de um vácuo final, comum aos processos de célula cheia e vazia.

Como vantagem, além de poder utilizar a peça tratada logo após o seu período de secagem, sem perigo de contaminação do operador, a solução de retorno (*kickback*) não conterá açúcares e outros agentes redutores, os quais, causariam a precipitação parcial dos sais preservantes, desbalanceando a concentração da solução.

- a) Ar inicial
- b) Admissão de preservativos
- c) Período de pressão
- d) Retirado do preservativo mantendo-se a pressão
- e) Admissão da água ou vapor d'água
- f) Pressão aliviada
- g) Vácuo final
- h) Remoção do vácuo

1.7.3. Avaliação da durabilidade da madeira e de preservativos

Propriedades tóxicas, corrosivas, ignífugas, etc., de uma determinada substância ou composto químico podem ser rapidamente obtidas através de experimentos em laboratório. Entretanto, a indicação definitiva deste produto como preservativo requer ensaios mais demorados, onde a madeira devidamente impregnada é exposta á condições reais de serviço. Estes testes, conhecidos como ensaios de campo são lentos e, devido ao longo período de espera, desestimulam os interessados em lançar novos produtos no mercado.

Toxidez

Os ensaios de toxidez de um determinado produto químico consistem na introdução de diferentes concentrações deste produto em meio de cultura, o qual será inoculado com o fungo xilófago. Dependendo da concentração do produto, poderá haver ou não inibição do desenvolvimento do fungo. Em caso positivo, passa-se ao teste acelerado.

Ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório

O ensaio acelerado de laboratório trata da avaliação da resistência natural e/ou preservada das espécies de madeira à deterioração causada por organismos xilófagos. Os fungos são os maiores responsáveis pela diminuição da vida útil da madeira. Consomem, basicamente, celulose e lignina (principais constituintes das paredes das células vegetais), diminuindo, assim, não só a resistência mecânica da madeira, como também seu peso.

Os dois métodos mais importantes para a avaliação da resistência da madeira ao ataque de fungos são:

- a) avaliação por perda da resistência à flexão estática
- b) avaliação por perda de peso

O método mais utilizado é o da avaliação da perda de peso da madeira, pois apresenta inúmeras facilidades, tais como: obtenção de amostras para confecção dos corpos de prova e menor tempo de exposição.

Ensaio de campo

Os ensaios de laboratório vistos até aqui, embora forneçam resultados significativos quanto à eficiência de um determinado produto ou à durabilidade natural de uma espécie de madeira, não devem ser considerados definitivos, pois são baseados em condições ideais de laboratório, onde diversos agentes físicos ou químicos do meio ambiente, que frequentemente ocorrem em condições reais, não são considerados.

Nos ensaios de campo, as peças de madeira podem ter suas dimensões reais de uso (postes, moirões, etc.) ou serem menores. Em ambos os casos, porém, quanto maior for o número de peças enterradas, tempo de exposição, número de repetições e variedades das condições de serviço, mais significativos serão os resultados. A vida média para peças de madeira preservadas é calculada através do número de anos necessários para que as metades das amostras enterradas, de uma espécie de madeira, se deteriore.

Este tempo pode ser estimado através de inspeções realizadas, periodicamente, nos campos de apodrecimento.

1.7.4. Fatores que afetam o tratamento preservativo

A eficiência do tratamento está diretamente ligada ao preservativo empregado, à técnica com que este é aplicado à madeira e à espécie de madeira em questão. Os parâmetros que regem a base desta avaliação são a retenção e a penetração. A retenção é a quantidade de preservativo contida num determinado volume de madeira, expressa em Kg/m. Em geral, quando se usa um preservativo oleossolúvel, a retenção é expressa em quilograma de solução por metro cúbico de madeira tratável. Quando o preservativo é hidrossolúvel, a retenção é expressa pela quantidade de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratável.

A penetração indica a maneira pela qual o preservativo encontra-se distribuído pela peça. Normalmente, esta é classificada como total e uniforme (TU), parcial periférica (PP), parcial irregular (PI), vascular (V) e nula (N). Uma peça de madeira que apresenta uma alta retenção, porém com penetração irregular, não está devidamente preservada, pois estas áreas isentam de preservativos poderão vir a ser os locais onde os fungos e insetos iniciarão seus ataques. A retenção e a penetração dependem, principalmente, dos fatores físicos envolvidos no processo de tratamento.

Pressão

Dentre os fatores físicos envolvidos num tratamento preservativo, a pressão é, sem dúvida, o mais importante deles. Ela é responsável pela penetração profunda do preservativo na madeira, pois atua empurrando-o para o interior dos elementos estruturais da madeira (raios, vasos, fibras, etc.).

As pressões utilizadas nos tratamentos variam de pouco mais de uma atmosfera (processo Boucherie) até 70kgf/cm (processo de preservação utilizado na Austrália para impregnação de postes de eucaliptos). Entretanto, nas autoclaves convencionais a pressão máxima imposta ao líquido não ultrapassa a 18kgf/cm sendo que a mais usual fica em torno de 14kgf/cm .

Temperatura

A diversidade em retenções e penetrações obtidas com vários tipos de preservativos pode ocorrer devido às diferenças em viscosidade desses líquidos (21). Ao se elevar a temperatura, a viscosidade de um líquido diminui e a permeabilidade da madeira é alterada. Assim, a combinação destes dois fatores facilita a penetração do preservativo na madeira.

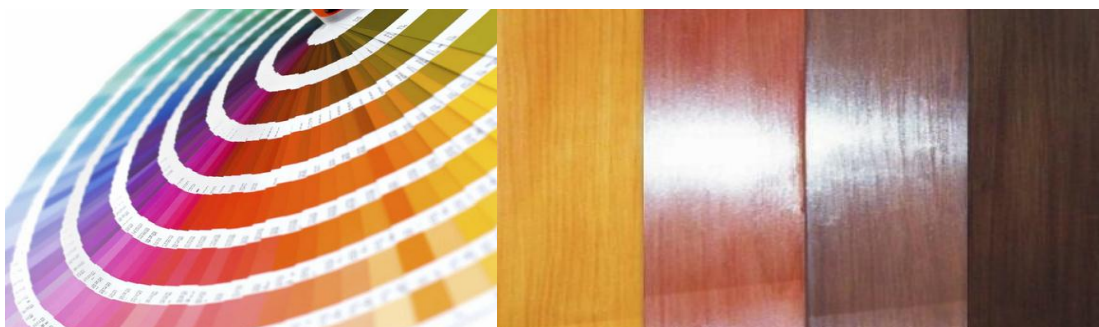
O uso de temperaturas elevadas (90°C) em tratamentos preservativos é mais comum quando se utiliza produtos oleosos (creosoto, pentaclorofenol em óleo diesel), pois estes têm sua viscosidade inversamente proporcional a uma certa potência da temperatura (24). O uso da temperatura em preservativos hidrossolúveis é bastante arriscado, uma vez que pode ocorrer a decomposição dos sais preservantes durante o tratamento. Assim,

temperaturas superiores a 60°C são desaconselháveis para preservativos hidrossolúveis. Finalmente, pode-se obter a esterilização da madeira através de temperaturas elevadas, porém, estas não devem exceder a 110°C para não afetar as propriedades físico-mecânicas da madeira.

Tempo

Quanto maior for o tempo dedicado a um tratamento, maiores serão as retenções e as penetrações conferidas às peças tratadas. Entretanto, quando se fala em tempo, deve-se atentar para os custos de produção. O tempo de tratamento deve ser o último parâmetro aumentado, quando se objetiva melhorar a retenção e a penetração do preservativo na madeira. Inicialmente, propõe-se elevar a temperatura do líquido ou a pressão, nos casos de tratamento sobre pressão.

1. TINTAS E VERNIZES



2.1. CONCEITOS BÁSICOS

As tintas são revestimentos, geralmente orgânicos, viscosos, constituídos por um ou mais pigmentos, dispersos em uma resina que, ao sofrer processo de cura (secagem), quando aplicado, forma uma fina película aderente ao substrato. Esta película tem por finalidade proteger e decorar.

Embora pareça simples, a fabricação de uma tinta é um processo complexo. Uma tinta em média, é constituída por 30 componentes químicos diferentes. Por sua vez as tintas, quando utilizadas nas indústrias sofrem ação de diferentes variáveis, tais como: temperatura, umidade, substrato, método de aplicação, pintores e etc. Todas estas variáveis devem ser avaliadas e levadas em conta pelo formulador de tinta.

2.1.1. Histórico.

As tintas, que são os produtos mais usados para proteger materiais, são constituídas essencialmente de uma suspensão de partículas opacas (pigmentos) em veículo fluido. A principal função das partículas é cobrir e decorar a superfície; a do

veículo, aglutinar as partículas e formar a película de proteção. Além desses, as tintas modernas contêm outros componentes. Com exceção do aparecimento de novos pigmentos orgânicos, o grande avanço que tem havido na tecnologia das tintas se deve a alterações efetuadas no veículo. Isso pode ser feito, por exemplo, rearranjando-se duplas ligações, combinando-se óleo com resinas sintéticas, adicionando-se óleos sintéticos etc. Por outro lado, nas tintas emulsionáveis, que apareceram no mercado em 1949, o veículo é uma emulsão em que a fase contínua é a água e a fase dispersa, gotas de óleo secativo, ou de um látex de borracha ou resina, podendo conter pigmentos e outras substâncias.

Atualmente, fabricam-se tintas que atendem as mais diversas finalidades. Assim, existem tintas luminescentes, tintas que inibem o ataque de fungos, bactérias, algas e outros organismos, tintas resistentes ao calor, à prova de fogo, laváveis, etc.

Os vernizes são soluções de gomas ou resinas, naturais ou sintéticas, em um veículo (óleo secativo, solvente volátil), soluções estas que são convertidas em uma película útil transparente ou translúcida, após a aplicação em camadas finas. As resinas naturais usadas em vernizes à base de óleo são gomas fósseis, algumas das quais tão velhas quanto o carvão. De um modo geral, recebem o nome da localidade da qual provêm, por exemplo, goma de Zanzibar, Congo, e assim por diante.

O grande avanço verificado na fabricação de vernizes, lacas e esmaltes se deu depois do advento da baquelite (polímero fenolformaldeído) e de outras resinas sintéticas.

2.1.2. Características das tintas.

Existe uma série de características, que são desejáveis em uma tinta, e que podem variar de acordo com a finalidade do produto. Mas, as principais características são:

- **Estabilidade:** Não apresentando sedimentação, coagulação, empedramento, separação de pigmentos, sinéreses ou formação de nata, tal que não possa tornar-se homogênea através de simples agitação manual;
- **Facilidade de aplicação:** A tinta tem que espalhar-se facilmente, de maneira que o rolo ou a trincha deslizem suavemente sobre a superfície. As marcas desses instrumentos devem desaparecer logo após a aplicação da tinta, resultando em uma película uniforme;
- **Rendimento e cobertura:** O rendimento da tinta refere-se ao volume necessário para pintar uma determinada área. A cobertura significa a capacidade da tinta em cobrir totalmente a superfície. Essas duas propriedades estão diretamente relacionadas ao tipo, à qualidade e à quantidade de resinas e pigmentos utilizados na formulação da tinta;
- **Durabilidade:** É a resistência das tintas à ação das intempéries. A durabilidade de uma tinta também depende diretamente do tipo, da qualidade e da quantidade de resinas e pigmentos utilizados em sua formulação;
- **Lavabilidade:** As tintas devem ser laváveis, resistindo à ação de agentes químicos

comuns ao uso doméstico, tais como detergentes, água sanitária e outros;

- **Secagem:** A secagem de uma tinta não deve ser tão rápida que não permita uma fácil aplicação e nivelamento, nem tão lenta que não permita demãos posteriores num tempo conveniente.

2.1.3. Principais insumos.

Energia

No segmento de tintas e vernizes utiliza-se energia elétrica em instalações e maquinários para dispersão, mistura, moagem e enlatamento. Algumas instalações podem empregar óleo combustível, óleo diesel ou gás natural para geração de calor. Nestes casos o controle de eficiência de queima deve ser feito de modo a minimizar as emissões de monóxido de carbono, óxidos de enxofre e materiais particulados para a atmosfera. Para operação e manutenção dessas instalações, também existe geração de resíduos, tais como, borras oleosas, estopas sujas, embalagens de combustível, entre outros.

Água

A água é o recurso natural mais empregado no setor e se dá em larga escala e para diversos fins. Considerável parcela pode ser incorporada ao produto, parte é empregada nas operações de limpeza e lavagem de máquinas, equipamentos e instalações industriais, além do uso na área de utilidades e manutenção. O uso descontrolado deste insumo pode levar à crescente degradação das reservas, apontando para a necessidade urgente de adoção de uma política racional de consumo. O rebaixamento do nível dos aquíferos subterrâneos, pela perfuração exagerada ou exploração excessiva de poços existentes, gradativamente levam a um descontrole econômico dos custos de produção, bombeamento e diminuição do rendimento da operação. É necessário conscientizar os usuários quanto a formas de minimizar o consumo de água não apenas na indústria, mas também nas práticas cotidianas de cada indivíduo.

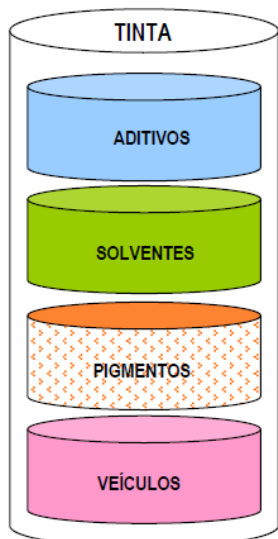
2.2. TINTAS - CONSTITUINTES FUNDAMENTAIS

As tintas apresentam constituintes que são considerados básicos e constituintes considerados eventuais ou aditivos, que são incorporados apenas a alguns tipos de tintas, para conferir propriedades especiais. Os constituintes básicos das tintas são:

Veículos
Solventes
Pigmentos

Como constituintes eventuais das tintas podem ser citados, como exemplos:

- Plastificantes, Secantes, tensoativos ou dispersantes, Antinatas, Espessantes e geleificantes.



A resina além de ser o constituinte que mais caracteriza a tinta, é o constituinte ligante ou aglomerante das partículas de pigmentos e responsável pela formação da película e adesão ao substrato.

A escolha do tipo de tinta identificará o tipo de resina e esta escolha dependerá das características físico-químicas desejadas para a pintura.

2.2.1. Veículos ou resinas.

Os veículos das tintas podem ser classificados em:

a) **Veículos não convertíveis:** são os veículos constituídos por substâncias com propriedades filmógenas, onde as tintas constituídas deste veículo, após a evaporação do solvente, formam a película seca. O veículo, neste caso, não sofre nenhuma reação química. Exemplos: resinas acrílicas, vinílicas e borrachas cloradas, composições betuminosas (asfaltos e piches), nitrato de celulose, stirenoacrilato, etc.

b) **Veículos convertíveis:** são os veículos constituídos por substâncias que sofrem reação química após a aplicação da película de tinta. Incluem-se neste caso as tintas a óleo ou óleo modificadas que secam por oxidação e as tintas polimerizáveis, que secam por reação de polimerização. Exemplos: tintas a óleo, alquídicas modificadas com óleo, fenólicas modificadas com óleo, epóxis, poliuretanas, etc., sendo as duas últimas citadas polimerizáveis.

c) **Veículos inorgânicos:** são os veículos também convertíveis, porém de natureza inorgânica. O exemplo clássico são os silicatos que dão origem ao silicato de zinco.

2.2.2. Classificação das tintas quanto ao tipo de veículo.

As tintas podem ser classificadas em três grandes grupos, conforme as características do veículo.

2.2.2.1. Tintas convencionais

Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

a) **Tintas a óleo:** as tintas com veículo a óleo são aquelas cujo agregante são os óleos secativos. Os óleos secativos possuem molécula não-saturada e secam pela adição de oxigênio as mesmas.

Os principais óleos usados em tintas são: óleos de linhaça, óleo de soja, óleo de oiticica, óleo de tungue. Alguns óleos não secativos podem também ser utilizados na formulação de tintas, com a função plastificante, como é o caso dos óleos de mamona e de coco. O óleo de mamona, quando desidratado, torna-se secativo. A secagem destas tintas dá-se em parte pela evaporação do solvente e em parte pela oxidação do óleo.

As tintas a óleo possuem secagem mais demorada e são saponificáveis, sendo, portanto, recomendáveis somente para atmosferas pouco agressivas e não devem ser usadas em pinturas de imersão.

Praticamente não são mais fabricadas.

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

A palavra alquídica origina-se do inglês Alkyd (alcohol and acid) e se refere a poliésteres que são modificados por óleos e/ou ácidos graxos (óleos de linhaça, soja, mamona, tungue e oiticica). São obtidas pela reação entre poliálcoois e poliácidos, resultando em um poliéster. O poliácido normalmente utilizado é o ácido ftálico, na forma anidrido ftálico, enquanto que os poliálcoois mais empregados são o glicerol (glicerina) e o pentaeritritol.

A secagem destas tintas dá-se em parte por evaporação do solvente ou coalescência e, em parte, principalmente, pela oxidação do óleo secativo. Apresentam temperatura limite de utilização da ordem de 60 a 80°C.

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

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

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

2.2.2.2. Tintas seminobres

Caracterizam-se pela secagem por evaporação do solvente e são eventualmente denominadas de lacas.

Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

a) **Tintas acrílicas:** as resinas acrílicas são obtidas a partir dos ácidos acrílicos e metacrílico, através da esterificação. As tintas com veículo acrílico caracterizam-se pela excelente resistência aos raios ultravioleta. A secagem destas tintas dá-se somente pela evaporação do solvente. Existem ainda as acrílicas hidrossolúveis, que secam por coalescência e se tornam resistentes à água após a secagem.

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

b) **Tintas de borracha clorada:** as resinas de borracha clorada são obtidas a partir da cloração da borracha. As tintas fabricadas com estas resinas são resistentes a ácidos e álcalis e são pouco tóxicas.

A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente, sendo, portanto, sensíveis a seus solventes. As tintas de borracha clorada de boa qualidade devem ser isentas de óleos secativos. São recomendadas para atmosferas medianamente

agressivas. Requerem da mesma forma que as anteriores, uma boa limpeza de superfície.

