

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL
DEPARTAMENTO DE PESQUISA
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS

A DEGRADAÇÃO DA MADEIRA E SUA PRESERVAÇÃO

Alfredo de Souza Mendes
Marcus Vinicius da Silva Alves

Brasília, 1988

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sarney

Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

PRESIDENTE DO INSTITUTO BRASILEIRO DE
DESENVOLVIMENTO FLORESTAL

Antonio José Costa de Freitas Guimarães

SECRETÁRIO GERAL

José Carlos de Carvalho

DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE PESQUISA

Sérgio de Almeida Bruni

COORDENADOR DO LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS

Mário Rabelo de Souza

84

M538d

MENDES, Alfredo de Souza

A degradação da madeira e sua
preservação. Brasília, IBDF/DPq-LPF,
1988.

ilust.

1. Preservação-madeira. 2. De-
gradação-madeira. I. Título. II.

ALVES, Marcus Vinicius da Silva, colab.

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL
DEPARTAMENTO DE PESQUISA
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS**

A DEGRADAÇÃO DA MADEIRA E SUA PRESERVAÇÃO

- ★ Alfredo de Souza Mendes
- ★★ Marcus Vinicius da Silva Alves

★ Químico, MSc — Centro de Pesquisa de Produtos Florestais/INPA
★★ Engenheiro Florestal — Laboratório de Produtos Florestais/DPq/IBDF

Brasília, 1988

APRESENTAÇÃO

O crescimento contínuo da demanda de madeira e produtos derivados, aliado à postura cada vez mais exigente do mercado interno, tem proporcionado uma aceleração na pesquisa e difusão de tecnologias que permitam o aproveitamento racional dos recursos florestais, bem como a melhoria da qualidade do produto final.

O Laboratório de Produtos Florestais, em consonância com a realidade do setor florestal e atendendo às metas do seu plano diretor, organizou um "Curso de Preservação de Madeiras", para o qual foi elaborado o presente trabalho, objetivando fornecer conceitos básicos de tratamento de madeira aos profissionais que atuam na indústria madeireira e em atividades afins.

MÁRIO RABELO DE SOUZA

Coordenador do Laboratório de Produtos Florestais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. AGENTES DEGRADADORES DA MADEIRA	6
2.1. Desgaste mecânico	6
2.2. Degradação física	7
2.3. Degradação química	8
2.4. Degradação biológica	8
2.4.1. Bactérias	9
2.4.2. Fungos	9
2.4.2.1. Podridão parda	10
2.4.2.2. Podridão branca	11
2.4.2.3. Podridão mole	11
2.4.2.4. Manchadores	11
2.4.2.5. Bolores	14
2.4.3. Reconhecimento do ataque de fungos à madeira	14
2.4.4. Insetos	16
2.4.4.1. Térmitas ou cupins	16
2.4.4.2. Tratamento contra cupins	19
2.4.5. Outros insetos xilófagos	20
2.4.5.1. <i>Lyctus</i> sp	21
2.4.5.2. Ambrósia	22
2.4.5.3. <i>Anobium punctatum</i>	23
2.4.5.4. <i>Xestobium rufovillosum</i>	24
2.4.5.5. <i>Hylotrupes bajulus</i>	24
2.4.5.6. Formigas carpinteiras	27
2.4.5.7. Abelhas	28
2.4.5.8. Vespas	28
2.4.6. Perfuradores marinhos	29
2.4.6.1. Moluscos	29
2.4.6.2. Crustáceos	30
3. CONSIDERAÇÕES SOBRE CONSERVAÇÃO DE TORAS	30

4. PRESERVATIVOS DE MADEIRA	32
4.1. Preservativos oleossolúveis	33
4.1.1. Creosoto	33
4.1.2. Pentaclorofenol	34
4.2. Preservativos hidrossolúveis	34
5. MÉTODOS DE TRATAMENTO DA MADEIRA	35
5.1. Processos sem pressão	36
5.1.1. Fumigação ou expurgo	36
5.1.2. Pincelamento e pulverização	36
5.1.3. Imersão simples (Dipping)	37
5.1.4. Imersão de tempo longo	38
5.1.5. Banho quente-frio	39
5.1.6. Difusão	41
5.1.7. Difusão dupla	41
5.1.8. Processo de Boucherie	41
5.1.9. Substituição da seiva	42
5.2. Processos de tratamento com pressão	43
5.2.1. Processo Bethell (célula cheia)	44
5.2.2. Processo Rueping (célula vazia)	46
5.2.3. Processo Lowry (célula vazia)	47
5.2.4. Processo MSU	47
6. AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DA MADEIRA E DE PRESERVATIVOS	49
6.1. Toxidez	49
6.2. Ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório	49
6.3. Ensaio de campo	50
7. FATORES QUE AFETAM O TRATAMENTO PRESERVATIVO	50
7.1. Pressão	51
7.2. Temperatura	52
7.3. Tempo	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

INTRODUÇÃO

A durabilidade natural da madeira e sua preservação são dois fatores que determinam, em grande parte, sua utilização, principalmente, em países tropicais. Embora exista uma série de trabalhos sobre este assunto, publicados por instituições de pesquisa que se encontram espalhadas pelo mundo, torna-se difícil uma comparação entre os resultados alcançados, em virtude das numerosas e diferentes condições sob as quais são conduzidos os experimentos. Esforços vêm sendo dedicados por alguns pesquisadores no sentido de agrupar estas informações, como por exemplo, os trabalhos de FORTIN et alii (16), FAIREY (15) e GONZÁLEZ (19).

Em se tratando de madeiras da região amazônica, sérios problemas vêm aparecendo, principalmente, quanto a qualidade de espécies com baixa durabilidade natural, produzindo, conseqüentemente, uma imagem altamente negativa no cenário do mercado externo, onde a qualidade do produto é um requisito de primeira importância. Não obstante, o problema vem se refletindo entre os próprios consumidores e empresários brasileiros, cujas insatisfações resumem-se praticamente no fato do aparecimento de manchas produzidas por fungos e danos causados, na sua maioria, por coleópteros e outros insetos xilófagos.

As condições estáveis de temperatura e alta umidade relativa do ar, proporcionada pela floresta tropical úmida, confere um perfeito "habitat" ao desenvolvimento de fungos e insetos, com o agravante de que muitos têm como alimentação básica a própria madeira. A atividade destes organismos na floresta é tão intensa que o ataque é efetivado, em certas condições, até mesmo em árvores vivas (1, 21, 31).

Diante deste quadro, as indústrias moveleiras e de madeira beneficiada, principalmente aquelas instaladas no sul do país, são atingidas, uma

vez que as mesmas, em sua maioria, estão cada vez mais dependentes das madeiras da região amazônica como fonte principal de matéria-prima, em um esforço lógico para substituir os produtos de suas reservas florestais, os quais encontram-se praticamente esgotados.

Indicações claras mostram que para se obter um alto grau de qualidade com espécies de madeiras susceptíveis a fungos e insetos, preferencialmente para produtos tais como: madeira serrada, laminada e compensada, os cuidados e as técnicas de preservação devem ser aplicados no ato da derrubada da árvore. Porém, devido a uma série de dificuldades impostas pela própria floresta, muitos procedimentos recomendados tornam-se impraticáveis. Entretanto, mesmo considerando este primeiro impasse em se preservar a qualidade da madeira nas primeiras etapas de exploração, existem várias técnicas de preservação aplicáveis às toras e, principalmente, à madeira serrada, que minimizam consideravelmente os estragos causados por fungos e insetos.

2. AGENTES DEGRADADORES DA MADEIRA

A destruição e desintegração da madeira pode efetuar-se através de diferentes maneiras, por esta razão torna-se importante, em cada caso, a identificação da causa principal, para que se possa, então, combater especificamente e com sucesso o problema.

As principais causas da deterioração da madeira são:

- a) desgaste mecânico
- b) degradação física
- c) degradação química
- d) degradação biológica

2.1. Desgaste mecânico

A madeira, submetida a condições de movimentos de diversas classes, está sujeita continuamente a se deteriorar pela ação do desgaste mecânico. Este é o caso de dormentes, escadas, pontes, blocos de madeira usados em

pavimentação de cais, etc. Em alguns casos, a madeira pode tornar-se inútil somente pelo desgaste mecânico. Na maioria das vezes, a podridão se combina com a abrasão para causar a deterioração. Ocasionalmente, o desgaste mecânico é confundido com apodrecimento causado por fungos.

2.2. Degradação física

O fogo é considerado o principal agente físico de destruição. Ao contrário da ação relativamente lenta e menos evidente da deterioração causada por fungos, insetos e organismos marinhos, a destruição da madeira pelo fogo é extremamente rápida, devastando florestas, pátios de estocagem e construções de madeira. Entretanto, o fogo é de importância secundária quando comparado ao ataque produzido por fungos xilófagos (40).