Apresentam alguns problemas que limitam o seu uso como, por exemplo: Degradação pelo calor por volta de 65°C, liberando ácido clorídrico; Aparecimento de poros, ocasionando falha precoce; Fissuras devido ao processo de plastificação.

c) **Tintas vinílicas:** as resinas vinílicas são obtidas a partir de cloreto e acetato de vinila, que se copolimerizam em cloreto e acetato de polivinila. Podem também ser obtidas a partir de reações que produzem o polivinilbutiral. As resinas sintéticas termoplásticas mais comumente usadas em revestimento de superfícies são as chamadas vinílicas-cloreto de polivinila (PVC), acetato de polivinila (PVA), polivinil acetais e as acrílicas.

São geralmente usadas em: “primer” (ou tintas de fundo), “wash-primer” e tinta de acabamento.

A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente. Existem ainda as hidrossolúveis, que secam por coalescência.

d) **Tintas de estirenoacrilato:** as resinas de estirenoacrilato são obtidas através da polimerização de estireno com acrilonitrila. As tintas com veículo de estirenoacrilato se caracterizam por uma razoável retenção de cor e de brilho, sendo, portanto, um pouco resistentes a raios ultravioleta.

A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente, sendo, portanto, sensíveis aos seus solventes. As tintas de boa qualidade devem ser isentas de óleo e, portanto, não saponificáveis.

São recomendadas especialmente para tintas de acabamento em equipamentos e instalações onde seja importante certo grau de retenção de cor e brilho. A utilização mais indicada é para atmosferas medianamente agressivas.

e) **Outras tintas:** além das citadas, há ainda, as tintas de nitrocelulose, as tintas de acetato de celulose, as acrílicas-vinílicas, as alquídicas-silicones, etc.

2.2.2.3. Tintas nobres

Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

a) **Tintas epóxi:** as resinas epóxi são obtidas pela reação entre a epiclorigrina e o bisfenol. As tintas fabricadas com estas resinas são de alta performance e de grande uso no Brasil. São fornecidas em dois componentes um contendo o pré-polímero epóxi e o outro o agente de cura que é em geral uma amina, amida ou isocianato.

As resinas epóxi podem ser misturadas com produtos betuminosos (alcatrão), para obtenção de tintas de alta espessura e de grande utilização nos esquemas para imersão.

Tais tintas associam as propriedades de excelente resistência química, das resinas epóxi, com a excelente resistência a imersão em água, dos alcatrões, diminuindo ainda o custo final do produto.

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

As resinas epóxi podem ainda reagir com os isocianatos, devido ao elevado número de oxidrilas ao longo do de sua cadeia. A fim de obter, no entanto, o máximo de reatividade entre os componentes, introduz-se na cadeia da resina epóxi um número maior de oxidrilas. Além disso, o isocianato alifático é ótimo promotor de aderência para metais não ferrosos.

As resinas epóxi podem também ser modificadas com óleo secativo, dando origem as chamadas éster de epóxi, que são de qualidade inferior e comparável as alquídicas e fenólicas modificadas com óleos. A secagem ou cura das tintas epóxi dá-se por polimerização (polimerização por condensação).

B)Tintas Poliuretano: as resinas poliuretanas são obtidas da reação de um isocianato com um álcool. As tintas fabricadas com estas resinas são de alta performance, alta resistência a agentes químicos, resistentes a abrasão e retenção de cor e brilho, pela excelente resistência aos raios ultravioleta (especialmente as resinas obtidas com isocianatos alifáticos). São catalisadas com catalizador aromático ou alifático.

Catalizador Alifático: poliisocianatos alifáticos e ciclo-alifáticos permitem obter tintas poliuretanas, com excelentes propriedades de resistência a intempéries, pois, esses isocianatos são resistentes à ação dos raios ultravioleta. Essas tintas também se caracterizam por uma excelente estabilidade da cor.

Catalizador Aromático: são recomendados para ambientes abrigados apresentando boa aderência e boa secagem do filme. Apresentam baixa resistência ao ultravioleta e a estabilidade da cor.

Características:

- Tintas bi-componente (duas embalagens);
- Maior custo por galão (constituintes caros).
- Bom desempenho quanto a flexibilidade, impacto, abrasão.
- Ultrapassado tempo de demão, subsequente, a camada deve ser lixada para proporcionar boa aderência entre demãos.

Usos recomendados:

Poliéster ou Acrílico alifático: Como acabamento, sobre fundo epóxi ou poliuretana aromático, com alta resistência ao intemperismo.

Poliéster aromático: Como fundo para acabamento alifático ou como acabamento em locais abrigados.

C) Tintas de silicone: são resinas semiorgânicas em cujas moléculas existem átomos de silício. As tintas fabricadas com estas resinas são indicadas para pintura de superfícies que trabalham em temperaturas superiores a 120°C.

São empregadas para pintura de equipamentos até 500 ou 600°C, sendo que as tintas pigmentadas em alumínio são as de melhor performance. A secagem destas tintas dá-se em parte pela evaporação do solvente e em parte por conversão térmica. Para cura é necessário que o equipamento seja aquecido, admitindo-se que acima de 300°C parte da resina se volatilize. O aquecimento, em geral, é feito à taxa de 50°C por hora. Requerem para perfeito desempenho uma excelente limpeza de superfície, sendo comum à aplicação sobre jateamento. As tintas de silicone mais usadas são as pigmentadas em zinco, para fundo e as pigmentadas em alumínio, para acabamento.

As resinas de silicone podem ser modificadas, sendo bastante comum à modificação com resinas alquídicas e acrílicas. As tintas de silicone modificadas com estas resinas podem ser usadas somente até 250°C, porém têm a vantagem de não necessitar aquecimento para a cura;

d) Tintas ricas em zinco: são tintas de alta performance, para utilização como tinta de fundo. São altamente pigmentadas em zinco, com teor de pó de zinco, em peso, entre 75 a 95% na película seca.

As tintas mais importantes dessa categoria são: o zinco epóxi, o silicato inorgânico de zinco e o etil-silicato de zinco. O zinco epóxi é uma tinta com veículo epóxi e pode ser curada com amina ou amida. É usada como tinta de fundo, de alta performance, para atmosferas altamente resissivas e para imersão em produtos de petróleo e produtos químicos. O silicato inorgânico de zinco é uma tinta de dois componentes. É usada como tinta de fundo, de alta performance, para atmosfera altamente agressiva e para imersão em produtos de petróleo e produtos químicos. Possui razoável resistência a abrasão.

Apresenta, em relação à de silicato inorgânico de zinco, vantagens em termos de facilidade de aplicação, como:

- Pode ser aplicado com elevadas umidades relativas do ar;
- Rapidez de secagem;
- Recomendado a aplicação em espessuras até 75µm;
- Admite maiores intervalos entre demãos subsequentes;
- Requer mão-de-obra de aplicação especializada.

As tintas pigmentadas com pó de zinco requerem teores mínimos de zinco para poderem proteger catodicamente, uma vez que as partículas de zinco precisam estar em contato entre si, para permitir continuidade elétrica.

Assim é que os veículos epóxi, devido a características de isolante elétrico do mesmo, requerem teores da ordem de 95% em peso, ao passo que os de etil-silicato requerem somente 75%. Estas tintas ricas em zinco, quando formuladas em borracha clorada e éster de epóxi, são monocomponentes e não são consideradas, neste caso, com tintas nobres.

Importante: Este grupo possui algumas características fundamentais em comum, dentre as quais se pode destacar:

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

2.3. SOLVENTES.

São compostos capazes de solubilizar as resinas e diminuir a viscosidade das tintas. Os solventes são, de modo geral, necessários às tintas para conferir viscosidade adequada para aplicação, porém tem como inconvenientes: Representa custo adicional às tintas, devido às perdas por evaporação; Parte volátil das tintas, com conseqüente diminuição da espessura da película, por evaporação após a secagem;

Pode provocar o aparecimento de poros e pontos fracos após a evaporação.

Tipos de solventes: hidrocarbonetos (alifáticos ou aromáticos), álcoois, cetonas, ésteres e outros compostos orgânicos. O solvente poderá também ser água, como é o caso das tintas de emulsão (látex), usadas na construção civil e das tintas hidrossolúveis de uso industrial. A água usada como solvente deve ser tratada, pura, sem contaminantes e com Ph neutro ou ligeiramente básico.

Os solventes também podem ser classificados em:

a) **Solventes verdadeiros:** são os solventes capazes de solubilizar o veículo. Exemplos: aguarrás (solvente verdadeiro para óleos e resinas modificadas com óleos); ésteres (solvente verdadeiro para acrílicas e vinílicas); cetonas (solvente verdadeiro para resinas epóxi, poliuretana, acrílica, etc.);

b) **Solventes auxiliares:** são os solventes que sozinhos não são capazes de solubilizar o veículo, porém aumentam o poder de solubilização do solvente verdadeiro. Exemplo: tolueno (solvente auxiliar para as resinas acrílicas e vinílicas);

c) **Diluentes:** são componentes que embora não sendo solventes do veículo, contribuem para a diminuição da viscosidade (diluir a tinta). Geralmente composto por misturas de solventes de evaporação. Exemplo: misturas de xileno, tolueno e glicóis (dilúente para tintas epóxi e poliuretana).

d) **Thinner:** são misturas de solventes a base de cetonas (acetatos), glicóis (álcool), aromáticos e outros. Recomendado para diluição de tintas nitrocelulose e muito utilizado para limpeza de peças, máquinas e equipamentos para a pintura. Alguns componentes orgânicos são muito tóxicos e por isso o seu uso em tintas deve ser evitado, como é o caso do benzeno e dos solventes clorados (por exemplo, o tricloroetileno).

Na formulação de tintas de um modo geral, o fabricante utiliza uma mistura de solventes, procurando balancear sua proporção visando conseguir: uma boa solvência, tempo de secagem apropriado, perfeita formação da película, além, naturalmente do menor custo possível.

Desta forma, não é recomendado o uso de um solvente de uma tinta em outra, até nos casos em que forem da mesma natureza e especificação, porém de fabricantes diferentes. A regra mais adequada a seguir é adquirir solventes para acerto de viscosidade do mesmo fabricante da tinta.

2.3.1 classificação das tintas quanto ao solvente

De acordo com o solvente, podem ser classificadas em três tipos: tintas com solventes orgânicos, tintas hidrossolúveis e tintas sem solventes ou tintas em pó.

2.3.1.1 Tintas com solventes orgânicos

Apresentam grandes vantagens em termos de aplicação e de desempenho, porém em face da inflamabilidade e particularmente da toxidez dos solventes orgânicos, vem sendo contestadas neste final de século, havendo uma forte tendência em substituí-las pelas solúveis em água.

2.3.1.2 Tintas hidrossolúveis

São na verdade tintas emulsificadas em água, onde este constituinte é responsável pela dispersão. Apresentam como mecanismo básico de secagem a coalescência, sendo para isso necessária a presença de pequena percentagem de solvente orgânico coalescedor (menos de 5% na tinta). A água é responsável pela dispersão. As grandes vantagens destas tintas consistem em não apresentar cheiro, não contaminar o meio ambiente e não oferecer riscos a saúde dos pintores, pois, estes não se expõem a solventes orgânicos prejudiciais a saúde. Em consequência, permitem pintar em locais confinados e com pouca ventilação, sem os perigos de formação de misturas explosivas ou danosas ao homem. Atualmente têm sido produzidas com bons resultados as tintas hidrossolúveis alquídicas, acrílicas e epoxídicas, tanto para fundo quanto para acabamento e, certamente em breve, outras resinas serão usadas na formulação de tais tintas.

É importante ressaltar a forte tendência em se utilizar cada vez mais as tintas solúveis em água, e reduzir conseqüentemente o uso das tintas com solventes orgânicos. Comparativo entre tintas base solvente e tintas hidrossolúveis. A grande vantagem de se ter a água como solvente de uma tinta é, evidentemente, o caráter ecológico do revestimento, isto é, não tóxico, sem odor, sem riscos para a saúde e não inflamável. A emissão de solventes orgânicos é mínima, e acarreta poucos riscos para o aplicador ou usuário.

Vantagens, desvantagens, tinta base de solvente

- Secagem rápida;
- Custo inferior (comparado com tintas hidrossolúveis);
- Produto tradicional (tecnologia conhecida).
- Presença de solventes aromáticos;
- Produto inflamável.

Tinta hidrossolúvel

- Sem presença de solventes aromáticos;
- Produto não inflamável;
- Diminui riscos tanto ao patrimônio da empresa, quanto a saúde dos operadores;
- Tecnologia em crescimento.
- Secagem lenta, necessidade de uma estufa para acelerar o processo de secagem;
- Maior cuidado quanto a preparação de superfícies.

2.3.1.3 Tintas sem solventes ou tintas em pó.

Tintas sem solventes ou Tintas em pó: as tintas sem solventes para aplicação pelos processos tradicionais (pincel, rolos e pistolas a ar e sem ar) são de uso mais restrito, justamente pela dificuldade de aplicação, em face da alta viscosidade. Dentro desta categoria, entretanto, surgem às tintas em pó, de grande importância na pintura de fábrica. As tintas em pó são normalmente aplicadas com pistolas eletrostáticas, permitindo películas bastante impermeáveis e de grande utilização na pintura de eletrodomésticos.

Vantagens da tinta à pó:

Não contém solventes; baixo risco de incêndio;
Não requer preparação; apresenta-se pronta para uso;
Excelente qualidade de acabamento;
Na maioria dos casos aplica-se em uma só demão; dispensa o uso de tinta fundo;
Possui alta resistência química com excelentes propriedades;

Praticamente não existe perda de material, pois quase todo o pó que não adere a peça é reaproveitado, obtendo-se um rendimento aproximado de 98%;
Baixo impacto ambiental. Não geram poluentes;
Economia de tempo; assim que as peças esfriam após o forneio já podem ser manuseadas.

2.4. PIGMENTOS

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

A natureza: em orgânicos e inorgânicos;

A finalidade: em tintoriais, cargas, anticorrosivos e especiais;
A ação: em ativos e inertes.

2.4.1 Classificação de acordo com a natureza

a) **Pigmentos orgânicos:** os pigmentos orgânicos são utilizados principalmente para dar opacidade e cor, ou seja, com objetivo tintorial.

Eles se caracterizam por ser de baixa densidade, possuir alto brilho e fraca resistência química e a ação de raios ultravioleta do sol.

b) **Pigmentos inorgânicos:** os pigmentos inorgânicos são utilizados também com o objetivo tintorial, porém podem ser usados como cargas e como anticorrosivos. Eles se caracterizam por ser, de maior densidade que os primeiros, possuir menos brilho e maior resistência química e a ação de raios ultravioletas.

2.4.1.1. Classificação de acordo com a finalidade

a) **Tintoriais** - São os pigmentos utilizados para dar opacidade e cor. Eles são adicionados às tintas para cobrir o substrato. Os principais pigmentos deste tipo são:

Pigmentos brancos: o mais importante é o dióxido de titânio (TiO_2), sendo considerado uma matéria-prima básica na formulação de tintas. Existem duas variedades: o rutilo e o anatásio, que diferem em sua forma cristalina, sendo o rutilo de maior opacidade e resistência a luz, mas de menor brancura que o anatásio. Outros pigmentos brancos de menor importância são: o óxido de zinco e o litopônio (30% de sulfato de zinco e 70% de sulfato de bário). Os pigmentos brancos são todos de natureza inorgânica. Pigmentos amarelos: amarelo hansa, amarelo de cromo, amarelo de cádmio, amarelo de zinco, dentre outros;

Pigmentos azuis: azuis de ftalocianina, azul molibdato, azul da Prússia e azul ultramarino;

Pigmentos laranjas: laranja de cromo (cromato básico de chumbo), laranja molibdato, laranja bezendina e laranja dinitronilina;

Pigmentos verdes: verdes de ftalocianina (azul de ftalocianina clorado), verdes de cromo (azul da Prússia e amarelo de cromo), óxido de cromo verde e verde molibdato;

Pigmentos vermelhos: óxido de ferro (Fe_2O_3), vermelho de molibdênio (molibdato de chumbo), vermelho de cádmio, vermelho toluidina, vermelho para-red (para-nitroanilina e p-naftol), vermelho naftóis e vermelho cinquásia (vermelho quinacidrona);

Pigmentos violetas: violeta cinquásia;

Pigmentos pretos: óxido de ferro (Fe_3O_4), pretos de carbono (negro de fumo) e grafite;

Pigmentos metálicos: o mais importante é o alumínio, que é responsável pelo aspecto metálico das tintas de acabamento. Existem dois tipos de pigmentos alumínio: Leafing

(auto brilho metálico) e Não Leafing (Baixo brilho metálico). Os bronzes em pó têm uso na obtenção de cores púrpuras, utilizadas em objetos decorativos;

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

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

Principais tipos de cargas:

Carbonatos: os mais importantes são os carbonatos de cálcio (calcita) e o carbonato de cálcio e magnésio (dolomita). Estes pigmentos têm fraquíssima resistência a meios ácidos e, quando usados em exteriores, promovem tendência ao esfacelamento das películas de tinta;

Silicatos: os mais importantes são o silicato de magnésio hidratado (talco), o silicato de alumínio hidratado (caolim), o ortossilicato de alumínio e potássio (mica) e o silicato de magnésio fibroso (amianto). Possuem maior resistência química frente a ácidos, álcalis e ação do intemperismo;

Sílicas: a mais importante é a sílica diatomácea, que é uma sílica amorfa, formada pela deposição dos organismos marinhos em antigas eras geológicas;

Sulfatos: os mais importantes são o sulfato de bário (barita) e o sulfato de cálcio (gesso). A barita possui elevada resistência química a ácidos, porém pelo elevado peso específico, tende a sedimentar com facilidade durante o armazenamento da tinta.

Anticorrosivos - Estes pigmentos se caracterizam por conferir propriedades anticorrosivas à película de tinta, especialmente a de fundo. Podem ser de dois tipos:

Pigmentos inibidores: são adicionados nas tintas de fundo, promovendo inibição anódica, diminuindo a intensidade das pilhas de corrosão, pela formação de um precipitado sobre as áreas anódicas das células de corrosão.

Os mais importantes são:

Cromato de zinco: é constituído de cromato de zinco e potássio e é um pigmento amarelo esverdeado de excelente ação inibidora.