Pesquisas no campo da destilação e combustão de madeira indicaram que esta, quando sujeita a um aumento de temperatura gradativo, passa pelas seguintes etapas (21):

- a) vaporização da umidade da madeira (acima de 100°C)
- b) volatilização dos extrativos da madeira (93°C a 149°C)
- c) evolução dos gases inflamáveis e chameamento (194°C a 204°C)
- d) evolução rápida dos gases acompanhada por incandescimento e eventual chama (204°C a 370°C)
- e) rápida ignição dos gases inflamáveis e incandescimento do carvão (370°C a 480°C)

Devido à sua composição, a madeira é passível de mudanças mesmo quando sujeita a temperaturas mais baixas do que aquelas que produzem uma destilação destrutiva. A natureza destas mudanças não é totalmente conhecida, acredita-se, entretanto, que ocorra uma diminuição nas cadeias de celulose, tornando a madeira quebradiça. Um exemplo disto ocorre com o assoalho de secadoras convencionais produzidas com madeiras de coníferas. Este tipo de decomposição geralmente assemelha-se à deterioração causadas por fungos de podridão parda (21).

As diversas condições climático-meteorológicas também atuam, isoladamente ou em conjunto, degradando a madeira. Radiação solar, ventos, chuvas, umidade, etc, agem alterando a cor da madeira, invadindo a superfície tornando-a áspera, causando inchamentos e contrações, rachaduras e defeitos, aumentando, assim, os riscos de ataque de organismos xilófagos (40).

2.3. Degradação química

A madeira quando em contacto com substâncias químicas tais como ácidos e bases fortes, óxido de ferro, dióxido de enxofre, sais de sódio, etc., pode sofrer transformações químicas, reduzindo suas propriedades físico-mecânicas. Este tipo de deterioração é facilmente encontrado em pisos de fábricas de produtos químicos, em peças de madeira que ficam em contacto com ferragens, ou até mesmo em componentes de madeira que tenham sido pintados com tintas, as quais contenham quantidades de ácidos ou álcalis em excesso. O mesmo pode ocorrer na formulação de colas para compensado onde, normalmente, a decomposição é caracterizada pela delaminação das camadas constituintes do compensado. A madeira decomposta por ação química apresenta-se amolecida e, normalmente, com aparência esgarçada ou desfibrada.

2.4. Degradação biológica

A degradação biológica da madeira é causada por organismos xilófagos compreendidos basicamente por: fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. Os fungos e os insetos formam os grupos mais importantes, responsáveis por grandes perdas nos vários tipos de produtos florestais, razão pela qual serão enfatizados neste trabalho.

Segundo LEVY (26), estes organismos podem ser divididos em dois grandes grupos:

- a) Fungos e bactérias – A deterioração é causada pela liberação de enzimas, as quais reagem com os constituintes da parede celular a nível molecular, causando a quebra desta estrutura.

- b) Cupins, besouros e perfuradores marinhos — A deterioração é causada pela escavação do organismo, através da estrutura da madeira, a procura de abrigo ou alimento.

2.4.1. Bactérias

O ataque por bactérias é comum em madeiras mantidas submersas por algumas semanas ou meses, e também quando submetidas a condições de anaerobiose.

As bactérias não causam séria deterioração na madeira (21). Estas podem penetrar profundamente na madeira de várias espécies tornando-as excessivamente absorventes, conferindo maiores retenções em tratamentos de banhos de imersão rápida e outros. As bactérias alimentam-se, aparentemente, dos nutrientes existentes nas células dos raios e dos canais resiníferos. Dependendo da intensidade do ataque, as enzimas segregadas pelas bactérias podem conferir à madeira um cheiro bastante desagradável.

2.4.2. Fungos

Os fungos são vegetais rudimentares, pois são desprovidos de clorofila. Nutrem-se, também, de animais e plantas em decomposição (saprófitos). A deterioração da madeira, ocasionada por fungos, ocorre em diferentes formas. Em um caso extremo, eles podem decompor totalmente a madeira ou somente manchá-la. Em ambos os casos os fungos são responsáveis por grandes perdas econômicas (23).

Para a maioria dos fungos xilófagos, a temperatura ideal para o desenvolvimento varia entre 25° a 30°C. Contudo, o ataque de fungos pode ocorrer a temperaturas de 0° a 40°C havendo, porém, alguns fungos ainda ativos na madeira que, eventualmente, apresentam outros valores de temperatura.

De um modo geral, o ataque de fungos ocorre quando a madeira apresenta umidade acima de 20%. As condições ótimas para o desenvolvimento

de fungos ocorrem quando a umidade atinge o ponto de saturação das fibras. Neste ponto as paredes celulares se encontram completamente saturadas e o lúmen celular isento de água livre.

Desde que a respiração esteja envolvida no metabolismo dos fungos, o oxigênio se torna essencial para o crescimento. Os fungos xilófagos podem se desenvolver na madeira mesmo que esta apresente concentração de oxigênio inferior a 20% encontrado no ar. Apesar de alguns fungos conseguirem sobreviver em atmosfera com apenas 1% de oxigênio, a ausência ou a presença de concentrações muito baixas deste gás impedem ou restringem o seu desenvolvimento na madeira.

Para o desenvolvimento de fungos xilófagos o pH ótimo situa-se na faixa ácida, entre 4.5 e 5.5, que coincide com os valores de pH apresentados pela maioria das espécies de madeira. O valor mínimo de pH para o desenvolvimento de fungos é 2.0 e o máximo é pouco acima de 7.0.

De acordo com LEVY (26), os fungos que normalmente são encontrados degradando a madeira dividem-se em 5 categorias: podridão parda, podridão branca, podridão mole, mancha e bolor. As três primeiras, podem ser agrupadas como fungos apodrecedores e são responsáveis pela perda de resistência da madeira.

2.4.2.1. Podridão parda

Processo biológico resultante da ação enzimática do micélio dos fungos xilófagos sobre as paredes celulares. Estes fungos degradam a celulose e a hemicelulose, transformando-as em substâncias solúveis facilmente assimiladas e digeridas. A lignina, de coloração escura, fica praticamente intacta, conferindo à madeira um aspecto pardo-escuro. A destruição dos elementos estruturais que se encontram nas paredes celulares provoca uma rápida perda da resistência mecânica da madeira.

2.4.2.2. Podridão branca

Os fungos de podridão branca, assim como os de podridão parda, atuam na superfície da parede celular. A ação restrita do sistema enzimático proporciona a formação de fendas ou orifícios nos quais os fungos se assentam. No decorrer do ataque estas fendas vão se juntando, provocando uma vagarosa e total erosão da parede celular a partir do lume. Estes fungos decompõem, proporcionalmente, tanto a celulose e hemicelulose quanto a lignina.

Devido a maior porcentagem de holocelulose existente na madeira, esta, quando atacada, adquire uma coloração esbranquiçada, apresentando progressiva perda de peso e das propriedades mecânicas.

2.4.2.3. Podridão mole

Os microorganismos responsáveis pela podridão mole, pertencem ao grupo chamado de fungos imperfeitos (Ascomycetos). Os fungos de podridão mole penetram na parede secundária da célula, perfurando longas cadeias de forma helicoidal que correm paralelamente às cadeias de celulose. Uma vez dentro da parede celular, os fungos de podridão mole atravessam a lamela média penetrando na parede da célula vizinha e, assim, continuam seu caminho sucessivamente. A superfície da peça atacada apresenta trincas transversais como se tivesse sido carbonizada. A degradação produzida por estes fungos é de ação lenta quando comparada com a atividade da podridão branca e parda.

2.4.2.4. Manchadores

Os fungos manchadores têm suas hifas pigmentadas e habitam os tecidos parenquimáticos, principalmente o parênquima radial, alimentando-se dos nutrientes existentes nas células. Uma característica comum a estes organismos é que eles atravessam as células horizontalmente produzindo pequenos orifícios nas paredes celulares. Normalmente o fazem através das pontuações.

Dentre os fungos manchadores que produzem diferentes colorações na madeira, os mais importantes do ponto de vista econômico são os que causam a chamada mancha azul.

Segundo HUNT & GARRATT (21), os fungos da mancha azul não se desenvolvem no cerne e as propriedades mecânicas do alburno, quando atacado por estes organismos, não são reduzidas significativamente, com excessão da resistência ao choque.

Os fungos causadores da mancha azul podem se desenvolver no alburno em vários estágios do processamento da madeira, durante a estocagem das toras, no transporte, e no produto final, quando este contiver um conteúdo de umidade e ar suficiente em seu interior.

A temperatura ideal para o desenvolvimento da mancha azul está entre 24° e 25°C, cessando abaixo de 7°C e acima de 38°C aproximadamente.

O primeiro sinal de infestação é o aparecimento de uma nódoa ou lista manchada nas extremidades das toras ou na superfície da madeira. Entretanto, assim que aparecem aprofundam-se rapidamente na madeira, tornando a sua remoção por aplainamento ineficiente.

Dependendo das condições de temperatura, umidade e suprimento de oxigênio, a madeira pode ser infestada em 2 ou 3 dias (21).

Para os materiais que se destinam à construção em geral, a incidência de mancha azul não é considerada defeito, porém, quanto ao aspecto estético do produto final, como no caso de móveis, lambris, forros, etc., a madeira manchada é imediatamente rejeitada.