Cromato básico de zinco ou tetroxicromato de zinco: constituído de cromato básico de zinco ($ZnCrO_4 \cdot 4Zn(OH)_2$). É um pigmento de coloração amarela, um pouco menos solúvel que o cromato de zinco, mas possui boa ação inibidora.

Fosfato de zinco: é constituído de fosfato de zinco $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, que possui excelente ação inibidora. Este pigmento vem sendo progressivamente utilizado em substituição ao zarcão, por possuir propriedades anticorrosivas similares e menor toxicidade.

Óxido de Ferro. Pigmentos protetores: são pigmentos metálicos presentes na tinta de fundo que promovem proteção catódica galvânica. O zinco metálico é o pigmento amplamente usado em tintas de fundo altamente pigmentadas. O pigmento de zinco não tem a sua importância ligada a cor e sim a proteção anticorrosiva. As tintas deste tipo são chamadas tintas ricas em zinco e, em alguns trabalhos, são citadas como galvanização a frio. Estas tintas são utilizadas em condições severas, tais como imersão em produtos químicos, produtos de petróleo, atmosferas altamente agressivas (especialmente atmosferas marinha) e temperaturas elevadas.

Pigmentos especiais - Estes pigmentos são utilizados com finalidades específicas, tais como:

Impermeabilizantes: são adicionados em tintas de fundo e de acabamento para aumentar a proteção por barreira, como o caso das micas e do alumínio lamelar. Os óxidos de ferro que protegem também por barreira, são muito usados em tintas de fundo.

Perolados: são adicionados para dar um tom acetinado as tintas de acabamento, por exemplo, carbonatos de chumbo ou de bismuto.

Fluorescentes e fosforescentes: são utilizados em tintas de sinalização e demarcação para ressaltar a ação da luz em faixas de demarcação, placas, etc.

Antiincrustante (anti-fouling): são adicionadas as tintas de uso marinho, para cascos de embarcações, bóias, dentre outras, de modo a evitar a incrustação de organismos, tais como cracas, mariscos, corais, ostras e algas. A ação destas tintas se dá pelo auto polimento do filme e pela migração dos biocidas utilizados evitando a incrustação. Os componentes tradicionalmente usados são de cobre (óxido cuproso – Cu_2O).

2.4.2. Classificação de acordo com a ação

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

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

2.5. VERNIZES

O verniz é uma dispersão coloidal não pigmentada, ou solução de resinas sintéticas/naturais em óleos dissolvidos em solventes. São usados como películas protetoras ou revestimento decorativo em vários substratos.

Existem dois tipos principais de vernizes:

a) **Vernizes à base de óleo:** são os que contêm uma resina e óleo secativo como componentes básicos de formação da película, sendo transformados em película útil principalmente por reações químicas (reação com O₂ do ar, polimerização etc.);

b) **Vernizes à base de solventes:** os que são convertidos em película útil principalmente pela evaporação do solvente.

As propriedades de um verniz dependem da natureza da resina e do óleo no qual ela se dissolve. Exemplificando, uma resina dura misturada com óleo de soja fornecerá uma película com propriedades similares a obtida com uma resina mole e óleo de tungue.

Um verniz contendo alta proporção de óleo em relação à resina apresenta maior flexibilidade do que o que contém porcentagem menor de óleo (os componentes do veículo podem já funcionar como plastificantes). Com a variedade de resinas sintéticas existentes atualmente e as modificações que se podem introduzir com os diversos tipos de óleo, os vernizes e as lacas podem ser preparados para atender às mais variadas finalidades. Deve-se sempre empregar o tipo de verniz ou laca adequado para cada caso particular. Um verniz que possua alta resistência à água pode ser muito quebradiço para ser utilizado em assoalhos, ou um verniz utilizado em interiores pode ser inadequado para uso exteriores.

2.6. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

2.6.1. Fabricação das tintas

As fábricas de tintas recebem, normalmente, as matérias-primas (veículos, aditivos, solventes, pigmentos) em condições de efetuar as misturas de acordo com a formulação desejada. As fases de fabricação são as seguintes:

1) Pesagem das matérias-primas: de acordo com a formulação.

2) Pré-mistura: consiste na formação de pasta do veículo e pigmento (dispersão).

3) Moagem: consiste na passagem da pré-mistura em moinhos para a moagem dos pigmentos.

4) **Completagem:** consiste na adição e no ajuste dos constituintes, especialmente solvente, até a proporção desejada.

5) **Acertos finais:** consiste na adição de aditivos, acertos de cores e outros necessários para definição do produto final.

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

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

2.6.2. Fabricação dos vernizes

1) **Mistura** – A produção de verniz é simples e não exige as etapas de dispersão e moagem. O produto é feito em apenas uma etapa: a mistura. São homogeneizados em tanques ou tachos, as resinas, solventes e aditivos.

2) **Dispersão** – Alguns tipos de vernizes necessitam, também desta etapa. Quando algumas das matérias-primas são difíceis de serem incorporadas, é necessário aplicar maior força de cisalhamento a fim de evitar grumos.

3) **Filtração** – Concluída a mistura, o lote é filtrado para remover qualquer partícula do tamanho acima do máximo permitido.

4) **Envase** - Depois de aprovado pelo Laboratório de Controle de Qualidade, o verniz é então, envasado em latas, tambores ou containeres, rotulado, embalado e encaminhado para o estoque.

2.7. PROPRIEDADES E ENSAIOS ESPECÍFICOS

Abaixo, estão listados os ensaios principais que são levados a efeito para se avaliarem as propriedades das tintas e vernizes, bem como de suas películas aplicadas.

2.7.1. Estabilidade de armazenagem

Estabilidade de armazenagem significa a resistência que um material de revestimento líquido oferece a qualquer modificação em suas propriedades, quando

colocado na embalagem. Mudanças indesejáveis podem ocorrer na cor, viscosidade e tempo de seca, brilho e película aplicada etc. A estabilidade de armazenagem é usualmente determinada abrindo-se as latas que foram estocas e comparando-se os seus característicos com o mesmo produto, porém de fabricação recente. Se houver mudanças indesejáveis, será necessário reformular o produto, corrigindo-se a deficiência.

2.7.2. Estabilidade à aeração

Os materiais de revestimento líquido aplicados por imersão ou jorro ficam em contato com grandes quantidades de ar. O mesmo acontece com os objetos recobertos. Esse fenômeno é conhecido como aeração e pode causar problemas como perda de fluidez e diminuição da solubilidade em solventes, devidas à oxidação do veículo, e outros.

Não existem ensaios padronizados para medir a estabilidade à aeração, mas um grande número de testes não oficiais são feitos submetendo-se o revestimento aplicado em camadas finas a grandes quantidades de ar sob condições controladas. Nesses ensaios é sempre feito um teste paralelo com um material de estabilidade à aeração conhecida, de modo a compararem-se os resultados.

2.7.3. Propriedades de aplicação

Não existem, também neste caso, testes padronizados para determinação das propriedades de aplicação das matérias de revestimento líquidos. O julgamento de operadores experimentados, aplicando a tinta nas condições em que o usuário pretende usá-la, é geralmente suficiente para avaliar se a tinta tem as propriedades requeridas.

2.7.4. Tempo de secagem

O tempo de secagem à temperatura ambiente de películas aplicadas é usualmente determinado por testes com os dedos. Devem-se observar os seguintes estágios:

Estágio A – é atingido quando o dedo não retira tinta ao tocar ligeiramente a superfície da película. Podem-se utilizar também fibras de algodão;

Estágio B – é atingido quando uma pequena pressão com o dedo não deixa marca;

Estágio C – é atingido quando uma pressão considerável do dedo, juntamente com um movimento de rotação deste, são aplicados à película sem distorcê-la;

Estágio D – é o ponto no qual a película se torna difícil de remover com o auxílio da unha;

Estágio E – é o tempo requerido para secar a um ponto tal que uma segunda camada possa ser aplicada sem levantar ou diminuir a adesividade da primeira, ou ainda desenvolver qualquer outra irregularidade na película. Esses testes dependem muito do bom senso do operador.

Existem muitos testes quantitativos para a determinação do tempo de seca que não

envolve a opinião pessoal. Eles devem, entretanto, ser conduzidos sem salas especiais, em que a luz, a temperatura e a umidade sejam controladas, uma vez que esses fatores afetam bastante os resultados.

2.7.5. Dureza

Consiste na determinação da dureza superficial de películas de tinta. Há três métodos de determinação de dureza: os métodos Sward e Koning, baseados em pêndulos, e o método Buchholz, baseado em penetração. A dureza das tintas é determinada na grande maioria dos casos pelo método Sward-Rocher que consiste em uma roda metálica formada por dois aros que oscilam na película de tinta conforme NBR 5845. Quanto maior a dureza, maior o número de oscilações.

Pode-se também determinar a dureza riscando a película com lápis de desenho padronizado, variando de 6B (mole) a 6H (duro). Partindo-se do mais duro dos lápis, eles são empurrados para dentro da película. O primeiro lápis que se desagrega em vez de penetrar indica a “dureza do lápis”.



Fig 1. Medidor de dureza.

2.7.6. Adesividade

Um dos métodos para medi-la emprega uma ponta de diamante. Traçam-se, com essa ponta, riscos paralelos na película, diminuindo gradualmente a distância entre eles. A distância entre os riscos na qual a película começa a se desprender indica a adesividade.

2.7.7 Viscosidade

Para boa parte das tintas convencionais, um dos viscosímetros mais utilizados é o Copo Ford (figura 03) de orifício de diâmetro 4, 6 e 8 mm onde o N° 4 é considerado padrão.



Figura 02 – Copo Ford

Consiste em um vaso de capacidade de 100 ml com fundo cônico e um orifício na parte inferior rigorosamente calibrada. Na parte superior o viscosímetro possui uma calha para receber o excesso de tinta.

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

O tempo de escoamento, desde o instante em que a tinta começa a fluir até o momento em que o fluxo se interrompe, é medido com um cronômetro e corresponde a viscosidade.

2.7.8. Consistência

Outro tipo de viscosímetro muito empregado para tintas é o viscosímetro Stormer (figura 04), que mede o grau de consistência da tinta em unidade Krebs (KU).



Figura 03 – Viscosímetro Stormer

Consiste em determinar-se o grau de dificuldade de uma haste girar no interior do frasco contendo tinta a 25°C, em um viscosímetro denominado viscosímetro Stormer. A medida da consistência é dada em unidades Krebs (KU) e é constantemente chamada também de viscosidade.

Não há uma correlação exata entre as viscosidades Ford e Krebs. Outro viscosímetro que mede consistência em diversas rotações é o viscosímetro Brookfield. Ele é muito versátil possuindo diversos tipos de palhetas e cilindros, o que permite a medida de uma vasta gama de viscosidades. Por outro lado, fazendo-se medições de viscosidade de um mesmo produto, em baixa e alta rotação, tem-se o seu índice de tixotropia. Para veículos incolores, resinas e vernizes, geralmente emprega-se o viscosímetro Gardner que consiste num conjunto de tubos de medidas padrões, contendo líquidos com viscosidades certas, classificadas de A-5 até Z-10. A medida de viscosidade consiste em encher o tubo de medida padrão com o líquido em teste, igualar a temperatura com os demais tubos com líquidos padrões e verificar qual dos tubos com líquido padrão tem viscosidade de deslocamento da bolha de ar igual a da amostra de teste.

2.7.9. Poder de cobertura

Consiste em se verificar a capacidade do pigmento em ocultar o substrato ou tintas de fundo, aplicadas anteriormente. O poder de cobertura depende da qualidade do pigmento e de seu teor na tinta e grau de dispersão, e é fator preponderante na determinação da espessura da película para recobrir o substrato ou demãos anteriores. O poder de cobertura é especialmente importante nas tintas de acabamento

2.7.10. Resistência à névoa salina

Consiste na exposição de plaquetas pintadas em uma câmara de névoa salina ou salt spray.

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

2.7.11 Brilho

O brilho da tinta é medido pela quantidade de luz refletida na película, captada por uma célula fotoelétrica que a transmite a um galvanômetro graduado de zero a 100. O aparelho mais comum para essa medição é o glossmeter com ângulo de inclinação da luz

incidente de 60°, adotado para todos os tipos de brilho. Consiste na determinação do grau de reflexão da superfície pintada em relação a padrões.

2.8. CUIDADOS NA APLICAÇÃO

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

2.8.1. Capacitação do pessoal de aplicação

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

2.8.2. Condições ambientais

A aplicação das tintas em condições ambientais adversas pode introduzir vários tipos de defeitos nas películas de tintas.

Em termos gerais, as condições meteorológicas que influenciam as propriedades das tintas são a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, as chuvas e os ventos.

A água quando evapora, fica no ar na forma de vapor. Esta água presente no ar atmosférico é chamada de umidade relativa do ar (URA). Quanto mais umidade houver no ar e quanto mais baixa for a temperatura da superfície, maior será a condensação.

Quando o diluente evapora do filme de tinta aplicado, a temperatura do substrato abaixa tornando possível que a umidade do ar se condense prejudicando o desempenho da tinta.

2.8.3. Mistura, homogeneização e diluição das tintas

A homogeneização da tinta é muito importante para que todos os seus componentes fiquem uniformes e em condições de uso. Deve ser feita em seu recipiente original, admitindo-se que parte pode ser retirada temporariamente para facilitar a homogeneização.

A sedimentação ocorre devido a tintas serem constituídas de compostos em suspensão (Pigmentos) e que pela força da gravidade se sedimentam formando uma pasta no fundo das embalagens.

Não devem ser usadas tintas cujo tempo de estocagem (shelf life) tenha sido ultrapassado. O tempo de estocagem varia para cada tipo de tinta. O tempo de estocagem deve ser informado pelo fabricante da tinta. A depender das condições de armazenamento, uma tinta pode ter seu tempo de estocagem vencido sem que, entretanto, tenha se degradado.

A realização de alguns testes de laboratório é a forma ideal de analisar se a tinta está em condições de uso ou não, particularmente a viscosidade e os tempos de secagem. Inspeções visuais de campo também podem indicar a degradação ou não da tinta.

2.8.4. Métodos de aplicação

Diversos métodos são utilizados industrialmente para a aplicação de tintas e novos métodos estão sendo constantemente desenvolvidos. Apesar dos mais recentes oferecerem inúmeras vantagens, a verdade é que grande parte das tintas, mesmo nos países industrialmente mais adiantados, continua sendo aplicada a pincel ou a revólver operados manualmente.

Aplicação a pincel e rolo manual

A aplicação a pincel é um método relativamente lento e, portanto não são usualmente empregados em linhas de produção. Quando as velocidades de trabalho são altas, o custo da aplicação é inaceitável. Entretanto, esse método apresenta suas vantagens, quando se quer disso, como ele não envolve equipamentos pesados, linhas de ar comprimido ou cabos elétricos, geralmente é o único método possível de usar grandes estruturas como pontes, torres metálicas, estruturas metálicas nas indústrias etc.

A prática é um fator importante a influir na qualidade dos acabamentos produzidos a pincel. Operadores especializados, usando tintas formuladas corretamente, podem produzir excelentes resultados.

Como o processo é bastante lento, é essencial que a película não endureça antes que a operação esteja completa, isto é, a tinta permanecer úmida o tempo suficiente para permitir a ligação de áreas separadas sem deixar marcas (manchas que evidenciem a descontinuidade ou interrupção de operação de aplicação).

Nos casos mais comuns, utilizam-se solventes que possuem um ponto de ebulição no intervalo de 150-200°C e, para grandes áreas, podem-se adicionar solventes de ponto de ebulição elevados (o que retarda a secagem). Para que uma tinta possa ser considerada boa para ser aplicada a pincel, ela deve obedecer aos seguintes critérios

:

- a) Espalhar-se com pequeno esforço (não deve ser excessivamente viscosa ou “espessa”);
- b) Deve permanecer fluída o tempo suficiente para que as marcas do pincel desapareçam e a tinta não escorra (superfícies verticais).

Em geral, essas propriedades podem ser obtidas variando-se o tipo e a proporção de

pigmentos e cargas usados. As denominadas tintas tixotrópicas, como já vimos, podem atender a esses requisitos.

Nebulização a ar comprimido

Esta é a forma comum de nebulizar e consiste em introduzir a tinta num fluxo rápido de ar por meio de um sistema de orifícios adequados, subdividindo-se em minúsculas gotas.

Este processo é efetivo apenas com tintas de baixa viscosidade, as quais tendem a formar películas que escorrem em superfícies verticais. Pode-se evitar esse defeito adicionando-se “solventes rápidos” (alta velocidade de evaporação), tais como o tolueno ou a acetona. Há uma perda acentuada desses solventes durante a nebulização, mas isso ocasiona um acréscimo simultâneo na viscosidade da tinta, podendo-se aplicar películas relativamente finas sem escorrimento.

Entretanto, essas películas finas e de alta velocidade podem ser insuficientemente fluídas para permitir o escape de ar antes que sequem. A liberação posterior do ar (já quando a viscosidade está alta) ocasionará a formação de crateras na película, que pode ser evitada abaixando-se a viscosidade inicial.

A regra geral é utilizar “solventes rápidos” e baixa viscosidade na nebulização. A viscosidade da tinta a ser nebulizada é de extrema importância para a obtenção de resultados ótimos e sua determinação deve ser efetuada através de tentativas para cada caso particular.

O uso de “solventes rápidos” tende a dar irregularidade à película conhecida com o nome de “casca de laranja”.

Algumas tintas apresentam dificuldades específicas. Exemplificando, resinas que tendem a gelificar em solução (lacas acrílicas) oferecem resistência à nebulização e emergem do revólver na forma de fios (polimerização prematura, que aumenta o tamanho das moléculas). Apesar de a mistura de solventes ter grande influência, geralmente é necessário operar com viscosidades relativamente baixas para controlar esse efeito.

A diminuição de pressão e simultânea vaporização do solvente que ocorre durante a nebulização ocasiona uma queda na temperatura. Quando a umidade relativa é alta, pode ocorrer uma condensação de água na película, que a torna “esbranquiçada e fosca”. Por este motivo, muitos pintores abstêm-se de pintas em dias de chuva com grau higrométrico alto.

Esse é um problema comum que ocorre quando se utilizam lacas a base de nitrocelulose de qualidade inferior ou uma mistura de solventes mal formuladas. Em alguns países, mesmo as lacas de boa qualidade não podem ser aplicadas por nebulização em certas estações do ano.

Para trabalhos em larga escala, o pequeno recipiente de tinta ligado ao revólver pode ser substituído por grandes recipientes pressurizados que o alimentam através de mangueiras.

Quando um número elevado de artigos de forma relativamente simples devem ser pintados, é possível prescindir-se do operador. Podem-se empregar revólveres estacionários devidamente localizados ou dirigidos mecanicamente. Em muitos casos, o objeto a ser nebulizado também se move, a fim de que os movimentos relativos substituam o movimento do revólver operado manualmente.

Existem equipamentos que aquecem a tinta aténs de pulverizá-la, ocasionando com isso um aumento na espessura da película. Esse processo foi desenvolvido para as lacas à base de nitrocelulose, mas também é usado para outros tipos de tintas.

Outro equipamento utilizado é o revólver de bocal duplo. Emprega-se com um determinado tipo de tinta conhecida com o nome de “tinta de dupla embalagem” (bi componente). Essas tintas envolvem uma reação química entre dois materiais, normalmente uma resina e um agente de cura ou endurecedor. Devido ao fato de tais reações ocorrerem à temperatura ambiente, os dois materiais devem ser embalados separadamente.

O revólver trabalha em conexão com bombas medidoras que controlam a relação entre os dois componentes. Um sistema especial assegura que a mistura se processe no cone resultante da nebulização, isto é, depois que os materiais deixem o revólver. Dessa maneira, o aparelho é protegido contra entupimentos devidos à gelificação da tinta no seu interior.

A nebulização a ar comprimido é bastante rápida em relação em relação à aplicação por pincel. Podem-se obter acabamentos de alta qualidade sem necessidade de muita prática, desde que as tintas sejam bem formuladas. O equipamento é relativamente barato e os custos de aplicação, razoavelmente baixos. Uma desvantagem desse processo é que grande parte da tinta não chega a atingir a peça que está sendo pintada.

De fato, para peças pequenas, podem-se perder até 50% da tinta. Além disso, as condições de higiene e segurança do trabalho e o problema de deposição de tinta pulverizada sobre películas parcialmente secas exigem uma boa ventilação. Em uma indústria, isso pode envolver fluxos de ar da ordem de milhares de metros cúbicos por minuto, o queque significa considerável consumo de energia.

Os outros métodos de nebulização, sob esse aspecto, são muito melhores.

Técnicas de pintura com pistola

Técnicas para se obter, uma boa aplicação a pistola A utilização correta da pistola resulta em um bom acabamento. Para tanto, é necessário observar algumas recomendações.

- A operação de acabamento é efetuada com passadas longas e uniformes. O braço deve ser rígido; todas as articulações - punho, cotovelo, ombro e cintura devem ser móveis, de modo que a pistola permaneça perpendicular e mantenha sempre a mesma distância da peça durante as passadas, independente do formato da superfície que está recebendo a aplicação. Isso possibilita uma mesma espessura

na camada da superfície acabada. A distância varia de 15 a 30 cm, conforme a pressão do ar, tipo de produto, equipamento a ser utilizado e formato da peça. Varia também de aplicador para aplicador (**Figuras 3, 4, 5**).

- Não utilizar produto com viscosidade muito baixa nem aproximar muito a pistola da peça, principalmente em superfícies verticais, a fim de evitar que o material escorra.
- Não aplicar o produto com a pistola a uma distância superior ao recomendado.
- Dessa forma evita-se que o material chegue já seco na superfície, dando a impressão de que ficou “empoeirado” pelo próprio produto (over spray)
- Deve-se cobrir 50% da passada anterior com a próxima passada da pistola para que seja obtida uma superfície regular e nivelada (**Figura 6**).
- Viscosidade alta no produto ou pressão do ar excessivamente alta tendem a resultar no efeito “casca de laranja” na superfície acabada. A pressão ideal varia de 30 a 40 lbf/pol² para pistola convencional.
- Do outro lado, operando a pistola perto demais da peça, vai colocar uma película mais grossa de tinta na peça, resultando em escorrimentos e poças, além de estreitar o padrão do leque.

Obs.: Com a crescente evolução das pistolas de aplicação que temos hoje em dia no mercado, algumas variáveis de pressão podem ocorrer. Portanto, aconselhamos consultar sempre os técnicos de produtos e equipamentos para definição da pressão, bico de pistola e características do produto mais apropriadas.

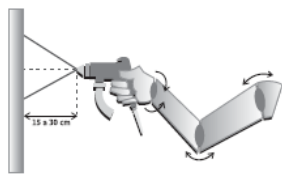


Figura 3

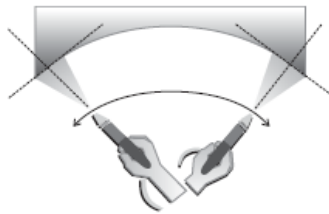


Figura 5

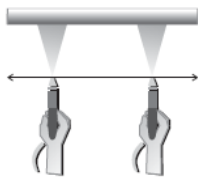


Figura 4

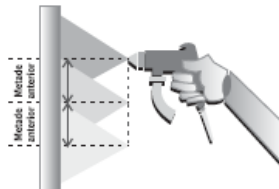
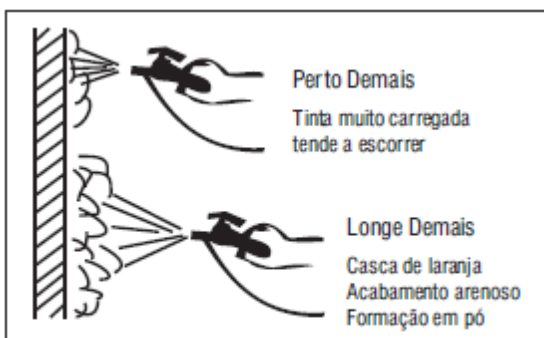


Figura 6



Nebulização sem ar

Neste processo, uma bomba de alta pressão força a tinta através de um local bastante estreito. Devido à sua alta velocidade, a coluna de tinta é subdividida em gotículas. As pressões de operação são da ordem de 130 Kg/cm².

Este processo fornece um cone pulverizado de abertura menor e, conseqüentemente, necessita de menos ventilação do que o processo de nebulização com ar, pois há menor desperdício de neblina.

Existem, como sempre, algumas desvantagens. A pequena perda de solvente durante a pulverização pode causar escorrimento; as partículas sólidas que compõem a tinta podem bloquear os bocais e, no caso de tintas abrasivas, estes podem sofrer sérios desgastes.

De uma maneira geral, pode-se dizer que a nebulização sem ar apresenta vantagens quando se quer pintar superfícies de formas razoavelmente simples e extensas em espaços confinados.

A mistura de solventes usada é similar à empregada no processo convencional de nebulização.

Nebulização eletrostática

O princípio deste processo é que a tinta é expelida pela borda afilada de um copo ou disco rotativo. Esse copo ou disco é ligado a uma fonte de alta tensão (10.000 – 1.000.000 volts), resultando uma névoa de partículas de tinta eletricamente carregadas, que serão atraídas pelas peças ou artigos a serem pintados ligados à terra.

No caso de linhas de produção, a unidade de nebulização é alimentada com uma sucessão de peças ou artigos, com a vantagem de não ser necessário que eles sejam uniformes em tamanho ou forma. Basta que se alimente com uma área constante por unidade de tempo, pois praticamente não há desperdício de tinta.

Dentro de certos limites, a tinta se espalha (por si só) uniformemente sobre as peças devido à mútua repulsão das partículas carregadas e a forte atração eletrostática entre a peça e as gotículas. Assim, as gotículas chegam a desviar-se de duas trajetórias pela interação dos campos elétricos e, em alguns casos, há um efeito de envolvimento e o lado oposto do artigo também é pintado. Existem como são naturais, algumas limitações ao processo.

As superfícies côncavas recebem coberturas extremamente finas devido ao efeito de blindagem eletrostática.

Os artigos a serem pintados devem ser razoavelmente condutores de eletricidade. Na prática, podem-se pintar superfícies de madeira utilizando-se altas voltagens, desde que se controle o seu teor de umidade. Tintas de baixa condutividade não se nebulizam adequadamente. Isso pode ser corrigido pela adição de solventes polares como o 2-nitropropano e o álcool butílico normal.

As tintas com condutividade muito elevada podem também causar problemas. Estas incluem as que contêm metálicos e que usam água como diluente. Normalmente, a resistência elétrica da tinta deve girar em torno de 10.000 ohms/cm³.

A qualidade do acabamento com este processo é bastante elevada, principalmente devido ao fato de não se ter o efeito de resfriamento que acompanha o processo com ar comprimido, que pode condensar umidade, e também por causa da repulsão mútua das partículas de tinta. As misturas de solventes são geralmente formuladas para evaporar mais lentamente do que as empregadas no processo de nebulização convencional, pois a

tinta nebulizada permanece no ar por um período de tempo um pouco maior.



Figura 8 - Pintura eletrostática.

Imersão

A ideia básica deste processo é mergulhar o artigo na tinta, retirá-lo e esperar que o excesso de tinta escoe dele. As vantagens apresentadas pelo processo são a simplicidade e a facilidade de automatização.

Existe um número razoável de dificuldades. Certos movimentos das peças durante a imersão podem causar bolhas na película final; as películas podem tornar-se finas na parte superior das peças e espessas na parte inferior; pontos de drenagem (onde a tinta larga a peça durante o escoamento do excesso) podem apresentar gotas; pequenos orifícios na peça podem ser cobertos pela tinta.

A maior parte dessas dificuldades pode ser minimizada por ajustes na viscosidade da tinta, na volatilidade dos solventes e na direção e velocidade de entrada e saída dos artigos e peças dos tanques de imersão. Um exemplo particular deste último fator é um processo utilizado por alguns fabricantes de automóvel. O corpo do automóvel gira continuamente, durante a imersão e a secagem. As gotas são assim eliminadas quase que completamente. O problema maior que surge quando se trabalha com artigos de grandes dimensões é o tamanho dos tanques de imersão. Em certos casos, eles devem ter capacidade para conter milhares de litros de tinta. O risco de incêndio é grande, o que torna necessária a instalação de sistemas automáticos de extinção. Pode-se perceber que o capital empatado é elevado.

A maior causa do interesse no desenvolvimento de tintas à base de água tem sido o risco de incêndio em tanques de imersão. A vantagem específica do processo de imersão é que com eles se podem recobrir superfícies internas de concavidades que seriam impossíveis de tratar com quase todos os outros métodos de aplicação. Isso explica o seu largo emprego na indústria automobilística. Apesar das várias técnicas existentes, raramente é possível alcançarem-se altas qualidades de acabamento por imersão. Entretanto, para artigos que não exigem tais acabamentos, ou onde uma operação subsequente de polimento se faz necessária, este processo é dos mais econômicos.

Os solventes utilizados são normalmente de evaporação lenta, com pontos de ebulição aproximadamente entre 200 e 250°C, devido à grande área superficial exposta. A volatilidade, entretanto, deve ser balanceada contra a tendência da tinta a assentar e fixar-

se muito vagarosamente sobre as peças após a imersão. O processo impõe algumas limitações ao tipo de tinta a ser empregado. Tintas que apresentam alguma forma de instabilidade tal como gelificação, separação de cor ou sedimentação do pigmento no tanque não são aconselháveis. A sedimentação do pigmento ainda pode ser controlada por bombas circulatórias. Tintas sensíveis às variações de espessura da película também não são indicadas. Exemplificando, existem tintas à óleo que tendem a formar ondulações onde a película aplicada se torna mais espessas.



Figura 9 – pintura por imersão.

Aplicação por jorro

Este processo é bastante relacionado ao de imersão, mas elimina o grande tanque de tinta. Esta é bombeada de um reservatório relativamente pequeno para uma série de canos perfurados, dispostos de tal maneira a “lavar” uniformemente os artigos presos com articulações a um transportador (é importante observar que não há nebulização, mas jorros de veias fluídas). O excesso de tinta é coletado e recirculado.

Os artigos pintados passam por uma zona onde a concentração de vapores do solvente é cuidadosamente controlada a fim de fornecer uma adequada velocidade de assentamento da película.

Finalmente, os artigos são submetidos a uma secagem geralmente em estufas. A aplicação por jorro envolve a maior parte dos problemas associados ao processo de imersão e novamente acabamentos de alta qualidade não são possíveis. Alega-se que o processo é mais facilmente adaptável à pintura de peças com formas complexas do que o de imersão. Por outro lado, ele não pode ser adaptado para artigos de formas diferentes, pois a disposição dos canos perfurados que dá a direção dos jorros é crítica e deve ser determinada por tentativas para cada artigo.

As limitações no tipo de tinta empregada são, de maneira geral, as mesmas vistas no processo de imersão; os solventes são também de alto ponto de ebulição, pois a superfície de tinta exposta é elevada.

Aplicação por rolos

Este processo está intimamente ligado ao de impressão. Muitos artigos são pintados por rolos a fim de receberem uma cor de fundo e em seguida receberem a

impressão de matéria publicitária, instruções para uso, etc.
A espessura da película é controlada pela viscosidade da tinta e pelo ajuste das folgas entre os rolos.

O processo pode ser automatizado, o que baixa os custos de aplicação, mas só pode ser utilizado para placas planas. Ao contrário dos processos de imersão e jorro, ele pode fornecer acabamentos de alta qualidade. Este método encontra um grande campo de aplicação no recobrimento de folha-de-flandres que se destinam à fabricação de embalagens como, por exemplo, as de produtos alimentícios.

As operações de formação que se seguem à aplicação do revestimento impõem altos padrões de flexibilidade e adesividade às tintas ou vernizes utilizados. Note-se que o processo é “pintar e fabricar”, ao contrário do processo clássico de “fabricar e pintar”.

As películas aplicadas por rolos normalmente apresentam marcas que se assemelham às deixadas por pincel, as quais devem desaparecer antes que a película enrijeça. Devido a este fato e também as áreas de tinta expostas, os solventes empregados são de alto ponto de ebulição. Uma secagem final em estufa se faz necessária para atender à velocidade do processo e fornecer películas com as propriedades requeridas.



Figura 10 - linha de pintura U.V.

Aplicação por “cortina”

O processo foi desenvolvido quase que exclusivamente para a aplicação de tintas à base de poliésteres insaturados. Existem duas dificuldades especiais associadas à aplicação desse tipo de tinta.

- a) São sistemas de “dupla embalagem”, que devem ser utilizados dentre aproximadamente 10 minutos após a mistura. Portanto, métodos como os de imersão e rolos tornam-se impossíveis de serem utilizados, pois o material se endureceria nos tanques e nos rolos.
- b) Apresentam-se sem solventes e são aplicados em películas espessas da ordem de 250 μ .

Em certas formulações, eles contêm estireno, que age como solvente durante o estágio de

aplicação, mas a proporção utilizada é baixa (aproximadamente 30%) e sua evaporação é relativamente lenta (ponto de ebulição cerca de 170°C).

2.8.5. Ambiente de acabamento

Neste tópico trataremos da área de acabamento - cabine de pintura e área de secagem. Em uma indústria de móveis é fundamental que a área de abamento seja estruturada de forma adequada. O ideal é que esta área fique em local distante da produção de forma a evitar a contaminação com pó, ou que, pelo menos, esta área seja construída separadamente ou ainda isolada dos ambientes próximos por uma parede. Sua porta deve permanecer fechada, devendo ser aberta somente para introdução das peças e retirada das mesmas, após acabadas.

A seguir estão relacionados alguns detalhes importantes que devem ser observados na seção de pintura.

- Sistema adequado de iluminação, para permitir ao operador uma perfeita visibilidade.
- Bom sistema de ventilação e exaustão para evitar a saturação do ambiente por solventes que são liberados durante a aplicação e secagem dos produtos.
- Ambiente constantemente limpo, totalmente isento de pó.

Todas essas recomendações podem ser executadas mediante a instalação de uma cabine de pintura, sempre que possível com cortina d'água. Um sistema de extração de ar saturado e insuflação de ar externo também podem contribuir muito. A capacidade do sistema de insuflação deve ser de 5 a 10% superior ao de exaustão, aproximadamente. Isto possibilita uma pressão positiva, ou seja, a tendência será sempre expulsar a poeira do ambiente de pintura ao invés de trazê-la para dentro.

Também é preciso estar atento à colocação de um sistema de filtros nas entradas de ar para dentro da cabine, a fim de evitar a entrada, além do ar, de partículas de poeira e outros contaminantes.

2.8.6. Área de secagem

Assim como na área de acabamento, são precisos alguns cuidados na área de secagem, conforme descrito a seguir.

- Ambiente totalmente isolado da área de aplicação para que não haja contato com a "poeira" de verniz formado pela pulverização durante a aplicação de produtos, caso contrário o resultado será uma superfície "sem toque" (áspera) e com perda de brilho. O ambiente também deve ser isolado das outras áreas da fábrica (produção, usinagem, lixamento etc.).

- Temperatura superior a 20° C, para facilitar o processo de evaporação dos solventes, a reação química e, conseqüentemente, a secagem. Entretanto, temperaturas excessivamente altas aceleram muito a secagem, ocasionando problemas irreversíveis no acabamento, sendo necessário lixamento e nova aplicação de produto.
- Distância mínima de 10 cm entre uma peça e outra, quando colocadas na horizontal para secagem, a fim de facilitar o deslocamento do ar para a retirada dos solventes ou água (principalmente em se tratando de tingimentos).