PETERS (30) afirma que a imersão da madeira em água somente inibe o desenvolvimento do fungo. Já uma imersão rápida (dipping) da madeira numa boa solução antimancha impede o desenvolvimento da mancha azul.

WAGNER (38) mostrou que troncos de "hacberry", quando cortados no verão e pulverizados com pesticidas, apresentaram danos substanciais causados por mancha azul. Experimentos de BURKHARDT (10), efetuados com a mesma espécie de madeira, confirmaram as experiências de Wagner.

Os estudos de ILHAN et alii (22) mostraram que o pincelamento das extremidades de toras com pentaclorofenol e bórax, imediatamente após a derrubada da árvore, confere uma boa imunização ao material. Nesse experimento, as toras tratadas permaneceram estocadas na floresta por dois meses e foram transportadas com casca para a serraria.

BUTCKER (17) efetuou testes de campo em madeira serrada de *Pinus radiata* e mostrou que o captafol é uma aceitável alternativa para substituição de soluções mistas de pentaclorofenato a 0,5% e bórax a 1,5% contra manchas. A imersão rápida de tábuas em emulsão a 0,2% de captafol conferiram a estas maior eficiência do que quando tratadas com pentaclorofenato e bórax. Já a pulverização de emulsão do captafol a 0,3% mostrou eficiência similar ao pentaclorofenato e bórax. Estes produtos são eficientes contra a mancha azul, porém, o captafol, por ser insólvel em água, cria alguns problemas de sedimentação nos tanques de imersão.

DICKINSON (13) testou em madeiras verdes um amplo espectro de biocidas contra mancha azul e bolores. O metilenobistiocianato (MBT) mostrou eficiência no controle de mancha azul a uma concentração entre 0,1 a 0,3%.

ROFF et alii (32) afirmaram que a qualidade da madeira durante a sua estocagem, quando tratada com pentaclorofenato de sódio, diminui com o tempo e que o banho de imersão é mais eficiente na madeira serrada (maior superfície) que na madeira aplainada. As retenções alcançadas com a madeira serrada são de 1/3 a 1/2 maiores do que quando aplainadas. A retenção mínima aceitável é de $0,05\text{mg/cm}^2$ na madeira devidamente embalada.

SHIELDS et alii (34), em experimentos com *Pinus* recém cortados, verificaram que o óxido de zinco em meio amoniacal, para banho de imersão

rápida, mostrou ser eficiente contra a mancha azul e outras descolorações da madeira.

DESAI & SHIELDS (12), contestaram a eficiência do óxido de zinco e do tiocianato de amônia como bons preservativos utilizados em banho de imersão contra manchas e bolores.

HULME & THOMAS (20), verificaram que soluções de zinco são mais eficazes que pentaclorofenato de sódio no controle de manchas produzidas por fungos e que as soluções amoniacais sem zinco são ineficientes.

CSERJESI & ROFF (11), citam que os compostos amoniacais de óxido de zinco e tiocianatos de zinco mostraram ser mais efetivos que o carbonato de zinco nos testes contra 7 espécies de fungos manchadores e bolores, entretanto, ambos os compostos produzem manchas de coloração verde-oliva e pontos cinza-claro sobre a madeira.

2.4.2.5. Bolores

Os fungos que pertecem a este grupo se desenvolvem na superfície da madeira, alimentando-se dos componentes existentes nas células recém-cortadas ou resíduos nutritivos depositados sobre a superfície. A madeira embolorada apresenta em sua superfície uma formação pulverulenta, de coloração variada, facilmente removível por raspagem (33).

2.4.3. Reconhecimento do ataque de fungos à madeira

Os sintomas de um ataque à madeira, causado por fungos, depende não só da espécie de fungo envolvido e do tipo de madeira atacada, como também, do grau de adiantamento da infestação (15).

Geralmente, os sintomas que caracterizam os primeiros estágios do ataque de qualquer tipo particular de fungo são diferentes daqueles que

indicam os estágios mais avançados deste ataque, sendo que estes últimos são os de mais fácil identificação.

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 arroxeada. 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 inteiriços 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 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.

2.4.4. Insetos

Entre as 26 ordens de insetos existentes, cinco causam danos à madeira (3):

- a) Isóptera, que compreende os cupins ou térmitas
- b) Coleóptera, representada pelos besouros, "carunchos" e "brocas"
- c) Hymenóptera, representada pelas vespas, abelhas e formigas
- d) Díptera, a qual pertencem as moscas e mosquitos
- e) Lepidóptera, a qual pertencem as borboletas e mariposas

2.4.4.1. Térmitas ou cupins

Existem aproximadamente 2.000 espécies diferentes de cupins, das quais a maior quantidade de indivíduos encontram-se na África Tropical (2). Conforme os hábitos de vida, os cupins podem ser divididos em três grupos:

- a) cupins subterrâneos
- b) cupins de madeira úmida
- c) cupins de madeira seca

Os cupins são insetos sociais que vivem em grandes colônias, as quais são comparáveis com as das formigas, abelhas e vespas.

Os térmitas iniciam a colônia sob a forma alada, abandonando o ninho em certas épocas do ano. Nesta fase são conhecidos em alguns lugares do Brasil como "aleluias". Depois do vôo nupcial, agrupam-se em pares como "rainha" e "rei" e instalam-se em aberturas no solo ou em peças de madeira apodrecida, iniciando nova colônia.

A colônia dos cupins é dividida normalmente em três castas, cada qual com as suas atividades específicas: a dos reprodutores, a das operárias e a dos soldados, com as respectivas formas jovens e adultos. Do casal real é que se originam todos os outros indivíduos da colônia. Dos ovos da rainha nascem, inicialmente, apenas operárias, posteriormente soldados e por último

os reprodutores. Com o passar do tempo o abdômen da rainha se desenvolve da tal forma que, em algumas espécies, chega a ultrapassar de várias vezes o tamanho original do inseto.

A casta das operárias é a responsável pela alimentação e outros trabalhos de manutenção da colônia. Desempenham um papel importantíssimo no que diz a respeito à alimentação, pois são elas as responsáveis pela nutrição da população do termiteiro, estabelecendo, assim, uma relação direta entre as operárias e a degradação da madeira.

A casta dos soldados é, morfologicamente, bastante característica, servindo muito para o reconhecimento da espécie. Sua função primária é defender a colônia contra possíveis invasores, através de um sistema de defesa mecânico e/ou químico.

Os cupins nutrem-se basicamente de celulose da madeira. A digestão inicial deste polissacarídeo não é, entretanto, feita somente pelo organismo do cupim, mas com o auxílio de um grupo de protozoários que habitam seu trato digestivo, constituindo-se o fenômeno numa verdadeira simbiose (24).

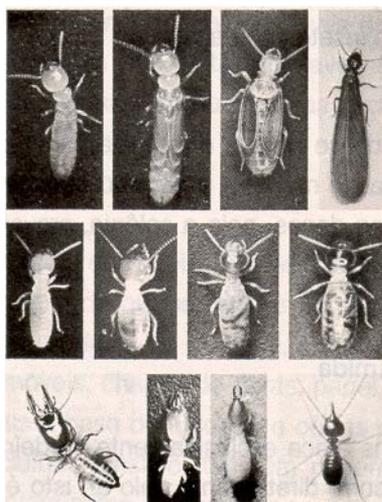


Figura 1 — Tipos de "castas" de cupins

No alto: estágio do desenvolvimento dos reprodutores.

No meio: operárias de diferentes espécies.

Em baixo: soldados.

a) Cupins subterrâneos

Os cupins subterrâneos são responsáveis pelo maior volume de madeira destruída no mundo. São encontrados mais freqüentemente em clima temperado e tropical.

Os cupins subterrâneos não têm revestimento externo de quitina, substância que confere ao corpo do inseto resistência a baixa umidade. Portanto, as condições de elevado teor de umidade encontradas abaixo da superfície do solo lhes são favoráveis. Por outro lado, o ataque também pode se estender a peças mais secas e isoladas daquelas que se encontram enterradas, pois estes cupins constroem túneis com argila e outros materiais, onde é mantido, em seu interior, a umidade necessária ao seu metabolismo.

Uma das características de ataque dos cupins subterrâneos é que eles mantêm sempre intacta, uma fina camada externa da peça que está sendo atacada. Se formos com um objeto pontudo sobre esta superfície, esta facilmente se romperá. Uma outra maneira de detectar o ataque é através de pequenas batidas dirigidas à superfície suspeita. Um som oco será indicativo da presença destes insetos na peça.

Normalmente, quando se nota a existência de ataque de cupins subterrâneos a uma estrutura de madeira, pouco ou quase nada pode-se fazer no sentido de recuperar os danos, pois a colônia, provavelmente, já se encontra ativa há muito tempo.

b) Cupins de madeira úmida

Este grupo de cupins ataca exclusivamente madeira com elevado teor de umidade. O ataque ocorre diretamente pelo ar, isto é, durante o enxame e, normalmente, não tem contato com o solo. Confinam suas atividades nas madeiras em condições bem abafadas, ordinariamente já apodrecidas. Entretanto, eles podem estender suas galerias nas partes de madeiras

adjacentes em bom estado de sanidade. No Brasil ainda não há registro de casos de infestação em construções causado por este grupo de térmitas.

c) Cupins de madeira seca

Os cupins de madeira seca são encontrados em regiões de clima quente e nas áreas subtropicais (25). Ao contrário dos anteriores, os cupins deste grupo habitam inteiramente a madeira seca (10 a 12% de umidade), não exigindo contato com o solo. Iniciando o ataque diretamente pelo ar, durante o enxame, cada par sexuado penetra na madeira através de rachaduras ou outras aberturas naturais e inicia a escavação para seu interior, fechando imediatamente a entrada com partículas da própria madeira.

Durante a escavação de suas galerias, os cupins de madeira seca produzem pequeníssimas pelotas fecais, as quais são liberadas ocasionalmente por orifícios abertos temporariamente, e que auxiliam na detecção do ataque de térmitas na madeira.

Considerando que estes insetos atacam madeiras com baixo teor de umidade, eles podem ser encontrados nos mais diversos tipos de estrutura, tais como: topo de postes não tratados, travessões, tesouras estruturais, móveis, pisos, janelas, portas e diversas outras peças de madeira.

2.4.4.2. 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 dêem 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:

- remoção de todo o entulho de madeira da área a ser construída
- deixar uma inclinação no terreno nas proximidades da construção, permitindo o escoamento da água
- a concentração das fundações deve ser feita corretamente, de modo a evitar rachaduras
- 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
- tratamento de solo, ou seja, pulverização de substâncias químicas nas proximidades das fundações

2.4.5. Outros insetos xilófagos

Os insetos pertencentes a Ordem dos Coleópteros, depois dos cupins, são aqueles que causam maiores danos às madeiras. São conhecidos como carunchos ou brocas e atacam a madeira nas mais diversas condições de umidade e uso. Os mais perniciosos são os do gênero *Lyctus* e *Anobium*, além de outros pertencentes a família dos Cerambicídeos, os quais serão aqui enfatizados. O ataque destes insetos é feito durante o período de seu ciclo vital, o qual compreende as fases de ovo, larva, pupa e inseto adulto.

2.4.5.1. *Lyctus* sp

O alburno da maioria das madeiras de folhosas são susceptíveis ao ataque de *Lyctus brunneus* Steph (15, 28, 29), coleóptero conhecido no Brasil como "caruncho" e no exterior como "powder post beetle". O ataque se efetiva no alburno de madeiras que contém, preferencialmente, reservas de amido, goma ou leite e umidade abaixo de 40%.

O primeiro sinal do ataque é o aparecimento de um "montinho" de pó com um pequeno furo associado. Esses são os furos de saída (exit roles), os quais normalmente aparecem 9 a 12 meses depois da larva ter iniciado suas atividades na madeira. Os furos produzidos por esses insetos são limpos e transmitem uma aparência de que foram recém-efetuados, apresentando um diâmetro em torno de 1,8mm, embora, ocasionalmente, cheguem a 3mm.

O *Lyctus* pode atacar madeiras secas ou parcialmente secas ao ar, e reinfestam a mesma até que o alburno seja totalmente destruído. Segundo BORROR (4), não penetram em madeira pintada ou envernizada.

A impregnação completa da madeira é a única maneira capaz de garantir uma imunização definitiva contra o ataque destes insetos, entretanto, nem sempre se dispõe de equipamentos necessários para tal impregnação (39). Neste caso, outros tratamentos superficiais podem ser aplicados.

ESENTER (14) realizou estudos com *Lyctus planicollis* em tábuas de "ash" (folhosa). Estas foram submetidas à imersão de 10 segundos em diferentes soluções preservativas e conduzidas a uma secagem convencional por sete dias. Posteriormente, as tábuas foram estocadas em sala com ambiente controlado a 27°C e 70% de umidade relativa do ar. Os resultados evidenciaram que as soluções a 0,5% de aldrin, 0,5% de dieldrin, 0,5% de heptacloro e 2% de chlordane revelaram efeitos persistentes e satisfatórios. Por outro lado, as soluções a 0,2% de chlordane, 0,05% de dieldrin e 0,5% de lindane apresentaram, respectivamente, 16, 62 e 334 furos de entrada nos conjuntos de tábuas para a nova geração de *Lyctus*.

2.4.5.2. Ambrósia

Segundo FRANCIA (22), estes insetos perfuradores da madeira, conhecidos no exterior como "pinhole", recebem o nome de ambrósia em decorrência de um fungo do mesmo nome e que lhes serve de alimentação em seus túneis. O mesmo autor afirma que nas Filipinas são conhecidas pelo menos 110 espécies destes insetos, compreendendo as famílias Scolytidae e Platypodidae. São frequentemente encontrados perfurando toras recém-derrubadas e madeiras verdes.

Embora o ataque não se efetive em madeiras secas, os orifícios produzidos por eles, na superfície da madeira, confere a esta um aspecto indesejável.

O inseto adulto mede de 1 a 11 mm de comprimento, apresenta forma cilíndrica ou semi-oval, coloração que vai do marrom-avermelhado ao marrom-escuro e, normalmente, trazem o corpo coberto com pequenos pêlos ou cerdas.

Os túneis produzidos pela ambrósia medem cerca de 1,6mm, podendo alcançar 2,5mm. São circulares, oblíquos ou aparecem com pequenos canaletes sobre a superfície da madeira. Ao contrário dos orifícios escavados pelos *Lyctus*, seus túneis são sempre manchados. Estas manchas são produzidas pelos fungos de nome ambrósia.

Nos trópicos, a atividade destes insetos é intensa durante todo o ano, pois as condições de temperatura e umidade do ar destas regiões lhes são favoráveis. Já em clima temperado o ataque ocorre no verão e no inverno hibernam ou tornam-se inativos.

Por razões óbvias, a primeira preocupação dos produtores de toras e madeira serrada, que prezam pela qualidade de seus produtos, é a proteção contra o ataque da ambrósia.

No controle da ambrósia, a primeira medida a ser tomada, após a derrubada da árvore, é o seu processamento imediato nos meses de menor incidência do inseto. Porém, estes procedimentos são impraticáveis na região amazônica, podendo, a princípio, ser empregados somente por pequenos produtores. A remoção da casca é uma prática muito usada em países tropicais, contudo, a proteção é incerta.

2.4.5.3. *Anobium punctatum*

Coleóptero pertencente a família dos anobídeos, o *Anobium* sp. é freqüentemente encontrado em móveis. No exterior é conhecido como "common furniture beetle" e "wood worn".

O ataque de *Anobium punctatum* é frequente em peças de madeira situadas no interior das casas. É encontrado na Europa em geral. Atacam uma larga faixa de madeiras brancas (coníferas) e folhosas européias. Confinam seu ataque no alburno, embora possam entendê-lo para o cerne em certas condições. Raramente é reportado um ataque nas folhosas tropicais e, normalmente, não ocorre no Pinheiro-do-Paraná (8).

A madeira compensada à base de cola animal é susceptível ao ataque desses insetos. Poucos casos foram verificados com colas sintéticas (8).

As condições que favorecem a atividade larval destes insetos fazem com que a sua distribuição se restrinja a regiões temperadas, onde existe alto conteúdo de umidade e temperatura máxima não excedendo a 22°C. Fortes ataques podem ser favoráveis em condições abafadas como, por exemplo, em adegas (8, 15).

O besouro adulto perfura seu caminho através de uma fina camada superficial da madeira, fazendo um orifício de 1 a 2 mm de diâmetro. As fêmeas são avermelhadas ou marrom-avermelhadas, trazendo alguns pêlos amarelados e algumas pontuações nas asas.

2.4.5.4. *Xestobium rufovillosum*

Este besouro é membro da família Anobiidae. Conhecido na Inglaterra como "death watch beetle" este caruncho causa grandes estragos em construções antigas como igrejas, catedrais, museus e outras.

Seu comprimento varia de 6 a 9mm e sua cor é chocolate, apresentando pequenos pêlos amarelos. A larva adulta é ligeiramente maior que o inseto. Seu ciclo de vida sob condições de laboratório completa-se em 1 ano, mas no campo leva de 6 a 10 anos aproximadamente.

Na Inglaterra, este inseto aparece em fins de março e em princípio de junho desova. Cada fêmea bota em média de 40 a 60 ovos. Após cinco semanas da desova, a larva caminha pela superfície da madeira para depois cavar o túnel. Quando atinge o auge de seu crescimento se transforma em pupa (julho e agosto) e duas ou três semanas depois em inseto (fase adulta), o qual não emerge da madeira enquanto não chegar a primavera do ano seguinte. Seus orifícios de saída medem 3mm de diâmetro.

Apesar de não causar danos à madeira, é comum encontrar o *Korynetes caeruens* em peças atacadas pelo *Xestobium*, uma vez que sua larva alimenta-se da larva deste besouro. O inseto adulto é de coloração azul-metálico (10).

Segundo COLEMAN (10), a exterminação do *Xestobium rufovillosum*, através da borrifação com BHC sozinho ou misturado com dieldrin, é mais eficiente e econômica do que os tratamentos líquidos com inseticidas similares em solventes.