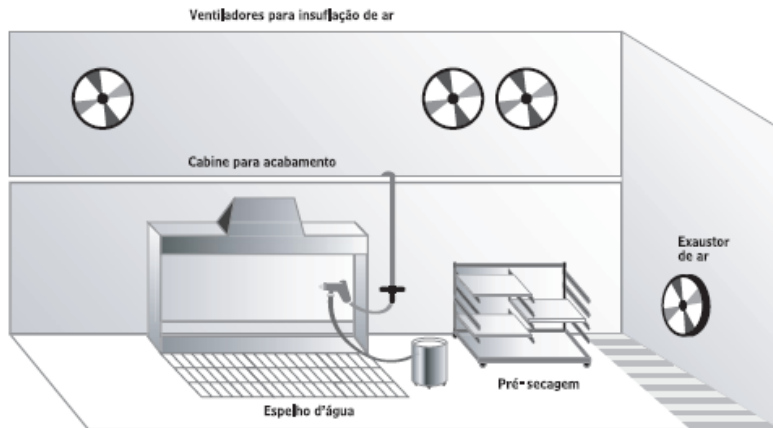
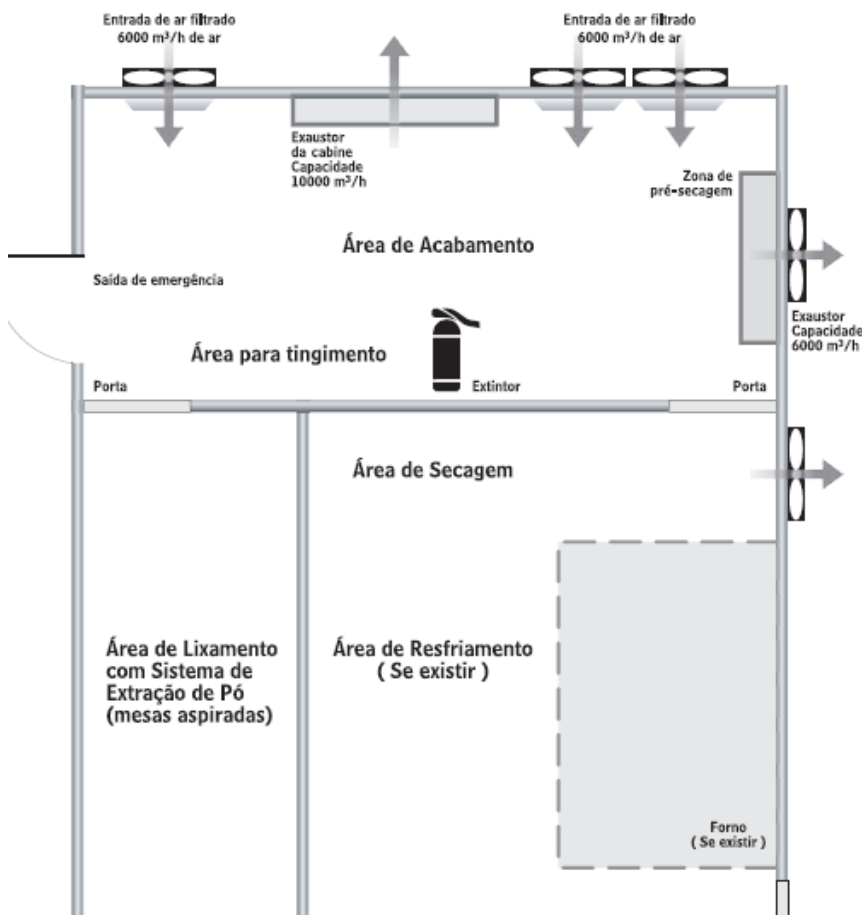


Figura 1



2.8.7. Principais defeitos.

Na tabela a baixo alguns defeitos mais comuns, apresentados em processos com aplicação por pistola.

Processos de pintura U.V.

Desplacamento (camada superior não adere a camada inferior),	Quantidade de fotoiniciador deficiente ou em excesso; Problemas nas lâmpadas U.V. Problemas na tinta;	Ajustar quantidade de fotoiniciador; Verificar emissão das lâmpadas; Verificar com fornecedor;
Fotografar (MDF fica com as fibras em relevo)	Qualidade do MDF. Pouca cobertura;	Aplicar material com melhor qualidade.
Rolos marcados	Peças com espessura maior do que a regulagem;	Verificar sempre que alterar a espessura das peças a calibração dos rolos;

Processos com pistolas.

Fervura	Alta espessura do filme Alta temperatura no ambiente; Pouco tempo de repintura; Corrente de ar durante a secagem;	Aplicar menos material (camada superior); Usar retardadores; Obedecer ao tempo de repintura; Evitar correntes de ar
Casca de laranja	Pressão alta da pistola; Grande distancia entre pistola e peça; Falta de diluição; Peça ou tinta com temperatura elevada; Ataque do MDF;	Aplicar na pressão 35 a 45 bar/pol ² Distancia recomendada de 20 cm Diluir na % recomendada; Utilizar retardadores Usar produtos recomendados
Trincamento (pé de galinha)	Excesso de camada por demão; Pouco tempo de repintura; Uso de diluentes, thiners ou retardadores incorretos;	Aplicar camadas menores por demão; Obedecer ao tempo derepintura; Usar os complementos recomendados

Falta de aderência ou deslocamento	Mau lixamento; Aplicar a segunda demão sem lixar; Excesso de umidade da madeira;	Não lixar com lixas gastas; Lixar com lixas 240, 280 e 320; Verificar a umidade da madeira;
Branqueamento ou névoa	Alta umidade do ar; Corrente de ar inadequado; Diluyente inadequado;	Usar retardadores; Usar complementos recomendados
cratera	Substrato contaminado com silicone, óleos etc; Contaminação na linha de ar comprimido;	Identificar contaminação;
empoeiramento	Pressão alta da pistola; Grande distancia entre pistola e peça; Falta de diluição	Aplicar na pressão 35 a 45 barl/pol ² ; Distancia recomendada de 20 cm; Diluir na % recomendada;

3. COLAS

As propriedades da madeira possuem um nítido efeito nas ligas adesivas e, geralmente, as madeiras de folhosas apresentam mais dificuldades do que as coníferas. As propriedades anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem de madeiras, a exemplo da variabilidade na densidade e porosidade que ocorre em: lenhos inicial e tardio, cerne e alburno, e lenho juvenil e adulto. Igualmente, destaca-se a influência da instabilidade dimensional do lenho de reação, assim como o da direção da grã, em que a penetrabilidade se relaciona com a direção de corte.

Considerando as propriedades anatômicas da madeira, a relevância está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para o interior da estrutura da madeira, ou seja, relativo à penetração.

Entre as diferenças existentes nas espécies está o padrão de crescimento de cada árvore. Durante a estação de crescimento, formam-se diferentes tipos e tamanhos de células, isto dependendo da demanda geneticamente conduzida, que sofre alterações ao longo do tempo. Então, são formados anéis de crescimento onde grandes células são formadas no lenho inicial, e células robustas no lenho tardio.

Algumas árvores apresentam um crescimento uniforme durante toda a estação de crescimento e, portanto, produzem anéis menos distintos. Uma característica a ser considerada em madeiras de folhosas é o perfil dos anéis de crescimento, que consiste em: porosidade em anel, difusa, e semi-difusa; transição abrupta ou gradual, entre lenho inicial e tardio de coníferas.

Todavia, mais importante que o perfil organizacional, é a proporção de lenho inicial e tardio. Em folhosas, o lenho formado por último, numa estação do ano, normalmente apresenta maior número de fibras do que no lenho formado inicialmente, e desta forma, uma maior quantidade de lenho tardio é formado, proporcionando um material lenhoso de maior densidade. Em madeiras de coníferas, onde o lenho é quase que totalmente formado por traqueoides (proporção de até 95%), as de lenho tardio possuem paredes celulares mais espessas, ocasionando uma maior densidade nesta parte do anel de crescimento.

A significativa diferença de porosidade entre lenho inicial e tardio, e a pequena proximidade entre estas duas zonas na superfície da madeira, são causadores de uma das maiores dificuldades a superar na formulação de adesivos. A otimização da movimentação do adesivo, numa face de semelhante variabilidade superficial, necessita muito da tolerância das características de mobilidade do adesivo. Em muitos casos, o adesivo não pode fazer tudo, mas deve ser auxiliado por algum fator operacional sob controle do usuário, tal como tempo de montagem. Esta estrutura diferenciada pode ocasionar problemas relativos à penetração de adesivos, à linha de cola “faminta” ou “espessa”, o que é contornável pela alteração na formulação do adesivo. Já a viscosidade, é dificultada em função da variabilidade, causada pelos diferentes planos de corte obtidos na obtenção dos elementos de madeira.

3.1. CERNE E ALBURNO

Outro grande fator de variabilidade entre diversos tipos de madeira, causador e muitos problemas de colagem está relacionado à idade e condições de crescimento das árvores. Com a idade, ocorrem mudanças químicas na madeira. Enquanto estes aparecem, primeiramente como mudanças físicas, eles também alteram a porosidade aparente da madeira, afetando a mobilidade de adesivos.

A formação do cerne, ainda sem uma explicação concisa, mostra que células da região do alburno, são lentamente preenchidas com materiais como óleos, raxas e substâncias fenólicas, decorrem provavelmente de processos metabólicos (bioquímicos) ainda remanescente nas células dos raios na região periférica compreendida entre o cerne e o alburno. Tais materiais alteram a cor da madeira, sua permeabilidade, sua higroscopicidade, seu equilíbrio no conteúdo de umidade, sua contração e inchamento, sua durabilidade, sua densidade (em algumas espécies). Além disso, outro fato de destacada importância é que, certas madeiras de folhosas, durante a formação do cerne, corre a oclusão de vasos por tiloses. A tilose provoca, então, o entupimento dos poros e, conseqüentemente, reduz de forma significativa a permeabilidade da madeira com relação aos fluídos.

A proporção de cerne e albarno é uma característica de cada espécie, idade, sítio, solo e clima, além de outros fatores. O cerne, em relação ao albarno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem e na absorção de produtos preservativos. De modo geral, a variabilidade entre cerne e albarno se relaciona com a densidade e a porosidade.

De forma aproximadamente semelhante aos seres humanos, as árvores possuem mais ou menos estágios distintos em seus ciclos de vida, o que equivale às fases da infância, idade adulta e senilidade. O lenho juvenil possui anéis de crescimento largos, mas a madeira produzida possui a tendência de possuir inferior qualidade, pois é mais fraca, possuindo contração e inchamento mais elevados ao longo da grã. É relativamente fácil para processar a colagem, devido a sua baixa densidade e estrutura porosa, porém a baixa resistência e instabilidade.

Por outro lado, árvores velhas tendem a um lento crescimento, com produção de estreitos anéis, além de apresentarem uma percentagem de cerne mais elevada, com quantidade de albarno mais reduzida. No processo de laminação, por sua vez, as toras com lenho juvenil geralmente não cortam bem. As espécies do gênero Pinus, em especial, possuem largas faixas de lenho inicial ou primaveril, e estreitas faixas de lenho tardio, o que provoca uma tendência para a ocorrência de trepidações na face dos tornos desenroladores, resultando num produto de superfícies ásperas, com variação na espessura e defeitos na secagem. Por conseguinte, grandes quantidades de cola tornam-se necessárias, elevando custos e a variação na espessura do painel produzido.

3.2. LENHO DE REAÇÃO

O lenho de reação, que compreende o lenho de compressão nas madeiras de coníferas, e o lenho de tração nas madeiras de folhosas, apresenta anormalidades em suas características. Esse tipo de lenho apresenta contração e inchamento em níveis altos ao longo da grã, além da anormal alta de densidade e baixa resistência.

A elevada instabilidade, de forma não comum, ao longo da grã, causa excessivos empenamentos e, se reprimidos, ocasionam fraturas transversais às fibras. Enquanto madeiras deste tipo, particularmente, não são de difícil colagem, sua instabilidade é uma fonte de tensões nos produtos colados e, portanto, produz efeitos adversos na sua estabilidade.

A madeira de compressão parece apresentar seus anéis compostos, na maior parte, de lenho tardio, com uma gradual transição para o lenho inicial, em vez da característica transição abrupta das coníferas. Este tipo de lenho pode ocasionar problemas na indústria de celulose, devido ao seu baixo teor de celulose, maior teor de lignina com maior complexidade estrutural. Além disso, se caracteriza por possuir densidade e contração longitudinal mais levadas, contudo, apresenta resistência mecânica reduzida em relação à madeira normal.

A madeira de tração, também possui anéis largos e superfície tangencial áspera, e tal aspereza não é eliminada por processos de lixamento. Além disso, este lenho se caracteriza, anatomicamente, pela falta de lignificação na parede celular e,

frequentemente, pela presença de uma camada gelatinosa no interior das fibras. Como consequência, destaca-se a elevada instabilidade dimensional, principalmente no sentido axial, baixa resistência à compressão e flexão, além das superfícies permanecerem ásperas, com dificuldades para a trabalhabilidade e colagem.

Entretanto, a resistência mecânica da madeira de tração pode ser mais elevada, equivalente, ou inferior, em comparação com a madeira normal, dependendo do tipo de carga efetuado. A madeira de tração também dificulta a colocação de pregos, e nos processos de serragem, as serras ficam comprimidas e superaquecidas, com as superfícies serradas longitudinalmente encrespadas e lanosas, de modo que um acabamento superficial adequado pode se tornar inviável.

De modo geral, o lenho de reação ocasiona as seguintes consequências para a qualidade e utilização da madeira: lenho de compressão; comportamento desigual; instabilidade dimensional elevada; madeira quebradiça; baixas qualidades de trabalhabilidade.

3.3. INFLUÊNCIA DA GRÃ

As lâminas de madeira, produzidas a partir de tornos desfolhadores, podem apresentar superfícies com o máximo de lenho tardio, em virtude da faca cortar ao longo do anel na zona do lenho tardio, ocasionando as duas superfícies da lâmina com lenho tardio em bandas largas. Todavia, o ângulo relativo a real direção das fibras da madeira é mais importante e possui forte influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. O movimento da umidade, a estabilidade dimensional, a resistência, e propriedades relativas ao acabamento de superfícies, são relacionadas diretamente com o ângulo da grã.

Os efeitos da grã na formação adesiva envolvem, principalmente, a porosidade, que ocorre em diferentes planos de corte. Grã cruzada ou superfície de topo, pelas suas demasiadas porosidades, provocam excessiva penetração, ocasionando a linha de cola "faminta", significando a não ocorrência da formação da linha de cola na liga adesiva. Em compensados, pode haver uma ultrapassagem de cola, atingindo até a outra face da lâmina, prejudicando a aparência do produto.

De outra forma, em madeiras de estrutura muito fechada e superfícies lisas, a penetração do adesivo estará comprometida, reduzindo a área de colagem, acarretando, portanto, um linha de cola fraca. Superfícies de topo não devem ser coladas diretamente, pelas seguintes razões:

- a) Por ser porosa demais, ocasiona excessiva penetração e a formação da linha de cola "faminta", o que significa que há dificuldades na formação da linha de cola da liga adesiva;
- b) Os elos de conexão do substrato são fortes demais em seus aspectos. Eles carregam altos esforços ao longo da grã de uma estrutura, e estes esforços são, normalmente, mais elevados do que uma ligação adesiva pode suportar.

Além disso, parte do esforço está na condição de tração, o que representa a direção mais fraca para as ligações adesivas. Quando a madeira deve ser colada em sua superfície de topo, são efetuadas configurações de juntas especiais a fim de atenuar o

efeito da porosidade, aumentar a área de ligação no sentido tangencial, e converter esforços de tração para cisalhamento, onde a resistência é maior.

Para a formação de ligações fortes, a madeira de grã ligeiramente inclinada se mostra mais adequada em relação à grã reta ou direita. Isso ocorre porque os adesivos de madeira possuem uma composição que combina com a porosidade, ou seja, eles não possuem mobilidade suficiente para penetrar através da parede celular. Para uma ligação forte, o adesivo deve alcançar a camada de madeira intacta abaixo da superfície, o que ocorre através da penetração pelo lúmen celular ou pontuação, ou fenda na parede celular.

Na madeira com grã diagonal não possui relação na formação da ligação adesiva, mas ocorrem comportamentos indesejáveis no produto colado. Este tipo de madeira, projeta um componente de instabilidade na direção que supostamente deveria ser estável, além de uma fraqueza na direção que supõe-se forte. Além disso, a madeira é fraca no sentido transversal. Portanto, a madeira apresenta alterações dimensionais difusas mais elevadas, em função das tensões irregulares, o que compromete a performance do produto colado.

3.4 POROSIDADE

A porosidade se relaciona com a densidade, que influenciam na penetração dos adesivos na madeira. A porosidade pode ser considerada como o inverso da densidade, do ponto de vista da liga adesiva, desde que esta se relacione com as aberturas da madeira relativas a passagem de líquidos ou gases. O termo, que para os anatomistas se refere a elementos de vaso, neste caso, está vinculado ao grau de fluxo de líquidos.

O inverso natural da porosidade é baseado no fato de que o tecido lenhoso, produzido principalmente para resistência, possui uma densidade mais elevada e, portanto, apresenta paredes celulares mais espessas, lúmens reduzidos, e pontuações reduzidas. Essas características tendem a limitar a mobilidade do adesivo na estrutura lenhosa. Quanto mais densa for a madeira, menos permeável será ao adesivo e, conseqüentemente, ocasiona uma ligação adesiva mais superficial e provavelmente mais fraca.

A permeabilidade da madeira é uma característica relevante, principalmente em relação à secagem, preservação e fabricação de polpa e papel. De modo geral, madeiras densas são mais difíceis de secar e impregnar com soluções preservativas, por possuírem volume de espaços vazios mais reduzidos.

A madeira densa é menos permeável, o que sugere composições diferentes de adesivos para madeiras densas, em relação às madeiras porosas, objetivando, em princípio, uma penetração ideal de adesivos em cada tipo de madeira. Todavia particularmente nas angiospermas, a presença ou não de substâncias obstrutoras, como gomo-resinas, tilos, etc., possuem uma importância significativa no grau de permeabilidade da madeira.

Pode-se observar que, um adesivo parece precisar de propriedades mutuamente exclusivas, a fim de funcionar em madeiras como, onde a porosidade e densidades máximas ocorrem dentro de um espaço milimétrico, em superfícies da mesma peça de madeira. Tais diferenças são responsáveis por muito da variabilidade na qualidade da ligação nestas espécies. Já que o usuário do adesivo, tem muito pouco controle sobre a variabilidade anatômica da madeira que está sendo colada, fica por conta do tecnólogo de adesivos a formulação de um composto adesivo intermediário, e ensinar a utilização correta a fim de otimizar os resultados nos dois extremos de porosidade. Isto pode envolver, em princípio, composições que incorporem frações de menor mobilidade junto com frações de máxima mobilidade.

Existem, ainda, outros fatores de natureza física, e alguns de natureza química, associados com diferenças de densidade e porosidade na madeira, que influenciam a formação da ligação adesiva. Estes fatores afetam ações de mobilidade mais delicadas de um adesivo. Outros estudos, que analisam diversos fatores de influência, procuram desenvolver adesivos e técnicas que permitam uma adesão satisfatória. Com o aprimoramento das características do adesivo, tende-se a chegar numa otimização, no sentido de conseguir combinações mais perfeitas possíveis com as particularidades da superfície da madeira a ser colada.

Com relação à colagem de superfícies de topo, estas não são indicadas devido as dificuldades encontradas, entretanto, estudos continuam a serem realizados à respeito. A colagem de peças de madeira em posição de topo, empregando a técnica de finger-joint, não é, na realidade, uma colagem de topo. Esta técnica, em particular, cria novas superfícies de colagem, a partir dos topos das peças de madeira a serem coladas, de forma que as posições destas novas superfícies criadas tornem-se próximas do eixo longitudinal da peça de madeira, proporcionando, por conseguinte, uma colagem muito forte.

Este método é empregado, inclusive no Brasil, na produção de vigas laminadas coladas, onde a matéria-prima utilizada são peças de madeira provenientes de sobras de serraria. Devido à alta porosidade encontrada, foi obtida uma retenção alta, ou seja, alta quantidade de adesivo curado na junta de colagem, a partir do uso de formulações adesivas RF na presença de paraformaldeído como endurecedor. Esta alta retenção proporcionou valores de resistência à flexão mais elevados, especialmente quando o conteúdo de sólidos foi elevado pela adição de resorcinol puro.

A partir do uso de fibras como meio carreador para adesivos RF, ocorreu adicional aumento na retenção adesiva na superfície de topo, mas, apresentou-se valores em resistência à flexão relativamente baixos. Isto foi devido a estrutura porosa na região limite de lenho inicial saturado de adesivo nas faces unidas. Os valores mais altos em resistência à flexão foram obtidos com adesivo RF com alto teor de sólidos, a partir da adição de resorcinol, e com a presença somente de paraformaldeído como endurecedor, aplicado diretamente nas superfícies a serem coladas, sem qualquer tipo de sistema carreador.

A variabilidade estrutural e anatômica existente na madeira afeta, de modo significativo, a performance de uma ligação adesiva. O desenvolvimento dos adesivos, a partir da evolução tecnológica, leva em conta, entre outros fatores, as diversas características relacionadas com a anatomia e estrutura das madeiras e, atualmente, procura-se atingir resultados mais satisfatórios nas diversas situações e condições de

colagem que ocorrem na indústria madeireira. O aprimoramento atual deve não só considerar a variabilidade entre as espécies e os planos de corte, mas também a que ocorre numa mesma superfície em uma mesma peça de madeira.

Fonte Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque - Mestre, Prof. Assistente, DPF – IF – UFRRJ

João Vicente Figueiredo Latorraca - Mestre, Prof. Assistente, DPF – IF – UFRRJ

3.5 TIPOS DE COLAS

As colas animais são muito utilizadas na montagem de capas e revestimentos, e ocasionalmente em linhas de acabamento de miolos não costurados. Consistem de um ou mais tipos de gelatina em solução aquosa, e possuem elevada liga (tack) para uma secagem inicial média. Tais colas são disponíveis em pedaços de gelatina ou em pó granulado. Visto que as colas animais são derivadas de materiais naturais, estão sujeitas a fatores sazonais e tendem a variar fonte de suprimento. Os usuários de colas animais devem ser especializados em obter o grau certo de diluição e tack. Muitas colas animais envelhecem e se tornam quebradiças em meio ambiente quente e seco, que são as condições em ambientes com aquecimento central e nos lugares de clima árido e semi árido.

Os amidos, derivados do milho, batata e mandioca, são geralmente usados para produzir pastas para encadernação manual, entretanto, alguns são utilizados na colagem de guardas, encartes e montagem manual de capas de couro. Os amidos podem ser modificados com dextrinas, o que aumenta seu conteúdo de sólidos e sua secagem inicial. Embora as dextrinas não sejam amplamente usadas na indústria de encadernação, ainda encontram uso na colagem de encartes e em rotulagem.

3.6 EMULSÕES

Um adesivo de emulsão consiste de uma dispersão de partículas sólidas em veículo aquoso, junto com aditivos, para desenvolver propriedades de formação de filme, que devem ser feitas sob medida para cada tipo de aplicação. PVA, EVA e outros adesivos têm uma base sintética, mas podem conter muitos outros produtos sintéticos ou naturais, adicionados para produzir uma formulação específica. Os adesivos de emulsão podem variar em pH (acidez ou alcalinidade), no conteúdo de sólidos e nas características físicas, como por exemplo: baixa-viscosidade e alto teor de sólidos ou alta viscosidade e baixo teor de sólidos, secagem inicial rápida ou completamente lenta, rígido ou flexível.

Na encadernação, os adesivos de emulsão são usados para colar guardas e encartes, na aplicação de base, na colagem de reforço, na montagem de capas, na colagem da lombada, na colagem lateral e na colagem da capa ao miolo. São amplamente utilizadas no acabamento de produtos não costurados como base para hotmelt especiais e em outras aplicações de um ou vários estágios. Algumas emulsões podem ser reativadas, outras são facilmente curadas por rádio-freqüência. Todas as emulsões secam por perda do veículo aquoso.

Os adesivos hotmelt são materiais termoplásticos, 100% sólidos, que fluem sob aquecimento; o filme final é obtido quando a sua temperatura é reduzida à temperatura ambiente, ou seja, quando o material começa a colar. O hotmelt consiste de polímeros, resinas formadoras de tack e graxas. Apresentam diferentes características, desde um tack muito elevado para uma secagem inicial rápida, a ponto de não necessitar limpeza completa do coleiro após a conclusão do trabalho.

Os adesivos hotmelt são usados principalmente em colagens de um estágio de livros de bolso e revistas, em multi-estágio na produção de catálogos e acabamento burst. Combinado com material de reforço, pode ser usado em livros de lombada arredondada e prensada. Adesivos hotmelt modernos podem ser empregados numa ampla gama de suportes e, se formulado corretamente, apresentar vida útil elevada.

3.7 ADESIVOS VINÍLICOS APRESENTAM SOLUÇÕES PARA MADEIRA

A atual revolução tecnológica alcança o setor moveleiro e madeireiro de forma muito particular, produzindo extrema diversificação das opções no uso de adesivos. Abrem-se múltiplas possibilidades de eficácia e produtividade que, somadas ao crescente número de usos específicos, exigem conhecimento altamente especializado para a escolha dos produtos e processos mais adequados às operações de colagem. Além disso, também a própria diversificação de focos produtivos e comerciais da indústria faz com que cada empresa tenha características únicas, que demandam soluções também específicas. Para encontrá-las, além do conhecimento técnico-científico, pesa a visão empresarial e comercial. O grau de refinamento tecnológico e a consequente necessidade de conhecimento especializado para a escolha de produtos e processos de colagem evidenciam-se por meio do exemplo que segue, em que se examinam a diversidade de classificação dos adesivos vinílicos para madeira.

Os adesivos vinílicos são produtos sintéticos, produzidos a partir da polimerização do acetato de vinílica disperso em água. São comumente chamados de “colas brancas” ou “adesivos PVA”. Na colagem de madeiras são utilizados para toda e qualquer operação de colagem e, dentre essas operações, as principais são colagem de painéis sarrafeados, finger-joint, laminação e montagem. A fixação dos substratos de madeira ocorre, principalmente, de forma mecânica obedecendo à seguinte sequência de fenômenos físico-químicos:

- Umectação das superfícies onde o adesivo é aplicado;
- Penetração adequada nos substratos;
- Secagem (perda de água);
- Cura;

Para que o resultado final da colagem seja eficiente, resistente, o adesivo deve ter a capacidade de transferir tensões de um substrato para o outro sem, contudo, perder sua coesão, sua resistência. Segundo as normas técnicas internacionais, a resistência (durabilidade) dos adesivos para madeira é classificada de acordo com sua resistência a umidade e/ou água.

- Colagens para “interior” são classificadas de acordo com sua resistência à umidade.

- Colagens para “exterior” são classificadas de acordo com sua resistência a ciclos de água fria e/ou quente.

Em ambos os casos, após as exposições a umidade e/ou água, a colagem deve ainda ter a capacidade de apresentar desfibramento após ser exposta a uma força externa qualquer. Existem hoje no mundo várias normas que regulamentam a resistência dos adesivos para madeira, porém a norma adotada no Brasil, pelo menos a mais citada, é DIN EN-204, que classifica os adesivos em quatro grupos de durabilidade: D1; D2; D3 e D4.

A colagem da madeira envolve três elementos importantes: adesivo, adesão e aderência. Adesivo é um termo genérico que designa cola, pasta, goma, imento, que denomina uma categoria de produtos cuja finalidade é juntar dois materiais. Um adesivo é toda substância com propriedades de aderir algo fortemente a um substrato igual ou diferente, formando uma ligação superficial forte e duradoura. Essa propriedade de aderir se desenvolve dentro de condições específicas, tais como calor, pressão, tempo. Aderentes são os materiais sólidos capazes de se ligarem através dos adesivos.

Adesão é o fenômeno mais importante do processo da colagem. Pode ser entendido como a interação entre duas superfícies, causada por um forte campo de “forças atrativas” provenientes dos constituintes de cada superfície. Quando não é possível separar duas peças de madeira coladas, é porque há uma adesão adequada.

Aderência é a resistência oferecida quando se pretende separar dois materiais colados. Pode ser medida através de testes de laboratório.

Uma gota de adesivo assume formato diferente para cada material em que é aplicado. Isso ocorre devido ao modo como o volume da gota de adesivo se acomoda. Esse formato depende apenas da afinidade entre o adesivo e a superfície do material em que ele foi depositado. Um exemplo são as gotas de água que sobre uma superfície de vidro não se espalham. O mesmo ocorre com as gotas de adesivo sobre uma madeira contaminada por óleo: também não se espalham.

Esses exemplos permitem entender que o formato das gotas dos líquidos é diferente para cada material. Na aplicação de um adesivo sobre a madeira, o ideal é o adesivo romper a forma de gota, para que ele se espalhe pela madeira e, dessa forma, molhar a madeira, o que tecnicamente se denomina umectação. Para uma perfeita umectação, a madeira deve estar com rugosidade adequada para que o adesivo possa ser espalhado uniformemente.

Os adesivos usados para a colagem da madeira são formulados a partir de um grupo químico denominado polímeros. Para exemplificar o vasto mundo dos polímeros, é só observar os equipamentos, vasilhas e sistemas usados na colagem da madeira.

Existe muito material plástico nesses exemplos. O termo polímero é muito confundido com plástico. O que precisa ser entendido é que a denominação “plástico” define um grupo de polímeros cujo comportamento é ser maleável e sofrer transformação mediante o calor, assumindo comportamento plástico e moldável. Alguns polímeros têm esse comportamento. Assim se explica por que certos adesivos sofrem alterações com o calor e outros, não.

Portanto, para entender os tipos de adesivos usados na colagem da madeira, é necessário antes entender que todos os adesivos sintéticos são derivados de polímeros.

Os adesivos de PVA são obtidos a partir do polímero acetato de vinila, comumente chamado de “cola branca”, porém existem outros adesivos que têm a cor com tom amarelado e também são à base de PVA. A cola branca é um produto químico e precisa de cuidados quanto ao uso e manuseio. O adesivo de PVA pode-se dizer que é universal na colagem da madeira, pois é utilizado para a colagem de painéis sarrafeados, emendas finger-joint, laminação e na montagem dos componentes dos móveis, tais como cavilhas, montantes, quadros, molduras.

3.8 ADESIVOS DE CONTATO

O adesivo de contato é também conhecido como cola de sapateiro. É um produto obtido através da borracha sintética, cuja base química é o cloropreno em mistura com solventes orgânicos, daí a razão do seu forte cheiro. No entanto, em razão das exigências ambientais, essa cola se apresenta formulada com solvente à base de água, sendo um adesivo ecológico e com desempenho semelhante aos formulados com solventes orgânicos.

A borracha natural não é usada para fabricação de adesivos, pois é insolúvel, altamente viscosa e demanda longo tempo de secagem, tornando o filme mole e pegajoso. A borracha natural teve todo o seu sucesso no período de 1900. No entanto surgiram muitos problemas quanto ao uso. As botas de borracha usadas na Primeira Guerra, por exemplo, apresentaram problemas por amolecem com o calor, sofrendo aderência entre as peças, e por tornarem-se duras e quebradiças com o frio.

Mais tarde surgiu a tecnologia da vulcanização, inserindo compostos químicos na estrutura química da borracha, e assim foi possível usar a borracha natural começando pelos pneus de bicicletas e, posteriormente, de automóveis.

O uso da borracha na formulação dos adesivos ocorreu a partir da tecnologia dos polímeros sintéticos derivados do petróleo e do gás natural.

Os adesivos de contato são de secagem longa, devido à reação com seus elementos, que formam ramificações e pequenas cadeias de moléculas. Essa reação é chamada de vulcanização. Isso explica o fato da longa secagem da cola de sapateiro, pois as condições de temperatura, tempo e pressão são indispensáveis para que a reação se complete.

Outra característica desse adesivo é que a colagem só ocorre quando se coloca em contato adesivo com adesivo. Após aplicação do adesivo, deve-se aguardar um certo tempo para que ocorra a evaporação do solvente, pois a união entre as peças só vai acontecer quando o adesivo não mais resistir ao tato. Essa é uma das suas vantagens, pois a adesão só ocorre quando as peças entram em contato entre si, daí o nome adesivo de contato.

3.9 ADESIVOS À BASE DE ÁGUA

São sistemas formados pela borracha sintética e por elementos que os ativam: o catalisador (ativador) e a parte líquida, que contém uma proporção de água. O processo químico da formação do filme ocorre através da aproximação das partículas, enquanto que a água é evaporada. Apresentam como vantagem aderência quase imediata, pois a água residual se distribui através da porosidade do substrato.

Outra vantagem é que nesse sistema não há necessidade de controle do tempo em aberto para a evaporação do solvente. Quanto ao sistema de aplicação, quando requer o ativador, há necessidade de pistola especial em que o ativador e a resina se misturam sobre o substrato e saem em sistemas separados. Outros sistemas são monocomponentes e não exigem aplicação especial.

Adesivos de contato à base de água são largamente usados na colagem de espumas, calçados, tecidos, entre outros substratos, e a principal vantagem é a boa aderência e resistência à água. Outra vantagem é que a cura ocorre à temperatura ambiente e não emite solventes inflamáveis como os à base de solventes.

3.10 HOTMELT



Os adesivos de hotmelt são sólidos, sem solvente, que, sob ação do calor, sofrem amolecimento, podendo então ser aplicados. A colagem ocorre com o resfriamento e solidificação do adesivo, sendo, portanto, uma colagem física. Essa capacidade do adesivo amolecer é devido à sua natureza química de ser termoplástico e, para tal, precisar ser fundido em um coleiro, equipamento indispensável para a sua aplicação.

Uma alta resistência de colagem. Isso porque sua base química contém poliuretano, no qual a colagem ocorre por um processo químico. Os principais setores de uso dos adesivos hotmelt são os de embalagens, gráfico, automotivo, calçadista, eletroeletrônico, rotulagem, moveleiro e de produtos descartáveis.

3.10.1. Adesivos hotmelt reativos (PUR)

Estes produtos são adesivos termossoldáveis, 100% sólidos, que polimerizam por ação da umidade. São produzidos a partir de uma gama de polímeros misturados em reator especial. Em presença de umidade, formam ligações cruzadas e se transformam numa pele que resiste ao reaquecimento; isto também fornece resistência a temperaturas

elevadas, refrigeração e a solventes, muito acima dos adesivos hotmelt comuns. A segunda geração de adesivos hotmelt reativos apresenta alto nível de tack que reduz a necessidade de estocagem intermediária ou sistemas especiais de transporte, podendo ser cortados ou serrados dentro de um minuto.

Adesivos hotmelt reativos são utilizados principalmente no acabamento de produtos não costurados ou com papéis difíceis, que normalmente requerem costura para se obter um produto adequado. Os testes de laboratório ainda não determinaram o tempo de vida útil destes produtos.

O mecanismo da adesão Uma superfície "opticamente plana" sempre parecerá de fato rugosa quando examinada num microscópio, ou seja, numa escala molecular. Portanto, duas superfícies nunca têm 100% de contato, e raramente terão mais do que 10% de área de contato entre si. Estas podem ser unidas por meio de dois processos básicos:

3.10.2. Adesão mecânica

Ocorre apenas com materiais absorventes; as moléculas dos polímeros no adesivo, entre as duas superfícies, interligam-os por penetração entre as suas trincas superficiais. De maneira similar, um monte de fibras é mantido unido puramente por forças mecânicas envolvidas no seu entrelaçamento. A adesão mecânica é o fator primário que concorre para a força de ligação na colagem de papel com papel e de tecido com borracha.

3.10.3. Adesão química ou específica:

Tendo discutido os diferentes métodos pelos quais os adesivos formam uma colagem final, vamos considerar sucintamente como os hotmelt e as emulsões trabalham.

No caso de uma emulsão, que consiste numa suspensão estabilizada de partículas discretas em água, as forças de estabilização estão razoavelmente fracas, de forma que quando o teor de sólidos alcança 65-70%, estas forças são superadas e as partículas da emulsão coalescem para formar um filme contínuo e resistente. Assim, uma emulsão dará um rasgo de fibra inicial enquanto uns 20-25% de água permanecem no filme. Desta forma, uma emulsão de PVA cola aproximadamente duas vezes mais rápido do que uma solução de dextrina de mesma viscosidade e teor de sólidos.

O hotmelt adere por resfriamento. Desde o instante em que um pouco de hotmelt é aplicado a uma grande superfície a ser colada, em temperatura ambiente, este resfria rapidamente e a partir daí pode arrancar fibras dentro de 1-5 segundos. Assim, os hotmelt são os coladores mais rápidos (por resfriamento), as emulsões vem a seguir (por coalescência da suspensão) e as mais lentas são as soluções (por penetração e perda do veículo).