2.4.5.5. *Hylotrupes bajulus*

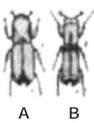
Segundo FRENCH (18), este inseto é de origem européia, porém, é largamente encontrado em países onde existem ou se utilizam coníferas.

O *Hylotrupes bajulus* pertence a família Cerambycidae, a qual é representada por mais de 5.000 espécies na região neotrópica (05), todas de natureza fitófaga e muitas delas conhecidas como "serradores" e "serra paus".

Segundo BORROR et alii (4), diferentes espécies atacam diferentes tipos de árvores e arbustos. Poucas atacam árvores vivas e a maioria prefere árvores recém-cortadas.

Particularmente, o *Hylotrupes bajulus* ataca a madeira de coníferas em estado são, detendo-se principalmente no alburno, embora, o ataque possa se estender ao cerne. Várias folhosas européias são susceptíveis a estes insetos (17). O inseto adulto mede cerca de 0,5 a 2cm de comprimento e apresenta coloração que varia de preto-amarronzado a preto, produzindo na madeira orifícios ovais de aproximadamente 1 x 5mm. Sua maior atividade se dá no verão (19).

Quadro 01 - Chave de Identificação dos Principais Coleópteros Degradadores de Madeira

Inseto	Nome comum Nome científico (1) família (2)	Características do inseto	Madeiras atacadas	Condições de umidade da madeira	Característica dos furos	Característica do pó produzido	Característica das galerias	Manchas nos orifícios
	<i>Lyctus</i> spp (1) Lyctidae (2)	Comprimento: 5 cm Cor: marron-escuro	Coníferas e folhosas só alburno contendo amido goma ou leite.	8 a 40% aproximadamente.	Circular, de 1 a 2mm de diâmetro. Ocasionalmente 3 mm.	Fino como talco. Lançado fora dos furos ou rachaduras.	Limpos, sem manchas, paralelo à grã. Um pino introduzido no orifício penetrará muito pouco.	Ausentes.
	Ambrosia A = <i>X. leborus</i> <i>anphicranoides</i> (1) A = <i>Seelytidae</i> (2) B = <i>Platypus schultzei</i> (1) B = Platypodidae (2)	A: Comprimento: 7mm B: Comprimento: 6mm Geral: cor marrom avermelhado a escuro, Corpo coberto com pequenos pêlos ou cerdas.	Coníferas e folhosas, cerne e alburno.	Madeira verde.	Circular, oblíqua, de 1 a 3 mm de diâmetro. As vezes aparecem como pequenos canaletos manchados.	Ausente.	Escuras, isoladas, Correm perpendicular à grã. Um pino introduzido no orifício penetrará profundamente.	Presentes, marrom-escuros. Costuma manchar também a periferia do orifício.
	<i>Anobium punctatum</i> (1) Anobiidae (2)	Comprimento: de 2,5 a 5mm Cor: marrom avermelhado, marrom escuro com pêlos amarelados e pontuações nas asas.	Coníferas e folhosas são ou apodrecidas, principalmente alburno. Mas frequente em folhosas européias com cerne e alburno distintos. Não ataca o Pinheiro-do-Paraná.	Madeira seca, madeira de interior de casas, móveis, adegas, etc.	Circular, de 1 a 2 mm de diâmetro.	Elipsoidal fino. Pequenas pelotas.	Túneis correndo perpendicular ou paralelo à grã. Aspecto de favo de mel. Um pino introduzido no orifício penetrará pouco.	Ausentes.
	<i>Xestobium rufovillosum</i> (1) Anobiidae (2)	Comprimento: de 6 a 9 mm Cor: chocolate com pequenos pêlos amarelados.	Madeiras velha de folhosas. Raramente coníferas, cerne e alburno.	Condições abafadas normalmente de forro de telhados, sótãos, pratos de paredes, catedrais, igrejas, etc.	Circular, de aproximadamente 3mm de diâmetro.	Grossoiro, formado de bolinhas e biscoito.	A madeira apresenta-se limpa e clara em seu interior.	Ausentes.
	<i>Hylotrupes bajulus</i> (2) Cerambycidae (2)	Comprimento: de 0,5 a 2 cm Cor: preto amarronzado a preto, pêlos cinzas.	Principalmente coníferas, raramente folhosas. Inicialmente alburno depois cerne.	Madeira seca, normalmente de cercas, portas, janelas, pisos a estruturas.	Oval, de 1 x 5 mm.	Cilíndrico, não é expelido.	Perpendicular e paralelo à grã. Reduzindo toda a madeira a pó. Um pino introduzido penetrará muito pouco.	Ausentes.

2.4.5.6. Formigas carpinteiras

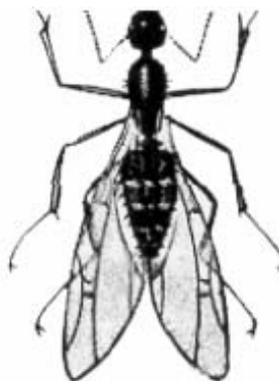
Segundo KOLLMAN (23), as formigas carpinteiras, da família Formicidae, formam um grupo de insetos responsáveis por estragos consideráveis na madeira em uso.

As formigas vivem em colônias com castas definidas e, algumas vezes, são confundidas com os cupins subterrâneos. As principais diferenças entre os dois insetos são:

- a) as formigas apresentam um estrangulamento marcante entre o tórax e o abdômen, o que não ocorre nos cupins;
- b) a formiga fêmea apresenta um par de asas mais curta que o outro, enquanto que nos cupins elas são todas de mesmo tamanho (25); e
- c) as formigas apresentam as antenas em ângulo, enquanto nos cupins as antenas são retas.



Cupim



Formiga

Figura 2 — **Diferenças morfológicas entre cupins e formigas**

De diversos tamanhos, pretas ou marrons, as formigas carpinteiras são facilmente encontradas não só em tocos ou árvores velhas caídas na floresta, como também em feridas basais e ocos de árvores vivas (21).

Embora as formigas não utilizem a madeira como alimento e sim como abrigo, o ataque pode se intensificar à medida que a colônia aumenta, inutilizando a peça em poucos anos (25).

Um ponto que pode ser explorado no controle das formigas, é que elas necessitam de um conteúdo de umidade superior a 15% para se estabelecerem na madeira.

Inseticidas tais como chlordane, DDT, aldrin e outros são frequentemente usados na exterminação destas colônias.

2.4.5.7. Abelhas

Assim como as formigas carpinteiras, algumas espécies de abelhas (*Xylocopa* spp) não utilizam a madeira como alimento e sim para desovar (23). A fêmea adulta perfura a madeira produzindo furos de 12mm de diâmetro.

Estes insetos iniciam sua galeria perpendicular às fibras da madeira até uma profundidade de 5 a 10 cm, depois caminham de 15 a 23 cm paralelamente às fibras onde, então, deixam seus ovos. As galerias são supridas com pólen, o qual servirá de alimentação durante o estado larval do inseto.

A madeira tratada desencoraja as abelhas a perfurá-las. Injeção de DDT, chlordane ou dieldrin nestas galerias é uma medida efetiva para exterminar ovos, larvas e pupas deste inseto (23).

2.4.5.8. Vespas

Algumas espécies deste inseto tais como: *Sirex juvencus*, *Sirex gigas*, *Sirex spectrune* e *Sirex noctilio* degradam produtos de madeira, depositando seus ovos em troncos caídos e em madeiras recém-cortadas.

São amplamente distribuídas pelo mundo, tendo sido introduzidas em vários países através das madeiras por eles importados.

Medindo de 1,5 a 5cm de comprimento podem ser de coloração escura, amareladas ou brancas

As fêmeas cavam pequenos orifícios através da casca ou da própria madeira onde depositam seus ovos. A pequena larva trabalha escavando a madeira e compactando o pó produzido atrás de si.

A secagem artificial e a esterilização por calor podem ser usadas na exterminação destes insetos. Sob outras circunstâncias, a fumigação com brometo de metila pode ser usada. Para proteção de toras costuma-se colocá-las em tanques de água ou lagos, girando-as frequentemente. A imediata utilização do material ajuda na prevenção do ataque.

2.4.6. Perfuradores marinhos

Segundo KOLLMAN (23), os perfuradores marinhos formam o terceiro grande grupo dos degradadores biológicos da madeira.

As várias espécies de organismos marinhos responsáveis por danos causados às estruturas de madeira (fixas ou flutuantes), podem ser separadas em duas categorias, conforme os seus costumes e a maneira pela qual atacam a madeira.

2.4.6.1 Moluscos

Os principais representantes deste grupo pertencem aos gêneros *Teredo* e *Parkia* da família Teredinidae e *Maresia* da família Pholadidae.

Os Teredos são os mais conhecidos. Apresentam um corpo vermiforme e são equipados com um par de ventosas em uma das extremidades, com os quais escavam a madeira. Podem chegar até um metro de comprimento (23), mas normalmente são de alguns centímetros, com poucos milímetros de diâmetro. Segundo MARTINEZ (27), no início acreditava-se que estes organismos penetravam na madeira somente para proteger-se, porém, investigações recentes demonstraram que a própria madeira (celulose e hemicelulose principalmente) é digerida, completando a alimentação de plânctons e partículas orgânicas existentes na água.

A *Martesia* apresenta todo o corpo envolto em uma casca de 2 a 4 cm de comprimento. Algumas vezes, escava a madeira a uma profundidade maior que seu comprimento. Uma vez atingido o seu tamanho adulto ela cessa a perfuração. Este animal não se alimenta da madeira, mas ingere plânctons e outros microorganismos para sua nutrição.

2.4.6.2. Crustáceos

Neste grupo, segundo LEPAGE (25), a *Limnoia* é o crustáceo xilófago mais difundido no mundo.

Embora este animal escave paralelamente à superfície, perfurando somente alguns centímetros de profundidade, os danos são grandes, pois o ataque à madeira é realizado por uma quantidade numerosa destes crustáceos (23).

O comprimento da *Limnoria* varia de 3 a 6mm (21), possuindo 3mm de largura (25). Podem ser encontrados em águas turvas e utilizam a madeira como fonte de alimentação e local de desova.

3. 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.

Alguns métodos de proteção de toras envolvem aplicações de substâncias químicas ou simplesmente barreiras contra o ataque de organismos xilófagos. No entanto, todos visam o estabelecimento de condições desfavoráveis ao desenvolvimento de agentes degradadores. Os requisitos necessários para o crescimento dos fungos na madeira são:

- nutrientes
- temperatura
- suprimento de oxigênio
- conteúdo de umidade da madeira
- pH

O controle de qualquer um desses fatores pode impedir ou retardar o desenvolvimento de fungos e insetos.

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 (29, 37, 38), 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

técnicas contra a degradação ou defeitos gerados durante a estocagem de toras encontra-se no Quadro 2.

Quadro 2 — Eficiência das várias técnicas de proteção contra os possíveis defeitos surgidos durante a estocagem de toras.

DEFEITOS	TÉCNICA DE PROTEÇÃO				
	ARMAZENAGEM EM ÁGUA		Spray ou Jatos de água	Vedação ² dos extremos	Spray com Inseticida / fungicida
	Toras flutuantes	Toras submersa			
Tendência da tora para secar	Alta-baixa ¹	Alta	Alta	Média alta	Ineficiente
Manchas causadas por fungos	Alta-baixa ¹	Alta	Alta	Alta	Alta
Manchas causadas por oxidação	Alta-baixa ¹	Alta	Alta	Alta	Ineficiente
Apodrecimento	Alta-baixa ¹	Alta	Alta	Alta	Alta
Ataques de Insetos	Alta-baixa ¹	Alta	Alta	Alta	Alta

1 Alta eficiência para as partes submersas e baixa para as partes não submersas.

2 Usado quando as toras devem ficar armazenadas por um período não muito longo e quando o spray ou jatos de água apresentam um alto custo.

4. 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; e
- 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.

4.1. Preservativos oleossolúveis

4.1.1. Creosoto

Derivado da destilação do alcatrão da hulha, o creosoto é um óleo de cor escura e de odor característico. Sua composição envolve mais de 200 compostos químicos compreendendo, basicamente, hidrocarbonetos, ácidos e bases de alcatrão. A porcentagem destes componentes varia de acordo com a natureza do alcatrão e de sua destilação. Normalmente, a composição média é de 3 a 5% de ácidos de alcatrão e uma porcentagem pouco maior de bases de alcatrão.

Este preservativo é altamente eficaz devido a sua considerável toxidez a organismos xilófagos e a sua característica de repelência a água. O creosoto é resistente a lixiviação e, normalmente, não é corrosivo aos metais, além de proteger a madeira contra fendilhamento e adversidades climáticas.

É recomendado para madeiras que serão utilizadas em situações de alta incidência de ataque de organismos xilófagos.

A madeira tratada com creosoto apresenta uma desvantagem, pois mostra-se oleosa, não aceitando pintura.

Mesmo sendo considerado um preservativo altamente eficaz, o creosoto, em algumas oportunidades, tem se mostrado insuficiente no controle de certos decompositores de madeira, necessitando da adição de outros compostos químicos com objetivo de fortalecê-lo, melhorando a sua performance.

4.1.2. Pentaclorofenol

O pentaclorofenol é um preservativo organoclorado obtido pela cloração direta do fenol, de baixa pressão de vapor e essencialmente insolúvel em água. É extremamente tóxico aos organismos xilófagos, não é volátil, não corroe os metais e é resistente a lixiviação.

Os solventes utilizados como veículos do pentaclorofenol vão desde o petróleo bruto, no caso do tratamento para dormentes, até óleos leves do tipo diesel, quando se deseja um tratamento mais limpo. Outros veículos como querosene, varsol, óleo de linhaça, acetona, álcool etílico e etc., podem ser utilizados, dependendo do uso final da madeira tratada.

O pentaclorofenol pode ser utilizado juntamente com outros preservativos para aumentar a eficiência destes, principalmente em situações bastantes desfavoráveis à madeira.

4.2. Preservativos hidrossolúveis

Normalmente os preservativos hidrossolúveis são compostos de um ou mais componentes tóxicos. Teoricamente, quanto maior o número de compostos em um único produto, maior será a eficiência deste para diferentes espécies de fungos e insetos. Entretanto, a combinação de muitos compostos químicos pode gerar reações químicas que anulam certas características do produto como preservativo.

Em muitos casos a utilização de dois ou mais compostos químicos em um único produto provoca a precipitação de um terceiro, insolúvel na madeira. Exemplos destas formulações são: o CCA, formado por sais de cromo, cobre e arsênio; e o CCB que é uma mistura de sais de cromo, cobre e boro.

Como estas formulações podem existir nas mais variadas porcentagens de cada componente, uma uniformização foi conseguida através de padrões,

chamados ingredientes ativos, os quais expressam a composição ponderal, em porcentagem, das referidas formulações. Como exemplo, temos:

Tabela 1 — **Formulações do Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)**

Ingredientes Ativos	Tipos de CCA		
	A	B	C
CrO ₃	65,5%	35,3%	47,5%
CuO	18,1%	19,6%	18,5%
As ₂ O ₅	16,4%	45,1%	34,0%

Outras formulações como o CCB, ACA, ACC e o FCAP também servem como exemplos.

5. MÉTODOS DE TRATAMENTO DA MADEIRA

Os produtos de madeira que geralmente necessitam de tratamento preservativo são:

- postes de eletricidade;
- dormentes;
- madeira serrada e de construção;
- pilotis;
- moirões;
- travessas de postes;
- madeira compesada, aglomerada, sarrafeada e chapas de fibras (quando utilizadas em condições que favoreçam o ataque de fungos e insetos).

Atualmente, muitas madeiras têm sido tratadas eficientemente com custos moderados através de vários métodos, porém, algumas espécies são

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.

5.1. Métodos sem pressão

5.1.1. 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.

5.1.2. 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.

5.1.3. 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 pulveriza-

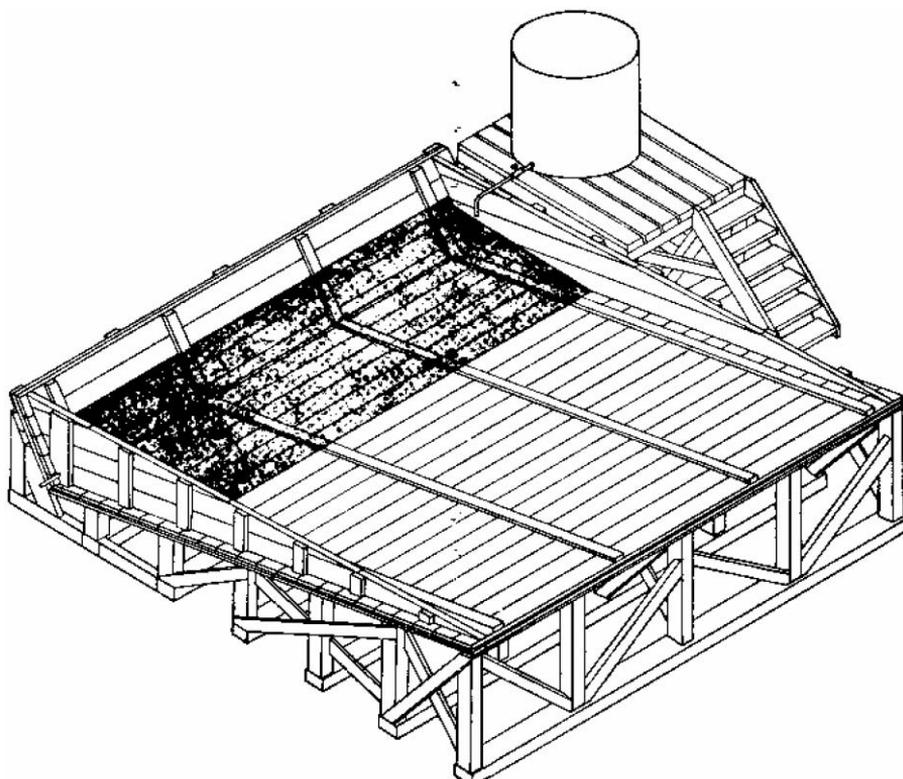


Figura 3 — Tanque para imersão simples

dor, 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.

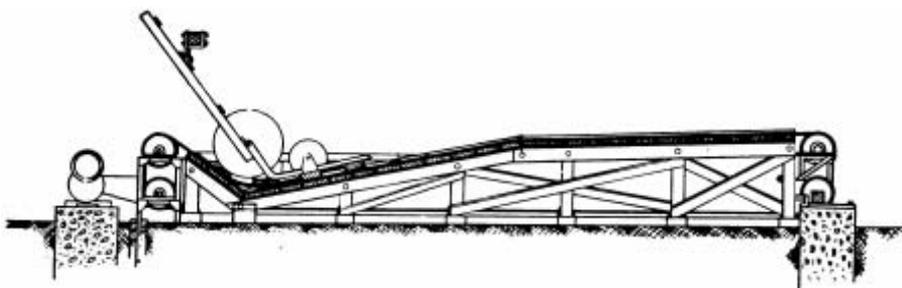


Figura 4 – Tanque para imersão automática de madeira recém-serrada.

5.1.4. 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.

5.1.5. 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.

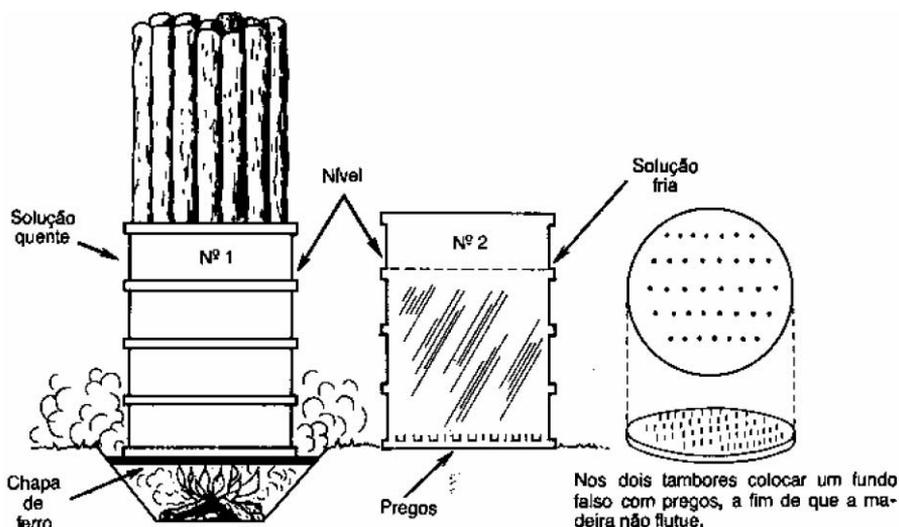


Figura 5 — Tratamento pelo método de banho quente-frio

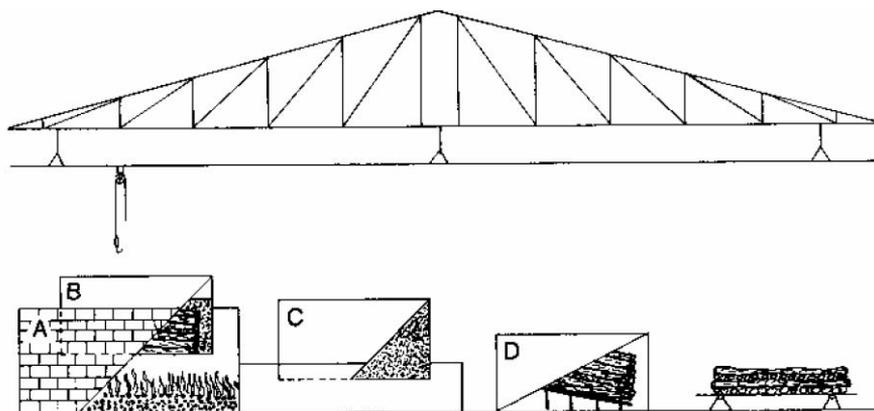


Figura 6 — Sistema semi-industrial para o banho quente-frio

5.1.6. 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 ions 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 ions é feita em meio líquido. O período de armazenagem normalmente dura 4 meses, tempo em que ocorre a fixação do preservativo na madeira.

5.1.7. 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 de cromato 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.

5.1.8. 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.

5.1.9. 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.

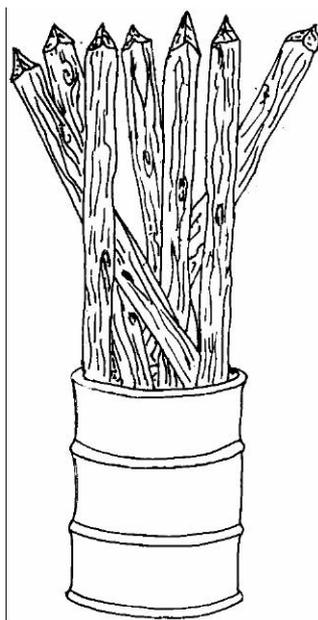


Figura 7 – Tratamento pelo método de substituição de seiva

5.2. 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 de 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 a 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.

5.2.1. 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^2 , 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

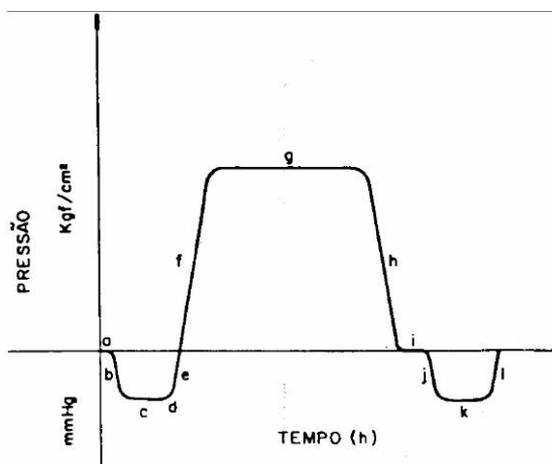


Figura 8 -Processo Bethell

5.2.2. 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^2 , 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^2 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 (madeira)
- b) pressão de ar
- c) manutenção da pressão e injeção da solução preservativa
- d) aplicação da 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

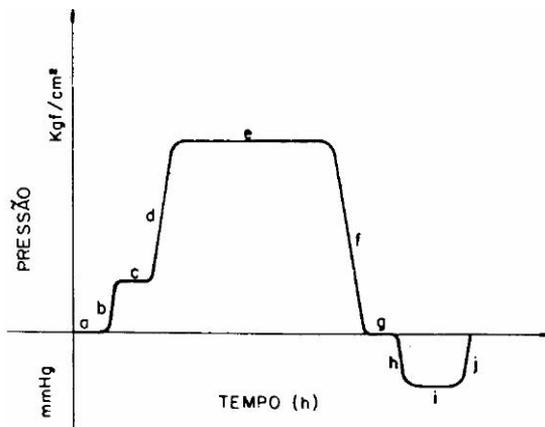


Figura 9 -Processo Rueping

5.2.3. 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.

A Figura 10 representa esquematicamente o processo Lowry, onde:

- a) injeção de preservativo
- b) aplicação de pressão
- c) manutenção da pressão
- d) liberação da pressão
- e) retirada da solução preservativa
- f) vácuo final
- g) manutenção do vácuo final
- h) liberação do vácuo final

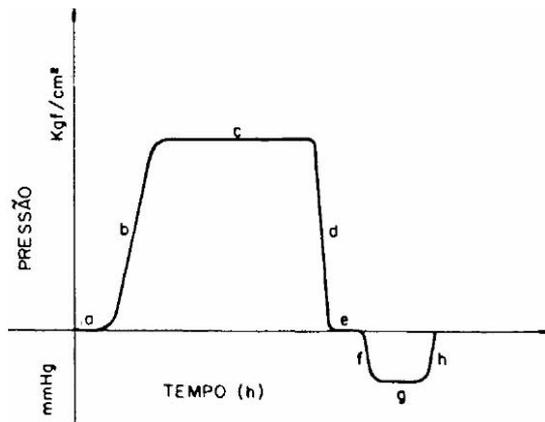


Figura 10 — Processo Lowry

5.2.4. Processo MSU

Este processo foi desenvolvido pelo Dr. W. C. Kelso do Laboratório de Produtos Florestais da Universidade do Estado de Mississippi (Mississippi State University).

Após o período de aplicação de pressão, o preservativo é retirado mantendo-se a pressão interna do 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 conterà açúcares e outros agentes redutores, os quais, causariam a precipitação parcial dos sais preservantes, desbalanceando a concentração da solução.

O esquema gráfico do processo MSU aplicado ao processo de célula vazia encontra-se na Figura 11.

- a) ar inicial
- b) admissão do preservativo
- c) período de pressão
- d) retirada do preservativo mantendo-se a pressão
- e) admissão de água ou vapor d'água
- f) período de fixação
- g) remoção da água ou vapor de água mantendo-se a pressão
- h) pressão aliviada
- i) vácuo final
- j) remoção do vácuo

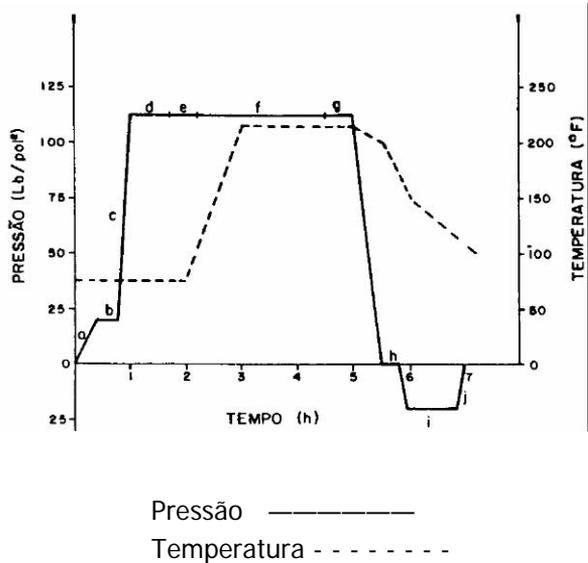


Figura 11 — Diagrama do Processo MSU

6. 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.

6.1 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.

6.2. Ensaios 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.

6.3. 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 freqüentemente 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 a metade das amostras enterradas, de uma espécie de madeira, se deteriore. Este tempo pode ser estimado através de inspeções realizadas, periodicamente, nos campos de apodrecimento.

7. 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^3 . 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), conforme Figura 12

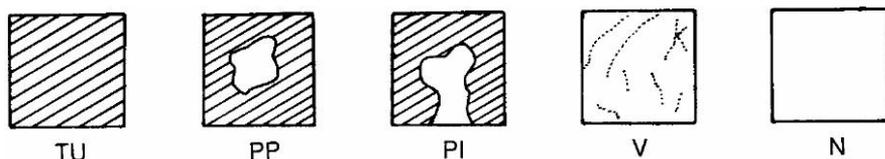


Figura 12 – Tipos de penetração do preservativo na madeira (seção transversal).

Uma peça de madeira que apresenta uma alta retenção, porém com penetração irregular, não está devidamente preservada, pois estas áreas isentas 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.

7.1. 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^2 (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^2 sendo que a mais usual fica em torno de 14kgf/cm^2 .

7.2. 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.

7.3. 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANÔNIMO. 1969. The **House Longhorn Beetle**. Forest Products Research Laboratory, Princes Risborough, Aylesbury, Buckes. (Technical Note n° 39).
2. ANÔNIMO. 1970. The **Death –Watch Beetle**. Forest Products Research Laboratory, Princes Risborough, Aylesbury, Buckes. (Technical Note n° 45).
3. BAZAN DE SEGURA, C. 1970. Mancha azul de algunas maderas tropicales peruanas. **Revista Florestal del Perú**, 4(1-2):25-30.
4. BORROR, D.J. & DELONG, D.M. 1969. **Introdução ao estudo de insetos**. São Paulo, Edgard Blucher, 653 p.
5. BROWN, G.E & ALDEN, H. M 1960. Protection from Termites. Penta for Particleboard. **Forest Products Journal (10)**.
6. BURKHARDT, E.C. & WAGNER, F.G. 1978. End treatment of hackberry logs to prevent blue stain. **Forest Products Journal**, 28(1): 36-38.
7. BUTCHER, J.A. & DRYSDALE, J. 1974. Field trials with captafol-an acceptable antisapstain chemical. **Forest Products Journal**, 24(11): 28-30.
8. CARTWRIGHT, K.S.T.G. & FINDLAY, W. P.K. 1958. **Decay of timber and its prevention**. London Her Majesty's Stationery Office. 332 p.
9. CAVALCANTE, M.S. 1979. Preservação de madeiras no Brasil. **Pesquisa & Desenvolvimento**, São Paulo (Publicação IPT, 1122).
10. COLEMAN, G.R. 1975. **Control of death of watch beetle in historic buildings**. BRE Information 08/75.

11. CSERJESI, A.J. & ROFF, J.W. 1975. Toxicity test of some chemicals against certain wood-staining fungi. **International Biodeterioration Bulletin**, 11(3): 59-68.
12. DESAI, R.L. & SHEILDS, J.K. 1975. Inhibiting fungi in dip treated zinc. **Canadian Forest Industries** 96(4).
13. DICKINSON, D. J. 1977. The effective control of blue stain and mold on freshlyfelled timber.
14. ESEITHER, G.R. 1964. Effectiveness following Kiln-drying of insecticides applied to green lumber to control lyctus powder post beetle a Hack. **Forest Products Journal**.
15. FAIREY, K.D. 1974. Timber bores of common occurrence. Forest Commission of New Wales. **(Technical Publication n° 18)**.
16. FORTIN, Y. J. B. 1976. **Natural durability and preservation of one hundred tropical African woods**. University of Laval, Quebec, Canadá.
17. FRANCIA, C.F. **Pinholes in logs and lumber. The economic significance, biology and control of the insects causing them**. Forest Products Institute. College Laguna. Philippines.
18. FRENCH, J.R.J. **The european house borer. *Hylotrupes bajulus* (L.)**. Forestry Commission of New Wales, Division of Wood Technology. (Technical Publication, n° 4).
19. GONZÁLEZ, V. R. 1970. Características de penetrabilidad de 53 especies flores tales de Yurimaguas. **Revista Florestal del Perú**, 4(1-2): 75-89.
20. HULME, M.A. & THOMAS, J.F. 1975. Stain control in eastern white pine using ammoniacal zinc oxide in mill conditions. **Forest Products Journal**. 25(6):36-39.
21. HUNT, M.G. & GARRAT, G.A. 1963. **Wood Preservation**, New York, McGrawHill, 433p.

22. ILHAN, R.O. Taskin & PERTEN, A.P. 1976. Studies on the control of blue stain by using some chemicals. **Journal of the Turkish Forest Research Inst. (Technical Bulletin n° 38)**.
23. KOLLMAN, F.F.P. & CÔTE, Jr. W.A. 1968. **Principles of wood science and technology**. I. Solid Wood. Berlim, Springer-Verlag. 552 p.
24. LELIS, A. T. 1976. Cupins – prevenção e erradicação. **Preservação de Madeiras**. São Paulo. 6/7 (1): 51-58.
25. LEPAGE, E. S. 1974. Preservação de Madeiras. **Boletim técnico Conv. IBDF-IPT-ABPM**, São Paulo, 2(1): 37-83.
26. LEVY, J. S. 1979. Fundamental records in wood preservation (Lectures delivered to the thirty-sixth session of the Timber Committee).
27. MARTINEZ, J.B. 1952. **Conservación de la madera en sus aspectos técnico, industrial y económico**. Madrid. Ministério de Agricultura, Instituto Florestal de Investigaciones y Experiencias, v-1, 550 p.
28. MCGREGOR, G.H. 1958. The immunisation of timber against attack by powderpost beetle (*Lyctus brunneus*) with borates.
29. OSTAFF, D. 1976. **Protect your logs-don't give wood bores chance**. Canadian Forest Service, Eastern Forest Products Lab. Ottawa, Canadá (Bulletin LD 8E).
30. PETERS, R.C. 1977. Dipping Lumber: a different approach. Furn Design e Mtg.
31. ROBERTS, H. 1977. Cuando los perforadores de la ambrósia atacan a los árboles de caoba en Fiji. **Unasyva**. 29(117): 25-28.
32. ROFF, J. W.; CSERJESI, A.J. & SWANN, G. W. 1974. **Preservation of sapstain and mold in packaged lumber**. Canadian Forestry Service, Vancouver - Canada, (Publication n° 1325).

33. SCHEFFER, T. C. 1973. Microbiological degradation and the causal organisms. In: NICHOLAS, D. D., ed. **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments**. Syracuse, Syracuse University Press, v.1.
34. SHIELDS, J.K. DESAI, R.L. & CLARKE, M.R. 1974. Ammoniacal zinc oxide treatment as an inhibitor of fungi in pine lumber. **Forest Products Journal**. 24(2): 54-57.
35. SLOOTEN, H.J. van der & AUNE, J.E. Preservacion de Madera. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la OEA, Centro de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica. (Apostila).
36. SOBRAL, F. M.; SOUZA, MENDES A. de & DAHLGREN, M. E. 1979. Considerações preliminares sobre a armazenagem da madeira de Tucuruí, Laboratório de Produtos Florestais – DPq-IBDF.
37. WAGNER, F.G. 1976. Experience with stain, decay and insects in mid-south log storage yard. **Southern Lbrman 323 (2874)**.
38. WAGNER, Jr. F. G. 1977. Preventing degrade in storage southern logs. **Southern Lbrman 235 (2920)**.
39. WATSON, C.J.J. & SMITH, W.J. 1962. **Bores in timber - indentification and eradication**. Queensland Forestry Department. Advisory Leaflet n° 07.
40. WILKINSON, J.G. 1979. **Industrial timber preservation**. Associated Business Press. Londres. 532 p