3.10.4. Aplicação no setor moveleiro

- **Colagem de bordas retas:** é o tipo mais comum de colagem, pois ocorre em ângulo reto, sem perfis curvos. O adesivo é aplicado na borda do material a colar e não na fita de borda. Esse processo de colagem, quando automatizado, é altamente produtivo, ao contrário do processo com bordas perfiladas.
- **Colagem de bordas irregulares:** o adesivo deve ser aplicado na fita de [borda e não na lateral do painel. As bordas usadas são na maioria compostas de papel impregnado com resinas ou lâminas de madeira.
- **Colagem em laminados:** o laminado recobre totalmente o substrato e, nesse caso, o adesivo é sempre aplicado no laminado.
- **Montagens:** adesivos de hotmelt são usados em colagens em que é necessário unir substratos diferentes, tais como apliques, componentes de móveis e tecidos em estofados.
- **Colagem de laminados plásticos tipo PVC, PS e ABS:** esses materiais já vêm com um primmer especial aplicado na base para favorecer a colagem, porém deve ser usado adesivo específico para esses tipos de materiais.

3.10.5. Detalhes a observar

- **Tempo em aberto:** adesivos para montagem possuem tempo em aberto maior, enquanto em adesivos para equipamentos automáticos normalmente o tempo em aberto é curto.
- **Temperatura de aplicação:** é a temperatura necessária para o adesivo hotmelt passar do estado sólido para o estado pastoso. Deve ser consultado o boletim técnico do adesivo, pois a temperatura de aplicação varia conforme a composição do adesivo. No geral a faixa de temperatura está entre 100 a 200°C.
- **Temperatura do ambiente:** em temperatura ambiente muito baixa, o adesivo sofre solidificação muito rápida. Com isso ele perde parte de sua pegajosidade, podendo causar falhas na colagem.
- **Quantidade de adesivo aplicado:** a quantidade de adesivo varia conforme a composição do adesivo. Deve-se consultar o fabricante, pois alguns adesivos contêm elementos que auxiliam na formação da parte sólida, chamados de cargas. Esses elementos não são responsáveis pela colagem. Portanto:
 - em adesivos que contêm cargas, a gramatura de aplicação é maior;
 - em adesivos que não contêm cargas, a gramatura de aplicação é menor. No geral a gramatura fica numa faixa entre 150 a 250 g/m².
- **Teor de umidade da madeira:** madeiras com umidade acima de 12% apresentam problemas na colagem, pois o adesivo é aplicado em temperaturas acima de 100°C. Com umidade alta, esta tende a evaporar vinda a formar bolhas e descolamentos do laminado ou da borda colada.

- **Adesivos termorrígidos:** Os adesivos conhecidos por termorrígidos, ou também termofixos, são todos aqueles em que no processo de cura, seja por ação de calor ou por ação de catalisador, o adesivo adquire resistência à água, à umidade e ao calor.

3.11. ADESIVOS TERMORRÍGIDOS

Fenólico: conhecido popularmente por cola vermelha, devido à sua cor em tom avermelhado. É o adesivo usado na fabricação do compensado, na laminação e em colagens de produtos que precisam resistir à umidade, tais como barcos, estruturas de madeira, móveis de exterior, produtos esportivos, entre outros.

Uréico: conhecido popularmente pela marca “CascaMIT”, é muito usado na colagem de lâminas de madeira sobre MDF, aglomerado e OSB.

Melamínico: é o adesivo usado na fabricação dos laminados decorativos, conhecidos popularmente por fórmica, e também nos laminados conhecidos por BP, sigla derivada do processo de fabricação em que ocorre baixa pressão.

Resorcínico: Adesivo de elevado custo é usado na fabricação do compensado naval, colagem de silos, casas pré-fabricadas, carrocerias de caminhão e indústria aeronáutica. A característica principal desse grupo de adesivos é que podem sofrer processo de cura em temperatura ambiente para alguns tipos ou em faixas de temperatura de até 200°C. A condição do uso ou não da temperatura é uma característica própria de cada adesivo. Outra característica é que pode ser adicionada, em alguns casos, farinha de trigo, para melhorar as propriedades do adesivo. Durante a colagem dos adesivos termorrígidos ocorre a evaporação do solvente, além de ocorrer uma modificação química, formando um sistema tecnicamente chamado de reticulação. Nele as moléculas se ligam, formando ramificações, tramando-se umas às outras, tornando a colagem de alto desempenho, com boa resistência à temperatura e à umidade. São indicados para a colagem de móveis de exterior e para uso estrutural.

Além do PVA, outros adesivos, tintas e vernizes estão enquadrados no grupo dos termofixos.

Os adesivos termoplásticos sofrem modificações através do calor, assumindo uma natureza termoplástica, secam apenas pela evaporação do solvente, resultando uma colagem de baixa resistência térmica e baixa resistência a ambientes úmidos.

A parte química deste grupo de adesivos é explicada pelo tipo da cadeia química em que o adesivo, após aplicação e secagem, mantém a cadeia química linear. Esse comportamento explica o porquê de certos tipos de PVA não poderem ser usados em móveis de exterior ou para fins estruturais. Portanto não é a marca que diz se o adesivo é bom ou não: é preciso conhecer sua natureza química.

Além do PVA, outros adesivos, tintas e vernizes estão enquadrados no grupo dos termoplásticos. O uso dos adesivos PVA para colagens em produtos de interior e fora do

contato com a umidade ou em produtos que estão em contato com a umidade tanto em interior quanto em exterior, é definido conforme as normas européias EN 204 e 205.

São elas que classificam a resistência dos adesivos em quatro níveis. Essa classificação é realizada através de testes laboratoriais, seguindo uma metodologia, desde o uso da madeira indicada pela norma, condições da colagem, preparo das amostras para teste e condicionamentos específicos para cada nível testado, variando desde imersão em água por quatro dias até fervura durante seis horas.

Após esses condicionamentos, as amostras preparadas são submetidas à força de tração em máquina de teste, apresentando um valor médio da força de tração a ser atingido para cada um dos níveis.

A formação do filme adesivo ocorre na fase da eliminação do solvente, onde as partículas do PVA se unem para formar uma película adesiva homogênea e contínua. Porém, em certa temperatura, esse fenômeno não ocorre, pois a película adquire um aspecto esfarelento e esbranquiçado. Esse fenômeno é conhecido por formação de ponto branco. O ponto branco é comum acontecer em dias de muito frio, quando o adesivo é aplicado numa temperatura abaixo do seu limite recomendado.

A temperatura mínima para a formação do filme não é um padrão para todos os fabricantes dos adesivos, pois, durante a formulação do adesivo, são dicionados produtos especiais que controlam o desempenho da película.

Portanto um adesivo PVA que funciona bem no inverno rigoroso da Europa, tende a apresentar ponto branco, se aplicado no clima quente dos trópicos. Alguns fabricantes de PVA informam, nos seus boletins técnicos dos adesivos, faixas de aplicação mínima abaixo de 0°C, ou seja, temperatura negativa.

D1 / D2 / D3 / D4 – Qual o melhor adesivo? Esse é outro mito que existe na indústria moveleira/madeireira. É comum ouvirmos dizer que um adesivo D4 é melhor que o D3, que é melhor que o D2, que é melhor que o D1. A norma é bem clara quando diz, apenas, que um produto que atende à classe D4 possui uma resistência à umidade superior à resistência apresentada por um adesivo que atende somente à classe D3; que um adesivo que atende à classe D3 possui uma resistência à umidade superior ao adesivo que atende à classe D2, que possui uma resistência à água superior que à de um adesivo que atende à classe D1.

Nem a resistência térmica está diretamente ligada ao nível de resistência à umidade. Um adesivo pode ser considerado bom quando atende a todos os requisitos de colagem necessários para o processo. Nem sempre o adesivo D4 é o mais conveniente para determinada aplicação somente por ser D4.

Por exemplo, numa colagem pelo processo finger-joint, além de atender às necessidades de exposição à umidade que a moldura deverá ter, é importante verificarmos outras características, como, por exemplo, a velocidade inicial de pega ou sua maquinabilidade ou, até mesmo, suas características físicas.

3.12 CARACTERÍSTICAS DOS ADESIVOS

- **Viscosidade:** varia conforme o método de aplicação. Assim, com aplicação por spray, a viscosidade é mais baixa.
- **Teor de sólidos:** varia com menor teor de sólidos para aplicação em spray e maior, para aplicação com espátula ou pincel.
- **Tempo aberto:** varia conforme o tipo de adesivo, podendo ser de segundos a perto de uma hora, conforme a temperatura ambiente.
- **Resistência ao calor:** após completada a reação de cura, a colagem apresenta boa resistência ao calor.
- **Poder adesivo:** Ocorre o aumento da adesão com o tempo, sendo melhor após alguns dias. Na colagem de lâminas de madeira e laminados plásticos, devem ser tomados alguns cuidados.
- **Distribuição da cola:** quando distribuída irregularmente, pode ocorrer o aparecimento de bolhas embaixo das lâminas, pois, na parte com maior quantidade de cola, há muita liberação de solvente, empurrando a lâmina e restando um espaço vazio entre o substrato e a lâmina. Devido à baixa espessura da lâmina, há um desnível entre lâmina e madeira, e assim surge uma espécie de colchão de ar, onde não há contato entre os elementos a colar, podendo ocorrer o defeito das bolhas no momento da colagem ou até alguns dias após a colagem.
- **Umidade da madeira ou da lâmina:** as bolhas podem surgir em virtude da diferença de umidade entre o substrato e a lâmina. Geralmente devido à baixa espessura, as lâminas tendem a ganhar e perder umidade mais rapidamente, conforme o substrato e o ambiente em que se encontram. Devido à sua maior espessura, demoram mais para se equilibrarem com a umidade do ambiente, por isso a colagem de lâminas sempre requer cuidados. A matemática da transferência de umidade entre os substratos é: quem tem menor umidade recebe de quem tem maior umidade. O resultado é a formação de bolhas sempre na lâmina, pois é a que tem menor umidade.
- **Tempo em aberto:** problemas de aderência com adesivo de contato são decorrentes de um curto ou longo tempo em aberto. Em substratos com alta porosidade é possível aplicar até duas demãos de adesivo, pois, na primeira demão, o adesivo pode ser totalmente absorvido pela madeira.

Portanto como a colagem só ocorre quando entra em contato adesivo + adesivo, justifica-se a segunda demão. O tempo aberto ideal deve ser observado no boletim técnico da cola. Deve-se observar que as lâminas coladas, após algumas horas ou até mesmo alguns dias, podem descolar. Isso não caracteriza uma falha de colagem, pois, devido ao fato de a reação de cura completa da borracha sintética ser lenta, essa cura propriamente dita ocorre somente após alguns dias. Uma vez completada, o adesivo adquire alta resistência a solventes e à temperatura.

3.13. ESCOLHA DO ADESIVO

A escolha correta do adesivo se faz em função das variáveis e necessidades de processo, das exigências técnicas da colagem e das condições ambientais no local da colagem e destino final do produto colado. Os principais pontos/variáveis que devem ser levados em consideração na hora da escolha do adesivo são:

- Tipo de produto que se está fabricando;
- Painéis; Moldura / Finger-joint, etc. - Equipamento utilizado - Prensa fria / quente ou RF;
- Tipo de coleiro: - Rolo; - Bico injetor;
- Cortina. - Densidade da Madeira, etc.

Exigências técnicas de colagem:

- Resistência térmica exigida;
 - Resistência à umidade exigida;
 - Velocidade de pega a úmido.
- Condições ambientais:
- TMFF (temperatura mínima de formação de filme) ou temperatura mínima de trabalho; - Muito importante no momento do uso do adesivo;
 - Tg (temperatura de transição vítrea);
 - Muito importante quando do uso de produto colado em ambientes muito frios.

Enfim, o adesivo deve ser escolhido em função das variáveis acima. Nem sempre um bom adesivo para montagem de painéis em prensas de RF terá um desempenho satisfatório numa colagem de finger-joint. A escolha correta do adesivo deverá ser feita entre o usuário da cola e seu fabricante. Todas as variáveis envolvidas devem ser discutidas, resultando em consenso, para que não ocorra nenhum equívoco do fabricante na indicação do adesivo correto ou, pior ainda, problemas posteriores de colagem.

A colagem da madeira se faz de forma mecânica, isto é, o adesivo penetra em seus poros, perde umidade e seca, consolidando a colagem. Em alguns casos, dependendo do tipo de adesivo utilizado, ocorre mais uma etapa, que é chamada de cura.

Existem muitas dúvidas com relação a essas três variáveis: A “pega” é a capacidade que os adesivos vinílicos possuem de apresentar uma sensível coesão enquanto o adesivo ainda está úmido. Essa característica favorece operações onde o tempo de prensagem disponível é muito curto.

Essa característica é muito bem percebida nas operações de colagens em prensas quentes contínuas ou nos equipamentos mais modernos de finger-joint, onde o tempo de prensagem é mínimo, sendo, às vezes, inferior a 4 segundos.

A “secagem” é a etapa da colagem em que o adesivo perde sua umidade para o meio ambiente e para o substrato, concretizando, assim, a colagem. A velocidade de secagem está diretamente ligada às condições ambientais e à umidade da madeira e ao processo de prensagem utilizado. Nos adesivos convencionais é nessa etapa que a colagem se concretiza.

A “cura” é o termo utilizado para a reticulação que ocorre nos adesivos reativos (mono ou bicomponentes), e acontece após a etapa de secagem. É nessa etapa que os adesivos D3 e D4 consolidam suas capacidades máximas de resistência à umidade.

3.14. TEMPO DE CURA

Temos aqui outro mito. Ao contrário do que muitos imaginam, a cura dos adesivos vinílicos crosslinking (D3 ou D4) não se dá no momento de sua secagem, mas sim após algum tempo. Esse tempo pode variar entre algumas horas e alguns dias e depende do processo em que ocorreu a prensagem e das condições ambientais. A própria norma EN-204 estipula um tempo mínimo de 7 dias (à temperatura entre 21° e 25°C) entre o momento da colagem e o início dos testes, exatamente para que ocorra a cura do adesivo. O tempo de cura está diretamente relacionado à temperatura a que o adesivo é exposto durante sua secagem e após a operação de colagem.

Certamente em adesivos curados por RF, processo no qual há um grande aquecimento na linha de cola, a cura ocorre em um tempo muito menor que numa colagem de finger-joint, por exemplo, onde não há aquecimento da linha de cola em nenhum momento do processo. Tomando por base a própria norma EN-204, podemos afirmar que a cura completa do adesivo utilizado numa colagem a frio vai demorar, no mínimo, 7 dias numa temperatura de 22°C. Testes de laboratório mostram que após 24 horas a 20° C, praticamente não há diferença na resistência à água entre os adesivos D1, D2, D3 e D4.

Existe uma crença que os adesivos D-3 possuem resistência térmica superior à dos adesivos D2 ou D1. Trata-se, pois, de mais um mito que existe na indústria madeireira. Basta analisar a norma EN-204 e ver que em nenhum momento ela faz qualquer citação à resistência térmica. Não devemos nos prender ao fato de um adesivo ter que ser D3 ou D4 para ter resistência térmica.

Para se obter colagens de alto desempenho com os adesivos vinílicos, algumas regras devem ser obedecidas:

- Interpretar corretamente as normas internacionais, principalmente a EN-204;
- Quebrar alguns paradigmas, alguns mitos, persistentes no mercado;
- Utilizar o adesivo adequado para processos específicos;
- Informar e envolver o fabricante dos adesivos sobre o seu processo e necessidades técnicas. Somente ele poderá dizer qual é o produto mais adequado para a cada aplicação.

Manter pessoas capacitadas para cada operação, para cada processo. Não adianta nada ter o melhor equipamento, o melhor adesivo, o processo mais justo se a mão de obra não é capacitada.

3.15 COLA PVA



O adesivo de PVA é amplamente utilizado principalmente pelos profissionais marceneiros. No Brasil, em geral, os grandes consumos de adesivos PVA se concentram na indústria de móveis e reformas, na área escolar industrial e de artesanato. Os adesivos de PVA se caracterizam por sua excelente compatibilidade com a madeira. Também possui um odor característico de acetato de vinila, presente em produtos sem solventes orgânicos, ou seja, à base de água. A qualidade para uma boa colagem depende de vários fatores. Um deles é o tipo de madeira, que pode ser de maior ou menor densidade. Para se adequar a esses diversos tipos de madeira existem adesivos com diferentes viscosidades. Outro fator importante é o conteúdo de sólidos presente no adesivo. O tempo de secagem está diretamente ligado à quantidade de água no produto e à umidade ambiental. Como os produtos secam por meio da evaporação da água presente no adesivo, em ambientes mais úmidos o tempo de secagem é maior. Do ponto de vista de aplicação, os adesivos de PVA se dividem em uso profissional (madeiras e reparos), industrial, escolar e decoração. Cada um deles é caracterizado por certos tipos de aplicações. Uma escolha inadequada do adesivo pode causar atrasos no processo de fabricação em uma linha de produção.

3.15.1. Aspectos gerais de adesivos pva

Os adesivos PVA tem uma participação estimada acima de 20% nos segmentos madeireiro e moveleiro, sendo assim os segmentos que os adesivos vinílicos apresentam maior participação dentre todos os segmentos em que estes adesivos são usados.

Além dos segmentos madeireiro e moveleiro, adesivos PVA tem usos também na construção civil, papel e embalagem, transportes, calçados e couros, consumo e operações de montagem, têxtil, tintas (pois são componentes na fabricação de tintas), molduras decorativas.

Existe no mercado de PVA certa concorrência chamada desleal, devido a falta de informação e da guerra para baixar o custos da indústria que usa o PVA, que assim acaba utilizando um produto que pode ser inadequado para aquela finalidade, por causa da falta de tecnologia empregada na fabricação e na informalidade desse produto PVA com baixa qualidade.

Ocorre, certa falta de informação na indústria madeireira sobre a correta aplicação do adesivo PVA, principalmente no que diz respeito ao processo de colagem do adesivo, mesmo naqueles que não apresentam reações químicas em seus processos de colagem.

3.15.2. Características

Os adesivos de PVA são obtidos a partir do polímero acetato de vinila, comumente chamado de “cola branca”, porém existem outros adesivos que têm a cor com tom amarelado e também são à base de PVA. A cola branca é um produto químico e precisa de cuidados quanto ao uso e manuseio. O adesivo de PVA pode-se dizer que é universal na colagem da madeira.

Aplicações: É utilizado para a colagem de painéis sarrafeados, emendas finger-joint, laminação e na montagem dos componentes dos móveis, tais como cavilhas, montantes, quadros, molduras.

Para que seja possível a aplicação do PVA, devem-se seguir alguns requisitos:

- Preparar as superfícies a serem coladas, que devem estar limpas, perfeitamente planas e secas, com teor de umidade dentro da faixa recomendada;
- Aplicar o adesivo em uma das superfícies, em uma camada uniforme, juntando as partes imediatamente. A aplicação poderá ser feita manualmente fazendo uso de pincel, trincha, rolo, etc;
- Juntar as partes, imediatamente após a aplicação do adesivo, evitando, assim, a secagem precoce do adesivo;
- Manter as partes em contato firme, sob pressão constante, a fim de obter e garantir uma colagem eficiente.

Prensa alta frequência: A prensa alta frequência para colagem de madeiras é utilizada para colagem lateral de painéis de madeira que promove a cura do adesivo através de ondas de rádio frequência, aumentando assim a velocidade de cura do adesivo e promovendo maior qualidade na colagem. É normalmente usada para colagens de madeira com adesivos PVA, porém pode ser usada resina uréia-formaldeído para promover as colagens.

3.15.3. Aplicação.

A colagem de madeira é uma prática muito antiga, sendo que hoje em dia ocorre praticamente sem contratempos na indústria madeireira e moveleira, Para obter uma ótima colagem, diversos fatores devem ser observados, como:

Umidade da madeira: O conteúdo de umidade é um fator muito importante na colagem. Adesivos PVA são à base d'água, e curam com perda de água, à medida que ocorre a sua evaporação ou penetração na madeira. Sendo assim, o processo de secagem do adesivo fica muito mais lento quando o conteúdo de umidade da madeira é muito alto, pois isto retarda o processo de absorção e evaporação da água da madeira.

Além disto, a colagem de madeira com teores de umidade maiores que as condições do ambiente resultara em defeitos como: rachaduras, empenamentos, juntas abertas nas pontas e até descolamento das ripas.

De modo geral, a umidade sugerida é entre 7 e 10%. Tanto madeira muito úmida quanto madeira muito seca são problemáticas para colagem>além disto, a umidade da madeira deverá estar uniforme para assegurar uma ótima colabilidade das juntas, a diferença de umidade entre uma ripa e outra não deve ser superior a 1%, caso contrário poderá controlar a umidade no local de armazenagem.

Em resumo, os problemas relacionados com o conteúdo de umidade da madeira são:

- Rachaduras
- Empenamentos
- Juntas abertas nas pontas
- Colagem fraca
- Maior tempo de prensa necessário
- Juntas rebaixadas
- Juntas em degrau

Preparação da madeira : A superfície a ser colada deverá estar, no esquadro, sem marcas de plaina ou serras, e livres de fibras soltas. Isto possibilitará obter uma linha de cola bem fina, que será mais resistente que uma linha de cola grossa. As superfícies também não podem estar polidas/lustras, pois isto dificultaria a penetração da cola grossa. Normalmente é recomendado o uso de lixa grão acima de 50 (50 a 70). Se a madeira for lixada, limpar o excesso de pó. Recomenda-se ainda que as peças sejam coladas 24 horas apos aplainadas, pois desta forma as superfícies não serão contaminadas por resinas da madeira e não terão sofrido deformação por variação de conteúdo de umidade.

Tempo de montagem: O tempo de montagem corresponde ao período de tempo decorrido entre a aplicação da cola e a aplicação de pressão nas peças. Tempo de

montagem em aberto é o tempo entre a aplicação da cola e a união das peças, e tempo de montagem fechado é o tempo entre união das peças e aplicação de pressão.

Os fatores que afetam o tempo de montagem são os seguintes:

- Quantidade de adesiva: a aplicação de uma quantidade maior de adesivo aumenta o tempo de montagem.
- Temperatura: em temperaturas mais baixas o tempo de montagem poderá ser maior, e em temperaturas mais altas o tempo de montagem deve ser reduzido.
- Conteúdo de umidade da madeira: para madeiras mais secas, o tempo de montagem será menor.

De modo geral o tempo de montagem, ou seja, o tempo entre a aplicação do adesivo e aplicação de pressão nas peças não deve exceder 5 minutos. Entretanto, como mencionado, deve-se observar os fatores acima, que podem reduzir o tempo máximo de montagem.

PRESSÃO.

madeiras	Kg/cm ²
Lâminas	7-8,8
Madeiras de baixa densidade	7-10,5
Madeiras de média densidade	8,8-12,3
Madeiras de alta densidade	12,3-17,6

Tempo de prensa: Os fatores que afetam o tempo de prensa são os seguintes:

- Temperatura; temperaturas elevadas podem reduzir o tempo de cura. Ao contrario, temperaturas baixas aumentam o tempo de cura.
- Conteúdo de umidade da madeira; umidade elevada retardará o processo de secagem e cura. Umidade muito baixa resultara em pré cura do adesivo.
- Umidade relativa do ar: afeta a velocidade de secagem da cola, e deve ser levada em consideração para determinar o tempo de prensa. Quanto mais baixa a umidade, menor o tempo de prensa e vice-versa.
- Espécies de madeira: madeiras duras e madeiras de anéis porosos geralmente irão requerer ciclos de cura mais longos.

Tempo de prensa para colagem a frio:

Na colagem a frio, a finalidade dos grampos é propiciar contato suficiente entre os peças para permitir uma linha de cola fina e uniforme, e para manter as peças unidas até que a linha de cola desenvolva a resistência necessária para manter a união das mesmas.

O tempo de prensa médio na maioria das fábricas é de 45 minutos. Entretanto, e m virtude dos fatores já mencionados, que afetam o tempo de prensa, este pode variar de 35min a 1h para madeiras macias, e de 45 minutos a 2 horas para madeiras duras.

. 3.16. RESINA URÉIA-FORMALDEÍDO



É uma resina composta de uréia e formol, que tem como principal utilização promover a colagem de painéis de madeira, lhe assegurando resistência mecânica para seus diversos usos. Para que seja possível obter a resistência desejada no painel é necessária a aplicação de pressão no momento da colagem da madeira com a resina. Esta pressão pode ser a frio, ou de preferência com temperatura, o que aumenta a velocidade de cura do adesivo.

Para se reduzir o custo do adesivo, pode-se fazer a mistura dele com água e algum extensor (geralmente farinha de trigo), pois assim é possível diminuir o uso da resina e em função disto diminuir o custo de produção. Para que a cura seja mais rápida, é adicionada uma porcentagem de catalisador na mistura do adesivo, que pode ser sulfato de amônia, cloreto de amônia. No caso da aplicação da resina uréia-formaldeído na prensa de alta frequência, pode-se utilizar o sulfato de amônia ou o sulfato de alumínio, na proporção de 1-3%, e uma proporção de cloreto de sódio.

3.16.1. Exemplo de cola Uréia-formaldeído.

Condições gerais

Características: Resina a base de Uréia-formaldeído.

Indicação: Fabricação de compensados multilaminados, compensados sarrafeados e portas, onde as temperaturas das prensas são baixas, compensados de caixoteria em geral, juntadeiras de laminas, finger-joint, chapas duras, colagem de papel em madeira e outras utilidades.

Embalagem de venda: Carro tanque, bombonas de 250 kg.

Validade: 90 dias a partir da data de fabricação se estocada a uma temperatura média de 25°.

Condições específicas

Instruções de uso

Fórmula básica para batida

Com Catalisador 1012 / 1016		Com Catalisador 1013	
Resimed.....	100kg	Resimed.....	100kg
Farinha de Trigo.....	78 kg	Farinha de Trigo.....	78 kg
Água.....	78 kg	Água.....	78 kg
Catalisador 1012.....	3a5	Catalisador 1013.....	3 kg

Nota 1: A melhor performance da resina é obtida no mínimo de 25% de sólidos ativos da resina na batida

Aplicação da batida

Gramatura da Linha dupla de cola (g/m²)

ESPESSURA DA LÂMINA (mm)	ESPÉCIE DA MADEIRA		
	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
< 2,0	> 280	> 280	> 280
2,0 – 3,5	> 320	> 320	>310
> 3,5	> 370	> 370	>360

4.1.2.2 TEOR DE UMIDADE

LÂMINA	COLAGEM
	URÉICA
CAPA	6 a 14 %
MIOLO SECO	6 a 12 %
MIOLO COLA	4a8%
CONTRACAPA	6 a 14 %

Temperatura das lâminas

Para colagens com Resimed, recomenda-se utilizar lâminas com temperatura 40°

Tempo em aberto

Resina com emissão de formol até 0,5%:

- Somente o catalisador 1013: 40 min
- 1013+1012/1016: 60 min

Resina com emissão de formol >0,5%

- 1013+1012/1016: 60 min (neste caso não usar somente catalisador 1013)

Tempo de carregamento da prensa

Não deve exceder 2,5 min

Tempo de prensagem

O tempo de prensagem para a cola de uréia é de 0,5 min/mm mais 2 min.

Temperatura de prensagem

95 a 115°C

Pressão: A pressão indicada para colagem deve estar entre 6 e 12 kg/cm².

3.17. RESINA URÉIA-FORMALDEÍDO X PVA

Os adesivos PVA tem um bom comportamento em colagem de painéis laterais em prensa de alta frequência, porém seu custo é elevado principalmente comparado com a resina uréica, chegando próximo ao dobro do custo da resina uréica. Dessa forma, devem ser realizados testes com aplicação da resina uréica na prensa de alta frequência e comparados os resultados com as colagens com adesivo PVA.

No caso destes testes serem positivos, é viável a substituição do adesivo PVA pela resina uréica, o que pode levar as fabricantes de painéis colados lateralmente a uma redução no seu custo do adesivo de quase 50%. E desta maneira tornar o seu produto cada vez mais competitivo no mercado.

Laminação e revestimento de painéis.

A laminação e revestimento de painéis são geralmente feitos com cola de contato, PVA, ou ureia formaldeído, sendo que isto varia de acordo com a região e as técnicas desenvolvidas.

No nordeste é mais comum o revestimento com cola de contato, onde é aplicada a cola de contato, com uma espátula nas duas faces a serem coladas (ex: no compensado e na fórmica) deixado um tempo em aberto (8 a 15min) e após junta as duas partes, este processo tem como grande vantagem a não necessidade de prensa, mas com um custo maior do que as com PVA e Ureia.

A ureia formaldeído, é necessário fazer uma mistura antes de aplicar, e esta mistura tem que ser utilizada, dependendo do catalizador em até 1 hora, isto é uma desvantagem para as pequenas empresas, que além de ter que fazer a mistura (batida) precisam utilizar em um curto espaço de tempo, então é preciso ter um certo volume de colagem, e se faz necessário de prensa (quente ou fria).

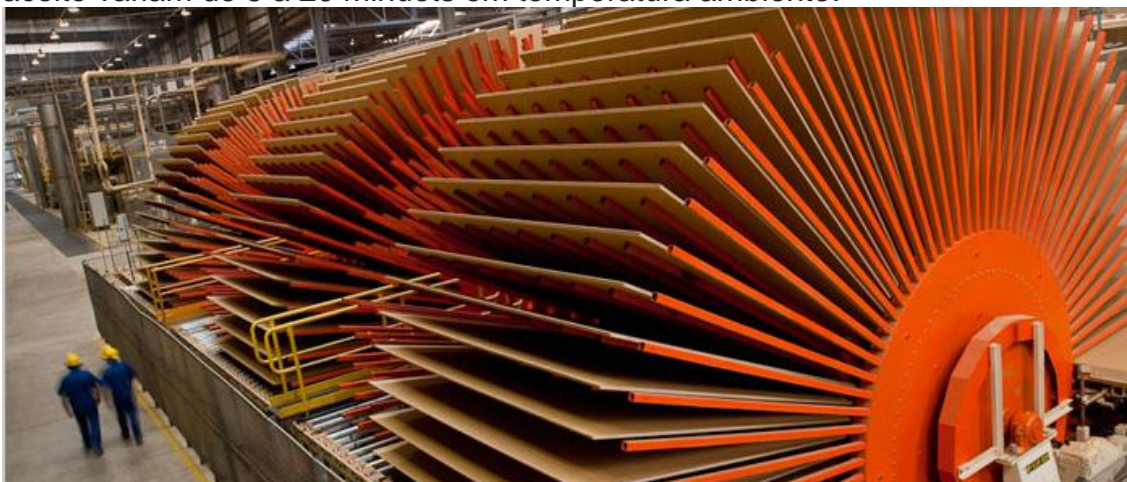
A cola PVA, assim como a ureica, precisa de prensa, mas vem do fabricante pronta para uso, e desde que conservada na embalagem fechada, pode se consumir somente o necessário.

Quantidade de adesivo.

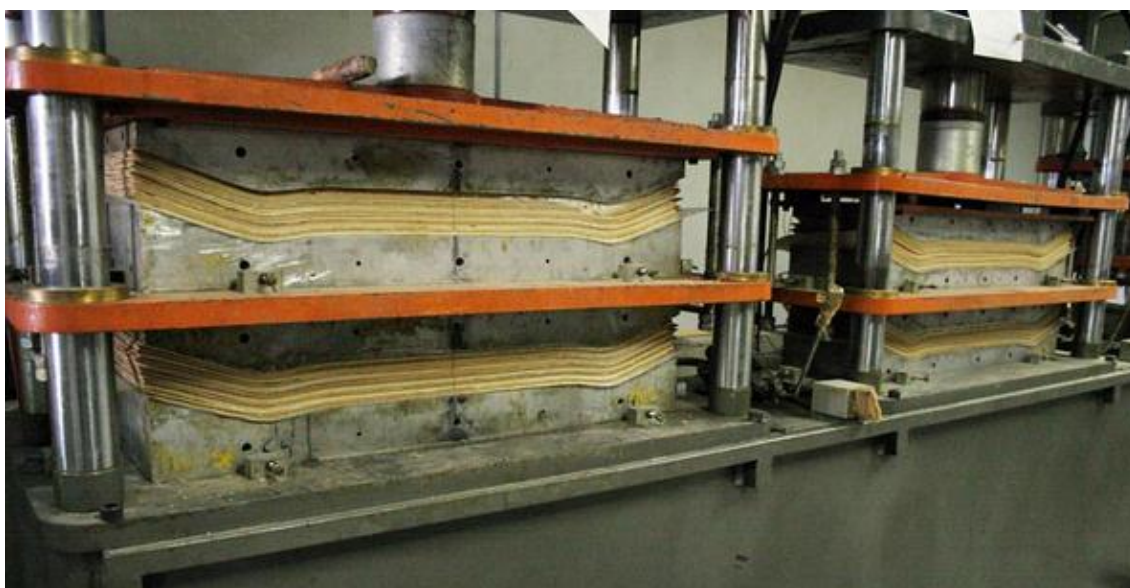
Os adesivos, são medidos por peso (o teste geralmente aplicado, é aplicar a cola em um corpo de prova, e pesar em balança de precisão). No caso da cola de contato, verifica-se a superfície, e a absorção do material, que as vezes se faz necessário ontra demão (compensados ou madeiras muito porosas absorvem a primeira demão) isso é visualizado com o “tak” ao (tocar a superfície aplicada o dedo tem que sentir o adesivo). A aplicação de PVA e Ureia varia de 140 a 170 gramas de adesivo por metro quadrado. Menores tolerância e tempo de montagem mais curto.
Tempo de montagem

O tempo de montagem no caso da cola de contato varia de 8 a 15 minutos, no caso de Ureia e PVA a variação das características das colas ajudam a consistência da colagem, mas as colas precisão levar em consideração, a quantidade de adesivo, porosidade e conteúdo de umidade do material a ser colado, condições ambientais, etc.

É desejado no caso da PVA e Ureia, que haja uma pequena quantidade de adesivo espremida para fora ao redor do perímetro do painel. Tempo de montagem geralmente aceito variam de 5 a 20 minuots em temperatura ambiente.



Processo de resfriamento de chapas de MDF, fabricadas com cola ureiaformaldeido em prensa a quente.



Prensa de shapes de skate a frio.



Aplicação de cola de contato.

3.18. GUIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS NA LAMINAÇÃO A FRIO

Cola de contato.

Problema	Causa possível	recomendações
Desalinhamento revestimento/chapa	Desalinhamento das superfícies	É necessário muito cuidado na hora de unir as duas faces, para que entrem em contato apenas quando estiverem alinhadas.
Bolhas	Aplicação não uniforme	Fazer uma aplicação parelha e uniforme. Colagem feita antes do tempo em aberto necessário.
Descolamento	Pouca cola	Verificar se tem “tak”

Cola PVA e Ureia

<p>Descolamento</p>	<p>Pré-cura (sem transferência de adesivo)</p> <p>Pressão insuficiente</p> <p>Tempo de prensa insuficiente</p>	<p>Aumentar quantidade de adesivo.</p> <p>Diminuir o tempo de montagem.</p> <p>Aumentar a pressão e o tempo de prensa</p>
<p>Colagem irregular</p>	<p>Superfícies irregulares</p> <p>Rolos aplicadores gastos</p> <p>Pré cura</p>	<p>Calibrar o painel ou aumentar a pressão</p> <p>Substituir o recondiciona rolos.</p> <p>Aumentar a quantidade de adesivo.</p> <p>Reduzir o tempo de montagem</p>
<p>Cola transpassando a lâmina</p>	<p>Aplicação de adesivo em excesso.</p> <p>Adesivo não é adequado para a aplicação.</p>	<p>]Reduzir a quantidade de cola.</p> <p>Reduzir a pressão</p>
<p>Empenamentos dos painéis</p>	<p>Quantidade de adesivo excessiva ou desigual.</p> <p>Construção desbalanceada</p> <p>Conteúdo de umidade muito alto</p>	<p>Aplicar mesma quantidade de cola nos dois lados.</p> <p>Verificar orientação das fibras e numero de lâminas.</p> <p>6 a 8% é o conteúdo de umidade recomendada.</p>

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Preservantes da madeira adaptado de:

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1288&subject=Ad

Preservantes da madeira adaptado de:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAANZoAK/preservacao-madeiras?part=5>

tintas e vernizes adaptado de:

http://soacabamentos.com.br/uploads/apostila_moveleira.pdf

tintas e vernizes adaptado de:

<http://www.trabalosfeitos.com.br/Tintas-e-Vernizes/42994852.html>

Adesivos adaptados de:

ALBUQUERQUE Carlos, LATORRACA João - **influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos** - UFRRJ

Adesivos adaptados de:

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1059&subject=Adesivos&title=Adesivos%20vin%EDlicos%20apresentam%20solu%E7%F5es%20para%20madeira

adesivos adaptado de:

http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1288&subject=Ad

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação