

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALESSANDRA MONIQUE WEBER

**ESTUDO DA BIODETERIORAÇÃO EM CHAPAS DE OSB E MDF
CAUSADA POR FUNGOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

ALESSANDRA MONIQUE WEBER

**ESTUDO DA BIODETERIORAÇÃO EM CHAPAS DE OSB E MDF
CAUSADA POR FUNGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes.

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso N° 33

ESTUDO DA BIODETERIORAÇÃO EM CHAPAS DE OSB E MDF CAUSADA POR FUNGOS

por

Alessandra Monique Weber

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 8h20min do dia 20 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Douglas Fukunaga Surco

(UTFPR)

Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta

(UTFPR)

Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

À minha família, pelos momentos de
ausência, de compreensão e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Jair e Eltrita que além do apoio para esta formação acadêmica, são modelos de vida. Obrigada por sempre me darem forças para superar todos os obstáculos e acreditarem nos meus sonhos. Ao meu irmão André e minha vó Noemia, pelo apoio sempre presente e o carinho. Tudo vale a pena por causa de vocês. À minha família, minha eterna gratidão.

Ao Professor Jorge Luís Nunes de Góes, que me acolheu desde o início, sem você este trabalho não seria possível. Sou muito grata por ter sido sua orientanda, e por toda paciência e conhecimento que você repassou para mim.

À todos os professores que contribuíram durante a minha graduação desenvolvendo aptidões para eu ter chegado até aqui.

Aos meus colegas de sala, agradeço toda ajuda e apoio, esta graduação ficou mais amena com a presença de vocês. Sem alguns o caminho percorrido ficaria mais difícil.

E aos meus amigos que não só estiveram nos momentos bons, mas também nos difíceis, que sempre me apoiaram, me ajudaram a seguir em frente e a superar todas as dificuldades que o curso e a vida trouxeram. Muito obrigada pelas eternas memórias dos melhores momentos desse período da graduação, levarei todos no meu coração. Meus sinceros agradecimentos especialmente à: Alexandre Tomitaka, Aline Leutner, Aline Pitol, Erico Rafael, Gustavo Simoneli, Lívia Fernanda, Raí Nagaoka e Viviane Suzuki. Agradeço também à Anieli Garbin, pelo apoio e carinho mesmo distante.

Por todos que contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho e torceram por mim, o meu reconhecimento.

RESUMO

WEBER, A. M.. **Estudo da Biodeterioração em Chapas de OSB e MDF Causada por Fungos.** 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Os sistemas construtivos em madeira vêm ganhando destaque na construção civil atualmente devido principalmente por ser considerada sustentável, condição necessária para novas habitações, no momento em que vivemos. Ocorre que sem o devido conhecimento das novas tecnologias podem ocorrer problemas relativos a erros de projeto e também de execução, comprometendo a durabilidade de edificações. A proliferação de fungos xilófagos que é comum ocorrer em madeiras no seu estado natural, atualmente também está se desenvolvendo em produtos derivados da madeira utilizado no sistema construtivo conhecido como *wood frame*. O Brasil possui condições climáticas propícias para o desenvolvimento dos fungos. Os fatores ambientais influenciam no projeto final e a principal medida a ser adotada é evitar a umidade na madeira. A infestação de fungos pode gerar prejuízos estéticos, estruturais e até à saúde humana. Os preservantes utilizados para prevenção e correção da infestação desses microorganismos são altamente tóxicos, sendo prejudiciais à saúde e ao meio-ambiente. A busca por métodos mais sustentáveis para o controle de infestações deve se aprimorar, como maneira a prevenir esses fatores desfavoráveis. Assim este trabalho tem como objetivo indicar através de estudo bibliográfico detalhes construtivos para o sistema *wood frame* que previnam o ataque dos fungos de forma mais eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Produtos derivados da madeira. Organismos xilófagos. Preservativos. Detalhes construtivos.

ABSTRACT

WEBER, A. M.. **Study of biodeterioration in OSB and MDF panels caused by fungi.** 2014. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

The wood construction systems have been gaining prominence in construction currently due mainly to be considered sustainable, necessary condition for new housing at the time in which we live. What occurs is that without proper knowledge of new technologies, problems related to design errors and also execution might happen, compromising the durability of buildings. The proliferation of wood decay fungi which is usual in the woods in their natural state, currently it is also been developing in wood products used in construction system known as wood frame. Brazil has favorable climatic conditions for fungal growth. Environmental factors influence the final design and the main measure to be taken is to avoid moisture in the wood. The fungus infestation can cause aesthetic and structural damage, even being harmful to human health. The preservatives used to prevent and correct the infestation of these microorganisms are highly toxic and are harmful to health and the environment. The search for more sustainable methods for controlling infestations should enhance, as a way to prevent these unfavorable factors. So this paper aims to indicate through bibliographic study for wood frame construction system to prevent the attack of fungi more efficiently and sustainably details.

Keywords: Wood products. Wood-decay organisms. Preservatives. Construction details.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As camadas da árvore	13
Figura 2 - Representação esquemática de uma célula vegetal.....	15
Figura 3 - Estrutura da parede do sistema wood frame	18
Figura 4 – Orientação das tiras nas camadas da chapa de OSB.....	19
Figura 5 - Chapas de MDF	20
Figura 6 - Vigas I-joists.....	21
Figura 7 - Processo de fabricação do OSB: (a) toras a serem descascadas e cortadas; (b) tiras; (c) colchão entrando na prensa; (d) saída das chapas prontas	22
Figura 8 - Processo de produção de chapas de MDF	23
Figura 9 - Bactérias no interior das cavidades celulares	24
Figura 10 - À esquerda a broca de madeira e à direita cupim-de-solo e cupim-de-madeira.....	25
Figura 11 - Ciclo de vida de um fungo apodrecedor da madeira.....	26
Figura 12 - Características de madeira atacada por fungos manchadores: (a) penetração pelo topo; (b) penetração pelos nós; (c) penetração radial.....	28
Figura 13 - Madeira atacada por fungos emboloradores: à esquerda aspecto macroscópico e à direita a superfície aplainada	29
Figura 14 - Madeira atacada por fungos manchadores: à esquerda aspecto macroscópico e à direita superfície aplainada	30
Figura 15 - Aspecto das madeiras atacada por fungos apodrecedores	30
Figura 16 - Característica da madeira atacada por fungos de podridão-mole.....	31
Figura 17 – Aparência do fungo de podridão-branca desenvolvido em chapa de OSB	32
Figura 18 - Características de madeira atacada por fungos de podridão-parda	32
Figura 19 - Fluxograma que mostra as principais decisões a serem tomadas na utilização de madeira em edificações	35
Figura 20 - Aplicação do preservante por pincelamento em peça pronta para instalação.....	39

Figura 21 - Aspersão do preservante na madeira: a) peça com dimensões finais, pronta para instalação; b) madeira tratada e estocada em local abrigado das intempéries	40
Figura 22 - Usina de tratamento de madeira: a) layout de uma usina convencional para tratamento com preservante hidrossolúvel; b) detalhe de uma autoclave carregada com madeira serrada	41
Figura 23 - Vista do Processo Gewecke em execução	42
Figura 24 - Planta de tratamento com autoclave de seção transversal retangular, utilizada para o tratamento por processo duplo-vácuo	43
Figura 25 - Utilização do sistema de drenagem	48
Figura 26 - Tipos de apoios para evitar a umidade	49
Figura 27 – Proteção conferida pelos beirais do telhado	50
Figura 28 - Madeira levantada acima da zona de respingo.....	50
Figura 29 - Superfície inclinada e protegida.....	51
Figura 30 - Corte demonstrativo com detalhes estruturais.....	52
Figura 31 - Membrana hidrófuga	53
Figura 32 - Sobreposição da membrana nas junções	53
Figura 33 – Seção transversal da parede: cavidade ventilada por trás do revestimento	55
Figura 34 - Detalhes dos locais para ventilação.....	56
Figura 35 - Correta armazenagem da madeira em canteiro de obra.....	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 JUSTIFICATIVA	11
4 DESENVOLVIMENTO	12
4.1 MADEIRA E SUA ESTRUTURA	12
4.1.1 Macroestrutura da Madeira	12
4.1.2 Microestrutura da Madeira.....	14
4.2 MADEIRA COMO MATERIAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
4.2.1 Materiais Derivados da Madeira com Ênfase no OSB e MDF	17
4.3 AGENTES BIODETERIORADORES	23
4.3.1 Bactérias	24
4.3.2 Insetos.....	24
4.3.3 Fungos	26
4.4 PRESERVAÇÃO DA MADEIRA.....	33
4.4.1 Preservativos da Madeira.....	36
4.4.2 Métodos de Tratamento da Madeira	37
4.4.2.1 Métodos preventivos	38
4.4.2.2 Métodos curativos	43
4.4.1 Tendências no Controle da Biodeterioração em Madeiras.....	45
4.5 ELEMENTOS CONSTRUTIVOS PREVENTIVOS	46
4.5.1 Detalhes Construtivos Contra a Ação da Capilaridade	47
4.5.2 Projeto de Águas Pluviais.....	49
4.5.3 Membrana Hidrófuga.....	52
4.5.4 Detalhes para Ventilação nas Vedações.....	54
4.5.5 Outras Recomendações.....	56
5 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A madeira apresenta propriedades que a tornam um diferencial no mercado, como a facilidade de fabricação de diversos produtos industrializados, p bom isolamento térmico, entre outros. Mas por ser um material natural apresenta também defeitos, como nós, fendas e suscetibilidade ao ataque de organismos xilófagos (PFEIL; PFEIL, 2003). Entretanto, estes aspectos desfavoráveis podem ser superados quando utilizado produtos derivados da madeira (como OSB e MDF) com o devido tratamento e sistemas estruturais adequados.

No Brasil, o sistema construtivo mais comum ainda é o de alvenaria, mas a demanda por produtos derivados da madeira está cada vez mais crescente no mercado. Desse modo é imprescindível garantir a qualidade destes produtos.

Atenta-se para o fato da identificação de deterioração em chapas de OSB e MDF por consumidores, o que pode causar prejuízos estéticos na construção ou até afetar a saúde humana dependendo do tipo de fungo.

Conforme Brand, Anzaldo e Moreschi (2006) é importante ressaltar que há preocupação com as questões ambientais e, com a saúde dos operadores dos processos de tratamento preservante e dos consumidores da madeira tratada. Assim cria-se a necessidade do desenvolvimento de métodos diferenciados para o controle da preservação da madeira.

Dessa forma, o estudo da biodeterioração em chapas de OSB e MDF se faz necessário para que sejam analisadas formas para controlar a infestação de uma maneira menos prejudicial, através da indicação de detalhes no projeto que evitem a infestação por fungos xilófagos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo sobre a durabilidade de construções em madeira, frente às condições climáticas que acarretam a proliferação de fungos, e dessa forma indicar detalhes construtivos como prevenção.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a anatomia da madeira e as características dos seus produtos derivados.
- Estudar os fungos xilófagos e os fatores climáticos que mais favorecem seu surgimento.
- Discorrer sobre produtos antifúngicos para o tratamento de chapas infestadas.
- Estudar detalhes construtivos para prevenir ou evitar a infestação de agentes biológicos nas chapas de OSB e MDF.

3 JUSTIFICATIVA

Na construção civil os Produtos Engenheirados de Madeira (PEM) vem alcançando um status relevante tanto em usos estruturais quanto nos não estruturais, alavancado principalmente por questões ambientais. São exemplos de PEM as chapas de OSB, MDF, compensado, etc. que estão sendo utilizados na indústria moveleira e de construção civil.

Atualmente percebe-se que quando na presença de umidade ambiente e temperatura relativamente baixa, para os padrões brasileiros, os derivados de madeira vêm apresentando a ocorrência de fungos. Segundo o fabricante as chapas são produzidas com resinas antifúngicas e inseticidas, entretanto na prática vem se observando a infestação por fungos.

As chapas de OSB são utilizadas no sistema construtivo *wood frame* e são responsáveis pela capacidade suporte das edificações. Não há registro no Brasil sobre problemas estruturais causados pelos fungos em chapas de OSB, entretanto, a infestação pode causar graves problemas de saúde, principalmente respiratórios.

Sabe-se que o país possui excelentes condições climáticas para o desenvolvimento de fungos e, portanto os materiais empregados nas construções devem considerar esta característica.

Estudos devem ser realizados de forma a avaliar os possíveis fatores determinantes para o surgimento dos fungos e também as técnicas e produtos que possam ser utilizados para o tratamento das chapas. Técnicas construtivas também devem ser estudadas como medida preventiva, evitando a necessidade de aplicações de produtos químicos.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 MADEIRA E SUA ESTRUTURA

Antes de expor sobre os fungos xilófagos, se faz necessário entender a estrutura anatômica da madeira. Essa introdução ao assunto colabora com a compreensão do ataque dos organismos xilófagos, que possuem a madeira como fonte de alimento.

Segundo Burger e Richter (1991, p. 11) o conhecimento da anatomia da madeira serve para estudar as células constituintes do lenho assim como suas funções, organizações e peculiaridades estruturais.

As árvores são consideradas pela botânica como vegetais superiores e são subdivididas em gimnospermas e angiospermas. Do grupo das gimnospermas, apenas as coníferas produzem madeira. E do grupo das angiospermas são as dicotiledôneas que produzem madeira, mas como nem toda dicotiledônea gera madeira, as que fornecem madeira são chamadas de folhosas (SZÜCS et al, 2005).

Gesualdo (2003, p. 4) cita exemplos de árvores coníferas e folhosas que geram madeira para a construção civil. Os dois exemplos importantes de árvores coníferas são o Pinus e Pinho do Paraná. Já das árvores folhosas destacam-se a Peroba Rosa, os Eucaliptos (Citriodora, Tereticornis, Robusta, Saligna, Puntacta, etc.), Ipê, Mogno, Pau Marfim, Angico, Jatobá e Angelim Vermelho.

4.1.1 Macroestrutura da Madeira

A árvore é dividida em raiz, tronco e copa, o tronco é responsável por sustentar a copa e conduz por capilaridade a seiva bruta da raiz até as folhas e a seiva elaborada das folhas para o lenho em crescimento (SZÜCS et al., 2005).

Para ser feito o corte é interessante aguardar a maturidade da árvore, variando conforme a espécie, sendo o momento em que o cerne atinge grande parte do diâmetro do tronco e a madeira possuirá sua maior taxa de durabilidade natural. O inverno pode ser considerado uma boa época para o abate da árvore, podendo

proporcionar uma secagem lenta da madeira e melhor, o que evitaria o aparecimento de fendas, que são vias de acesso aos agentes biodeterioradores e também a madeira apresenta menor quantidade de amido, seiva elaborada e fosfato que são os nutrientes desses mesmos agentes (MARQUES, 2008).

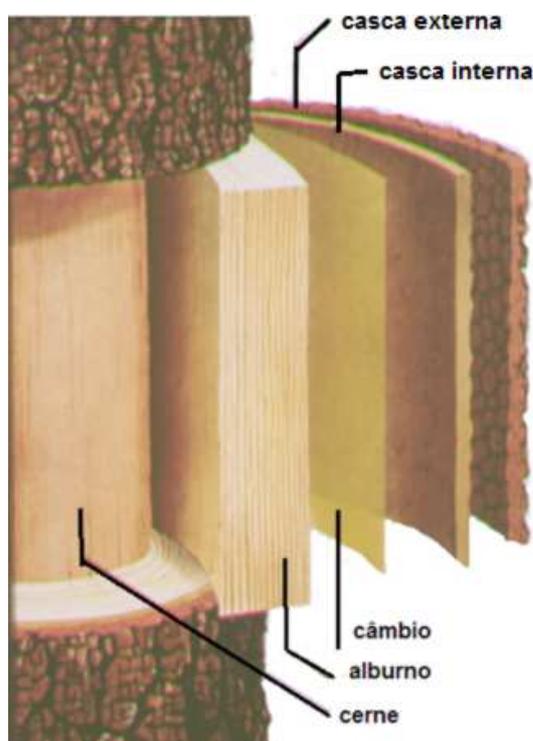


Figura 1 - As camadas da árvore
Fonte: Morris (1997).

O corte transversal do tronco de uma árvore é composto pelas seguintes camadas: casca, alburno, cerne e medula (Figura 1). A casca é uma camada morta da árvore que a protege externamente dos agentes físicos e químicos. Após a casca encontra-se o câmbio, camada fina de tecido vegetal responsável pelo crescimento da árvore. O alburno é formado por células vivas que transportam a seiva das raízes até as folhas, com o desenvolvimento da árvore essas células vivas ficam inativas e se transformam em parte do cerne, que tem como função sustentar o tronco. (BRITZ; NOGUEIRA, 2006).

A medula, constituída de tecido parenquimático, é suscetível ao aparecimento de fungos, causando o efeito conhecido como toras ocas (BURGER; RICHTER, 1991, p. 29).

Conforme o crescimento das árvores, as células do alburno perdem sua função de transporte de alimento e se transformam em porção do cerne. Segundo Lelis et al. (2001) é no cerne que são depositados os extrativos, que desenvolvem na madeira propriedades como aroma, cor e gosto, e ainda em algumas espécies podem inibir os organismos xilófagos. Este é o preservativo natural da madeira, que depende da qualidade e quantidade de extrativos na madeira para possuir uma resistência alta, média ou baixa. No alburno não são encontradas tais substâncias, o que o torna mais suscetível à infestação de organismos xilófagos.

Dessa forma, de acordo com Pfeil e Pfeil (2003) a madeira a ser utilizada em construções deve ser extraída do cerne, já que é mais durável. Sendo o alburno mais higroscópico essa parte se torna mais sensível à biodeterioração. Mas por outro lado o alburno absorve melhor as substâncias protetoras, sendo difícil a comparação de melhor durabilidade quanto ao alburno ou ao cerne.

4.1.2 Microestrutura da Madeira

A madeira é composta por substâncias químicas orgânicas provenientes das células vivas da árvore. Os constituintes orgânicos da madeira podem ser divididos em: componentes da parede celular e os extrativos. Os componentes da parede celular geralmente regulam as propriedades físicas da madeira, já os extrativos podem modificar algumas propriedades físicas importantes, como o teor de umidade que pode agravar outras propriedades (BODIG; JAYNE, 1982).

Segundo Szücs et al. (2005) a partir da fotossíntese que ocorre nas folhas, forma-se na madeira seu componente orgânico elementar, o CH_2O radical monossacarídeo formado a partir da reação entre o gás carbônico do ar com a água do solo e absorção de energia calorífica: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 112,3 \text{ Cal} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Na sequência há a produção de açúcares que originam a maioria das substâncias orgânicas. Os principais componentes orgânicos da madeira são a celulose, hemicelulose e lignina.

Bodig e Jayne (1982) destacam que madeiras folhosas apresentam mais celulose que as coníferas (45% contra 41%), menos lignina (22% contra 28%) e a quantidade de hemicelulose praticamente a mesma (30%). Ao contrário, Brites e Nogueira (2006), citam que a composição da madeira não pode ser especificada,

pois varia conforme clima, tipo de solo, etc., afirmando apenas que a lignina varia de 18 a 35% e a hemicelulose com a celulose de 65 a 75%.

Moléculas de celulose raramente ocorrem individualmente dentro da parede celular, em vez disso estão localizados em componentes discretos chamados fibrilas elementares. Estas fibrilas estruturais elementares são geralmente agregadas em unidades maiores, por meio de ligações de hidrogênio entre as suas respectivas superfícies, resultando assim nas microfibrilas (BODIG; JAYNE, 1982).

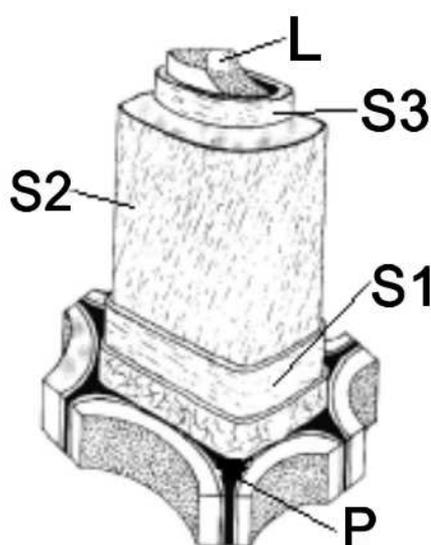


Figura 2 - Representação esquemática de uma célula vegetal
Fonte: Adaptado de Fengel e Weneger (1989) apud Carvalho et al. (2009).

A parede de cada célula é formada conforme Figura 2: pela parede celular (P), parede secundária externa (S1), parede secundária média (S2), parede secundária interna (S3) e o lúmen (L). Estas camadas são compostas pelas microfibrilas que são orientadas de forma definida dependendo da camada (Carvalho et al., 2009).

4.2 MADEIRA COMO MATERIAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil a madeira pode ser utilizada de forma temporária ou definitiva. Fôrmas, andaimes e escoramentos são utilizados na obra durante a construção, já estruturas de coberturas, esquadrias, forros e pisos são produtos permanentes (ZENID et al., 2009).

A madeira apresenta diversas propriedades que a tornam mais atraentes no mercado. Pfeil e Pfeil (2003) demonstram que quando comparada com outros materiais da construção, a madeira apresenta algumas características favoráveis ao seu uso, uma delas pode ser confirmada pela tabela abaixo, sendo sua relação de resistência/peso excelente.

Tabela 1 – Propriedades de alguns materiais da construção

Material	ρ (t/m³)	f (MPa)	f / ρ
Madeira a tração	0,5-1,2	30-110	60-90
Madeira a compressão	0,5-1,2	30-60	50-60
Aço a tração	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	40	16

Fonte: Pfeil, Pfeil (2003, p. 1).

Notas:

ρ = massa específica

f = resistência característica

Quando comparada a alvenaria, verifica-se que a madeira no seu estado mais puro apresenta durabilidade menor. Entretanto, os novos compósitos de madeira conseguem assegurar maior durabilidade com os tratamentos que melhoram as propriedades em conjunto com os novos sistemas construtivos vigentes (TORRES, 2010).

De acordo com Brites e Nogueira (2006) à medida que avanços tecnológicos acontecem, fica mais difícil algum material superar os usos da madeira que estão sempre aumentando e se diversificando. Mesmo com materiais diferenciais e eficientes no mercado, é improvável manter um alto conforto sem o uso da madeira.

Os tipos de madeira usados em construções podem ser classificados em dois grupos, as madeiras maciças e as madeiras industrializadas. Atualmente existem inúmeras aplicações da madeira em estruturas, fator conseqüente ao aparecimento dos produtos derivados da madeira (MARQUES, 2008, p. 42).

4.2.1 Materiais Derivados da Madeira com Ênfase no OSB e MDF

Os derivados de madeira apresentam atualmente um papel importante na construção, permitindo a aplicação de madeira em construções solucionando problemas onde são necessárias grandes áreas e pequenas espessuras (TORRES, 2010, p. 22).

Campos e Lahr (2004) afirmam que o Brasil possui grande capacidade de se tornar um grande produtor de painéis de madeira já que dispõe de tecnologia suficiente para o uso de resíduos de processamento da madeira. Fato esse importante para a economia brasileira, mas ainda assim se faz necessário do continuo investimento para melhorar a produção dos painéis.

O sistema construtivo em *wood frame* para construção de residências consiste de perfis de madeira reflorestada tratada, formando um conjunto com painéis de pisos, paredes e telhado que podem ser revestidos com outros materiais para aumentar o conforto e proteger a estrutura. Um exemplo de parede construída no sistema *wood frame* é apresentado na Figura 3.

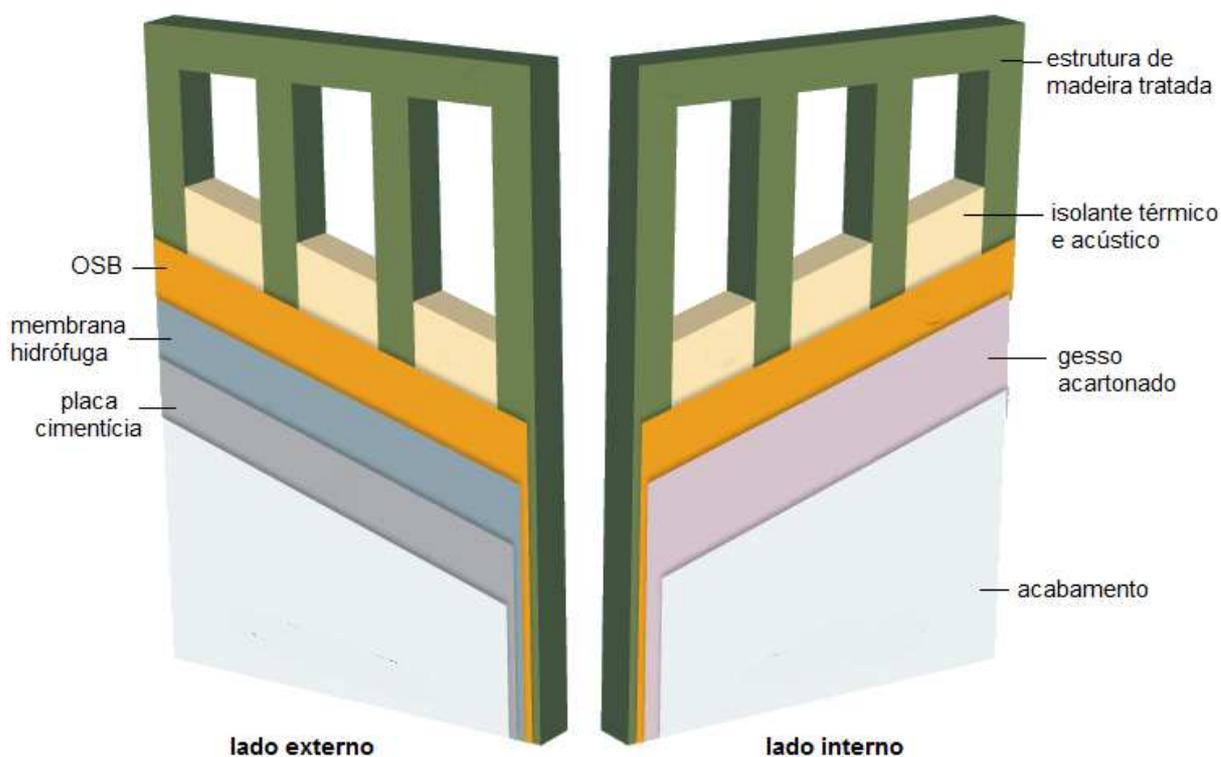


Figura 3 - Estrutura da parede do sistema *wood frame*
Fonte: Tecverde (2014).

Segundo Góes (2006) o processamento industrial da madeira agrega características antes ausentes nas madeiras sólidas. O Quadro 1 demonstra algumas aplicações dos produtos derivados abaixo, são eles: MDF (chapa de média densidade), IB (chapa isolante), HB (chapa dura), PB (chapa de madeira aglomerada), WB (chapa de tiras não-orientadas), OSB (chapa de tiras orientadas), PW (chapa de madeira compensada), LVL (peça micro-laminada) e MLC (madeira laminada colada). Ainda pode-se classificar conforme a forma do material, sendo as lâminas (LVL, MLC e PW), partículas (OSB, PB e WB) e fibras (MDF, IB e HB).

Produtos		Indústria Moveleira	Construção Civil			
			Formas de Concreto	Painéis e Pisos	Estruturas leves (1)	Estruturas Pesadas (2)
Fibras	MDF	X		X		
	IB	X		X		
	HB	X		X		
Partículas	PB	X		X		
	WB	X		X		
	OSB	X		X	X	
Lâminas	PW	X	X	X	X	X
	LVL	X		X	X	X
	MLC	X			X	X

Quadro 1 – Áreas de utilização dos produtos à base de madeira

Fonte: Góes (2006).

Notas:

(1) Indicam elementos estruturais de pequeno a médio porte com aplicação residencial (pequenos vãos), tipo vigas I.

(2) Indicam elementos estruturais de grande porte (grandes vãos) com aplicação em complexos esportivos, centros de convenções, pontes, etc.

Oriented Strand Board (OSB) tem sua derivação das chapas de *waferboard*. Enquanto no *waferboard* as tiras são menores e aplicadas em todas as direções, na chapa de OSB as tiras são orientadas em direções preferenciais (LP Brasil, 2013).

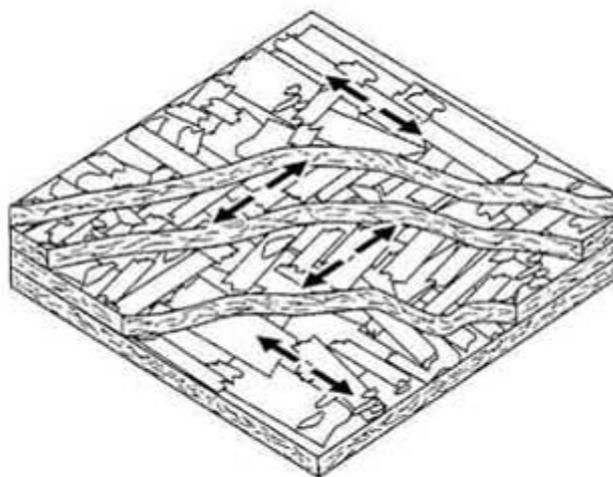


Figura 4 – Orientação das tiras nas camadas da chapa de OSB

Fonte: LP Brasil (2013).

De acordo com Zenid et al. (2009) as chapas de OSB são formadas por camadas de tiras ou de feixes de fibras com resinas fenólicas, prensadas para sua consolidação. Cada painel consiste de três a cinco camadas, orientados em um ângulo de 90° umas com as outras (Figura 4).

Essa forma de orientação entre as camadas, conforme Pfeil e Pfeil (2003) deve-se ao fato da busca pela semelhança com as placas de madeira compensada caracterizando-se pela excelente resistência ao cisalhamento, mas apresentando reduzido peso específico e vantagem econômica.

O painel MDF (Medium Density Fiberboard) é produzido com fibras de madeira aglutinadas com resina sintética termofixa, que se fundem com ação da temperatura em conjunto com pressão. É uma chapa maciça, homogênea e de alta qualidade (Figura 5) (ZENID et al., 2009).



Figura 5 - Chapas de MDF
Fonte: Masisa (2013).

Os painéis de OSB possuem um bom desempenho nas aplicações em paredes internas e externas, forros e pisos no sistema construtivo *wood frame*. Atualmente opta-se o uso das chapas de OSB em aplicações industriais ao invés de madeira sólida, como por exemplo: containers, estruturas de móveis e mobiliário industrial. Outro uso que vêm crescendo e de importância é em produtos compostos, como vigas tipo I (I-joists) (Figura 6) (GÓES, 2006).



Figura 6 - Vigas I-joists
Fonte: TIMBER TECH (2013).

A utilização de MDF é principalmente na indústria moveleira, e na construção civil está presente em pisos, rodapés, batentes, portas usinadas, etc. Algumas de suas características favoráveis são: a homogeneidade, capacidade de receber acabamentos, trabalhabilidade e resistência ao arrancamento (TORQUATO, 2011). Segundo Zenid et al. (2009) o painel de MDF é encontrado em três versões: natural, revestido com laminado melamínico e revestido com película celulósica (os dois últimos ambos com acabamento liso ou texturizado).

Dessa forma, por suas aplicações principais serem distintas, o OSB e o MDF não competem diretamente no mercado. Segundo a fabricante LP Brasil (2013) o concorrente direto do OSB é o painel compensado. Comparando as duas chapas, o OSB apresenta melhor aproveitamento da tora utilizando aproximadamente 96% contra 56% do compensado, possibilita o uso de toras com menor diâmetro e de menor valor comercial. Esses fatores proporcionam um aumento da produtividade das chapas de OSB, otimização do custo e promovem um produto ecologicamente mais eficiente.

Para o processo de fabricação das chapas de OSB (Figura 7) as toras são descascadas e cortadas em tiras ao longo de sua fibra, as tiras são secas e classificadas por granulometria e então misturadas com uma resina de colagem. Essa resina possui componente cupinicida. Essa composição vai para uma formadora onde será produzida as camadas orientadas, formando assim o colchão.

O colchão entra na prensa contínua com alta temperatura e pressão, e então são formadas as chapas de OSB (LP BRASIL, 2013).



Figura 7 - Processo de fabricação do OSB: (a) toras a serem descascadas e cortadas; (b) tiras; (c) colchão entrando na prensa; (d) saída das chapas prontas
Fonte: Adaptado de LP Brasil (2013).

A fabricação de painéis de MDF (Figura 8) consiste em seleção da madeira, pré-cozimento do material, passagem pelo desfibrador que desmancha a madeira em fibras. Em seguida, adiciona-se uma resina e uma emulsão. As fibras são secadas, e posteriormente são formados os colchões que depois são levados para a prensa à quente. E assim são formadas as chapas de MDF (MASISA, 2013).



Figura 8 - Processo de produção de chapas de MDF
 Fonte: Castro (2000) apud Campos e Lahr (2004).

4.3 AGENTES BIODETERIORADORES

Todo organismo que possui a madeira como principal fonte de alimento é caracterizado como um organismo xilófago e, podem ser divididos em três grupos, sendo: os microorganismos, que se desenvolvem nas células de madeira representados pelas bactérias e fungos; os insetos e os perfuradores marinhos (MONTANA QUÍMICA S. A., 2013).

Os fungos são microscópicos e se dividem em: manchadores (provocam manchas profundas), emboloradores (responsáveis pelo bolor) e apodrecedores (destroem as moléculas da madeira). Os insetos, ao contrário dos fungos, são visíveis, mas facilmente confundidos por expelirem resíduos parecidos das peças atacadas. São exemplos de insetos xilófagos: cupins, brocas, besouros, formigas e abelhas carpinteiras. Os perfuradores marinhos, tais como moluscos e crustáceos, atacam construções em contato com a água do mar ou com a água salobra e comprometem a durabilidade da estrutura de madeira (ESTUQUI FILHO, 2006, p. 62).

4.3.1 Bactérias

Segundo Moreschi (2013, p. 2), a madeira que apresenta elevado teor de umidade é suscetível ao ataque de bactérias. Logo, geralmente o ataque acontece quando a madeira foi recentemente cortada, submersa em água ou readquiriu umidade por algum motivo. A infestação por bactérias acontece de forma lenta, primeiramente no tecido radial e posteriormente se agravando para as paredes celulares deste tecido e de tecidos vizinhos (Figura 9). Estes mesmos são consumidos e forma-se uma perfuração na madeira no sentido radial, tornando a madeira mais higroscópica. Este acontecimento é indesejado, por ser responsável por problemas durante a secagem e sua utilização, podendo prolongar o tempo de secagem da madeira e tornando-a suscetível a ataques por outros agentes xilófagos.

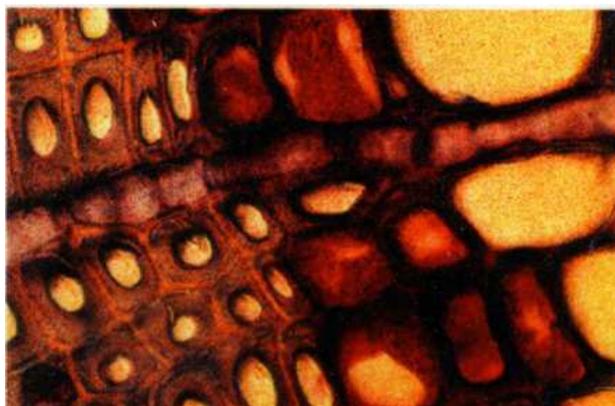


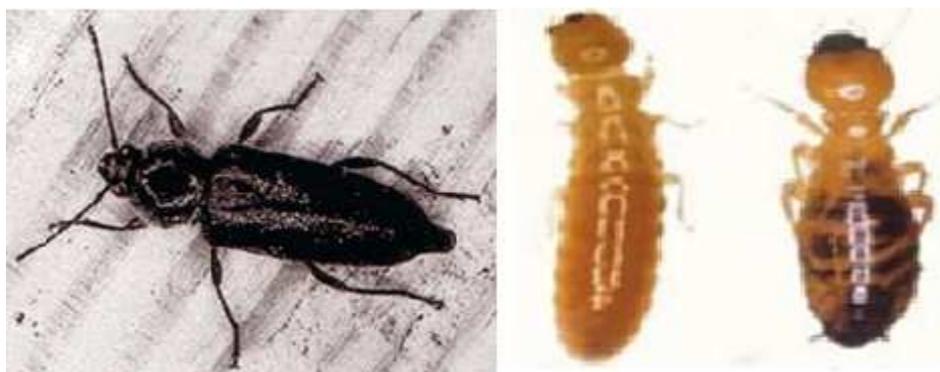
Figura 9 - Bactérias no interior das cavidades celulares
Fonte: Moreschi (2013, p. 3).

Sendo seu ataque lento e considerando que consequências agravantes podem levar décadas para surgir, o ataque bacteriano não é considerado de grande importância econômica (MORRIS, 1997, p. 11).

4.3.2 Insetos

Por Lelis et al. (2001, p.13) há dois grupos dentre os insetos xilófagos que são os principais deterioradores da madeira: os cupins e as brocas-de-madeira.

Ambos insetos expelem resíduos das peças atacadas, por isso são facilmente confundidos. A distinção entre os dois insetos pode ser feita por seus hábitos, os cupins são insetos sociais, que vivem em sociedade, ao contrário das brocas-de-madeira.



**Figura 10 - À esquerda a broca de madeira e à direita cupim-de-solo e cupim-de-madeira
Fonte: Moreschi (2013).**

O principal alimento dos cupins é a celulose e usualmente iniciam o ataque à madeira pelo lenho mais mole, por ser mais fácil. Quando esse lenho se torna escasso, também se ataca o lenho mais duro. São mais facilmente separados por seus hábitos de desenvolvimento, sendo eles: os cupins-de-madeira e os cupins-de-solo (MORESCHI, 2013, p.40).

Diferenciando-se dos cupins, as brocas-de-madeira (Figura 10) alimentam-se dos tecidos vegetais das árvores. Pode ser diferenciada dos cupins pelo resíduo que elimina da madeira, os cupins expelem um pó granulado e as brocas um pó fino (MONTANA QUÍMICA S. A., 2013).

O ataque das brocas conforme Lelis et al. (2001, p.13) se inicia quando a fêmea deposita os ovos na madeira, esses ovos irão eclodir e será dado início a fase larval que é a fase mais longa vida do inseto e também a que mais causará danos à madeira. Quando se atinge a fase adulta é que o inseto perfura a madeira e se dirige ao meio externo, e inicia-se um novo ciclo, acontecendo o acasalamento entre machos e fêmeas e o depósito de novos ovos pelas fêmeas.

4.3.3 Fungos

Os fungos se alimentam de matéria orgânica e são disseminados pelo ambiente pelos esporos através de correntes de ar, por insetos ou ainda por respingos de água. A manifestação depende da estação e do clima, como por exemplo, durante o inverno a taxa de proliferação diminui. Esses esporos penetram a madeira por meio das hifas de uma forma semelhante às raízes das plantas (Figura 11). Esta estrutura ramificada é denominada de micélio (MORRIS, 1997).

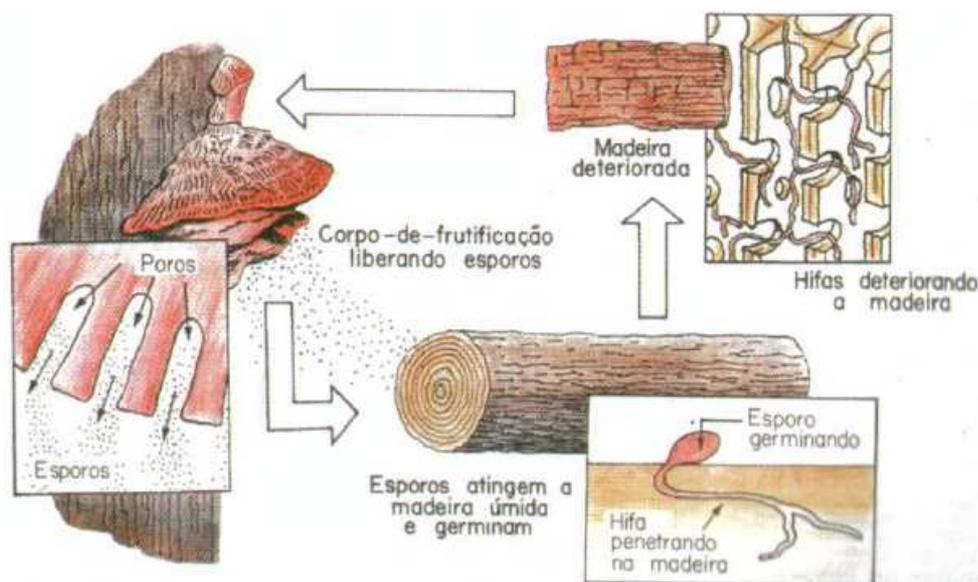


Figura 11 - Ciclo de vida de um fungo apodrecedor da madeira
Fonte: Lelis et al. (2001, p. 7).

Essa disseminação depende de alguns fatores, Moreschi (2013) explica que há condições básicas para a instalação e desenvolvimento de fungos na madeira, sendo elas: a fonte de alimento, teor de umidade da madeira, temperatura, teor de oxigênio e seu pH. Devido a essas condições é difícil haver a associação entre os diferentes tipos de fungos, além de alguns casos em que há associação entre fungos emboloradores com os fungos manchadores, já que geralmente haverá um tipo de fungo predominante para as condições específicas em que a madeira se encontra. Estes fatores serão descritos a seguir:

- **Fonte de alimento:** o material orgânico que os fungos se alimentam são a celulose, hemicelulose, lignina e os extrativos da madeira. Os extrativos

podem variar conforme a espécie da madeira, podendo algumas serem ricas em açúcares e/ou amido sendo suscetíveis ao ataque por fungos e outros agentes xilófagos, e outras espécies podem ser constituídas por compostos fenólicos ou algum tipo de composto biocida, o que garante mais durabilidade à madeira contra ações deterioradoras.

- Temperatura: uma faixa entre 5°C e 65°C permite o desenvolvimento dos fungos na madeira, mas a temperatura ótima está no intervalo entre 24°C e 32°C. Uma temperatura maior que 46°C é considerada como letal, mas há casos de exceções, como para fungos termofílicos.
- pH: valores ótimos para o desenvolvimento de fungos xilófagos são entre 4,5 e 5,5 que coincidem com os valores de pH da maioria das espécies de madeiras. Mas ainda há estudos que digam ser possível o ataque de fungos entre pH de 2,0 a 9,0.
- Teor de oxigênio: a ausência de oxigênio inibe a ocorrência de fungos, pois são organismo aeróbios que necessitam de oxigênio pra sobrevivência. Não há necessidade de altos teores, há estudos que demonstram que em níveis de 1% de oxigênio os fungos xilófagos já se desenvolvem. Seu desenvolvimento normal ocorre em níveis de oxigênio abaixo de 20%.
- Teor de umidade: na teoria o teor ideal de umidade em que a madeira se torna propícia ao ataque dos fungos xilófagos seria o seu ponto de saturação das fibras, pois coincide com as outras condições necessárias (oxigênio livre, temperatura, pH e alimento) que também estariam favoráveis. No entanto, os fungos se desenvolvem antes da madeira atingir o ponto de saturação das fibras, quando ainda não perderam sua umidade interior. São consideradas diferentes faixas ideais de umidade para os diferentes tipos de fungos, sendo essas faixas:
 - Acima de 20% para fungos manchadores e emboloradores: geralmente esse tipo de fungos se desenvolve com índice acima de 30% de umidade, mas pode ocorrer casos entre 20 a 30%.
 - De 20 a 40% para fungos de podridão seca: são constituídos por fungos de podridão parda e mesmo por não atacarem a madeira seca, estes fungos se diferenciam por desenvolver cordões especiais formado por hifas para transportar água da madeira úmida à madeira ainda seca.

- De 40 a 60% para fungos de podridão úmida: são constituídos por fungos de podridão parda e de podridão branca e causam maiores danos em madeiras de uso externo, onde a concentração de umidade é maior.
- De 30 a 80% para fungos de podridão mole: é o tipo de fungos que suporta uma maior variação de umidade, e pouco se sabe sobre os teores ideais de umidade para fungos de podridão mole.

Os fungos xilófagos são reunidos em grupos devido o ataque à madeira, sendo dividido em fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores (causadores da podridão branca, parda e mole) (LELIS et al., 2001, p.8).

Fungos manchadores causam apenas danos considerados de efeito secundário na madeira, por apresentarem manchas que prejudicam a estética da madeira, vistos na Figura 12. Logo, também não apresentam perda de peso e nem perda de propriedades mecânicas significativas. Os principais fungos causadores de manchas são Ascomicetos do gênero *Ceratocistis* e Deuteromicetos. Diferenciando-se dos fungos emboloradores, suas hifas contém pigmentação, a mancha na madeira é causada pela incidência de luz nas hifas e pelos pigmentos liberados pelas hifas nos espaços vazios da superfície da madeira. Além disso, a madeira se torna impermeável devido as suas hifas ocuparem as cavidades celulares com suas pontuações, o que atrapalha durante a secagem da madeira (MORESCHI, 2013).

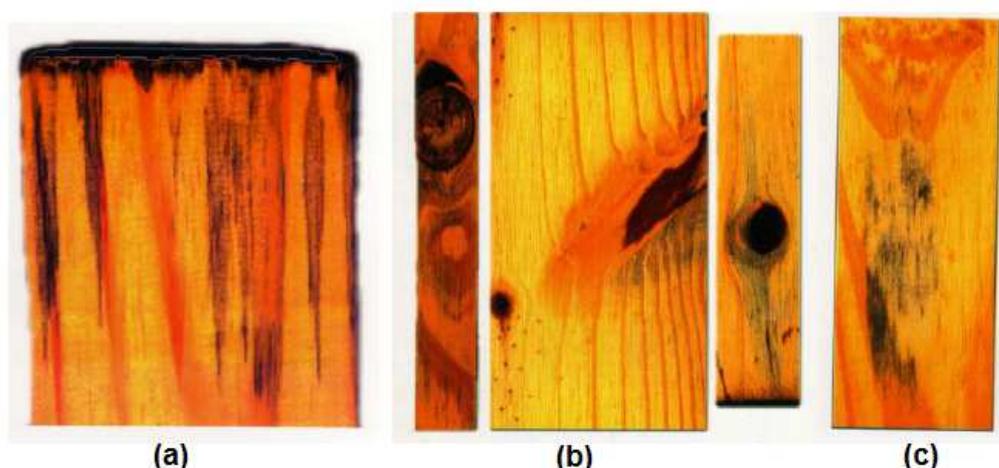


Figura 12 - Características de madeira atacada por fungos manchadores: (a) penetração pelo topo; (b) penetração pelos nós; (c) penetração radial
Fonte: Moreschi (2013).

Os principais fungos emboloradores são os Ascomicetos e Schizomicetos. Se desenvolvem principalmente em madeiras recém-cortadas devido ao alto índice de umidade. A madeira apresenta-se com ataque limitado a superfície como pode-se observar na Figura 13, mas as hifas penetram o alburno profundamente (MORESCHI, 2013). De acordo com Morris (1997) os fungos emboloradores produzem esporos na superfícies que podem ser vistos pelo microscópio e podem apresentar diferentes colorações. Não produzem muitos danos, apenas esteticamente, o que pode afetar no valor do produto. No entanto, podem causar problemas respiratórios em indivíduos mais sensíveis.

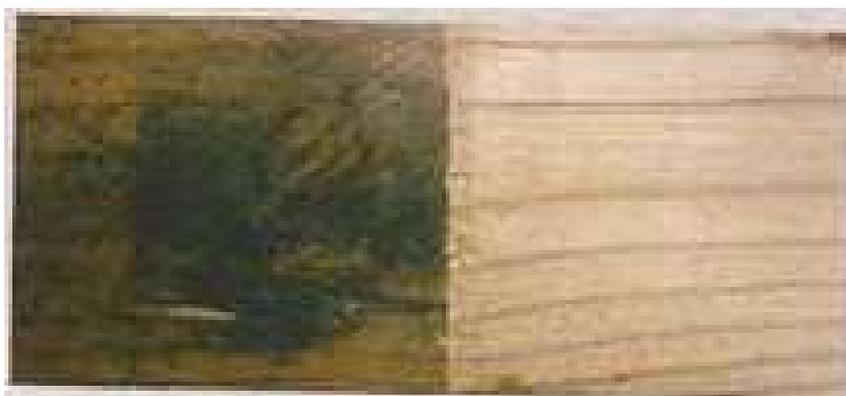


Figura 13 - Madeira atacada por fungos emboloradores: à esquerda aspecto macroscópico e à direita a superfície aplainada

Fonte: Sérgio Brazolin apud Leis et al. (2001, p. 8).

Do aspecto visual, o fungo embolorador não apresenta ataque profundo evidente, dessa forma se a superfície for aplainada o bolor irá desaparecer total ou parcialmente, já no ataque do fungo manchador o mesmo não acontece, como pode ser observado na Figura 14.

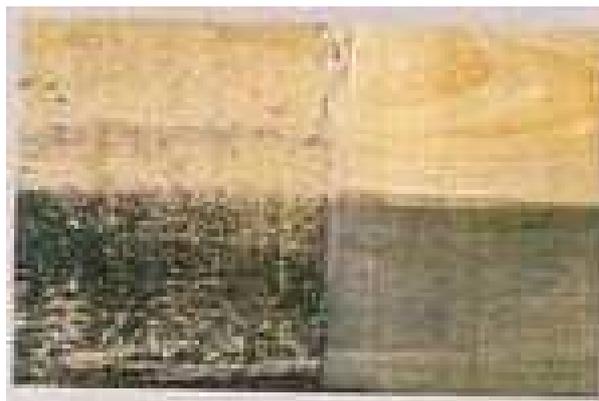


Figura 14 - Madeira atacada por fungos manchadores: à esquerda aspecto macroscópico e à direita superfície aplainada

Fonte: Sérgio Brazolin apud Lelis et al. (2001, p. 8).

Mesmo havendo aplicação de preservativos na madeira para evitar a infestação ou para controlar o aparecimento dos fungos, conforme Lelis et al. (2001) a maioria das espécies de fungos manchadores e emboloradores suportam altas concentrações de preservativos que são utilizados no tratamento da madeira.

Ao contrário dos fungos manchadores e emboloradores, os fungos apodrecedores desenvolvem consequências agravantes nas propriedades físicas e mecânicas da madeira atacada. Ocorre uma destruição gradual das moléculas que compõem as paredes celulares, ocasionando o aspecto de apodrecimento como pode ser visto na Figura 15. São agrupados conforme o ataque à madeira, sendo eles: os fungos de podridão branca, fungos de podridão parda e fungos de podridão mole (Lelis et al., 2001, p. 9).

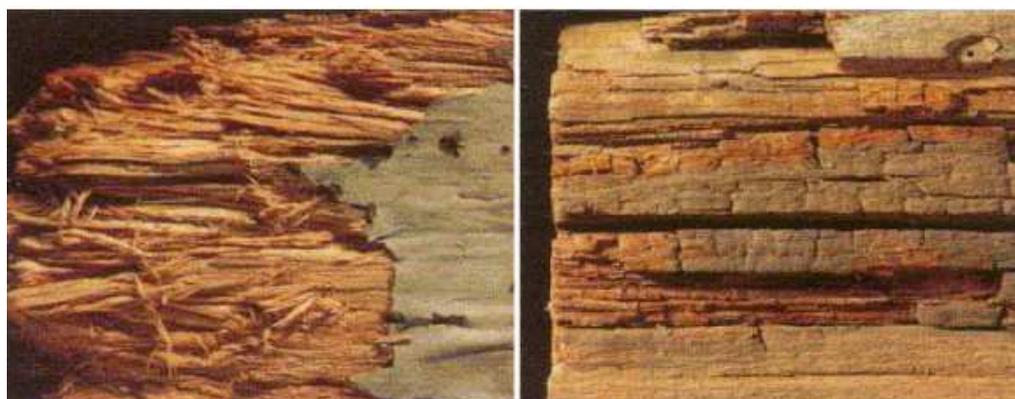


Figura 15 - Aspecto das madeiras atacada por fungos apodrecedores

Fonte: Mohamad, Accordi e Roca (2011).

Os fungos de podridão-mole, de acordo com Morris (1997) são capazes de quebrar a celulose e a hemicelulose, e conseqüentemente causar perda severa da resistência da madeira. Conforme Lelis et al. (2001) o desenvolvimento deste fungo geralmente acontece quando há alto teor de umidade e pouco oxigênio, fatores que usualmente atrapalham o aparecimento de fungos de podridão branca e parda. A penetração dos fungos na madeira dificilmente ultrapassa 20 mm de profundidade, mas a parte atacada pode destacar-se e assim expor a madeira a mais ataques. Enquanto úmida, sua superfície fica amolecida, mas após a secagem a superfície escurece e apresenta fissuras paralelas e perpendiculares ao sentido das fibras (Figura 16).



Figura 16 - Característica da madeira atacada por fungos de podridão-mole
Fonte: Moreschi (2013).

Os fungos de podridão-branca degradam a celulose e lignina e sua infestação resulta em um clareamento da madeira, aparentemente deixando-a branca. A deterioração pode começar em pequenas bolsas e podem resultar em uma textura fibrosa da madeira (Figura 17) (MORRIS, 1997).



Figura 17 – Aparência do fungo de podridão-branca desenvolvido em chapa de OSB
Fonte: Morris (1997).

A madeira atacada por fungos causadores de podridão-parda apresenta uma coloração parda, a alteração visual da madeira se dá devido à deterioração que os fungos causam na celulose e na hemicelulose da madeira. Apenas a lignina se mantém intacta e apresenta a estrutura original enquanto úmida. Porém, quando seca a lignina separa-se em blocos devido a ocorrência de fissuras paralelas e perpendiculares em direção à grã da madeira (Figura 18). Acarretando também em perda de peso e diminuição da resistência da madeira (MORESCHI, 2013).



Figura 18 - Características de madeira atacada por fungos de podridão-parda
Fonte: Moreschi (2013).

4.4 PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

Quando se trata da conservação de construções em madeira um dos principais problemas são as ações de organismos biodeterioradores. Sempre que as normas de construção de utilização e conservação são respeitadas, a durabilidade aumenta, assim como a resistência da obra. Em certos casos as estruturas são mal projetadas ou ainda mal conservadas o que acarretam em consequências que poderão ser tão graves a ponto de que a única solução seja remover a parte danificada (ESTUQUI FILHO, 2006).

A preservação da madeira consiste em um conjunto de medidas preventivas e curativas para o controle dos agentes biológicos, físicos e químicos. De acordo com Calil Júnior et al. (2006) uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisões sobre a preservação da madeira para uso na construção civil é o Sistema de Classes de Risco (Quadro 2). O sistema classifica a madeira com base nas condições de exposição e uso, atentando sobre as medidas a serem adotadas durante o projeto e como forma de auxiliar na definição do tratamento. Dessa forma, é considerado obrigatório seguir algumas etapas ao empregar a madeira na construção civil, são elas:

- Elaborar o projeto se preocupando com a infestação dos organismos xilófagos.
- Definir o nível de desempenho necessário para a estrutura de madeira, como por exemplo: vida útil.
- Avaliar os riscos biológicos, conforme o Sistema de Classes de Risco (Quadro 2).
- Determinar a necessidade de tratamento preservativo conforme sua durabilidade natural e tratabilidade do cerne e albuno em função da espécie a ser utilizada.

Classes de risco						
Classe	Local de condições de uso	Exposição à umidade	Agentes biológicos			
			Fungos	Brocas	Cupins	Perfuradores marinhos
1	Acima do solo (coberto e seco)	Nenhuma	Não	Sim	Sim	Não
2	Acima do solo (coberto com riscos de umidade)	Ocasional	Sim	Sim	Sim	Não
3	Acima do solo (não coberto)	Frequente	Sim	Sim	Sim	Não
4	Em contato com solo ou água doce	Permanente	Sim	Sim	Sim	Não
5	Em contato com água salgada	Permanente	Sim	Sim	Sim	Sim

Quadro 2 – Classes de riscos: Grupos de organismos xilófagos que podem atacar a madeira, conforme o local e as condições em que ela é empregada

Fonte: Lelis et al. (2001).

A escolha da madeira que será utilizada no projeto é um procedimento de importância, para auxiliar nesse processo foi estabelecido o sistema de Classes de Risco. Baseado em normas europeias, facilitam a decisão para uma correta utilização da madeira na construção civil, assim como também serve como base para madeiras já infectadas por organismos biodeterioradores (Lelis et al., 2001).

Da mesma forma, Lelis et al. (2001) propõe um passo-a-passo para a escolha da madeira conforme Figura 19.

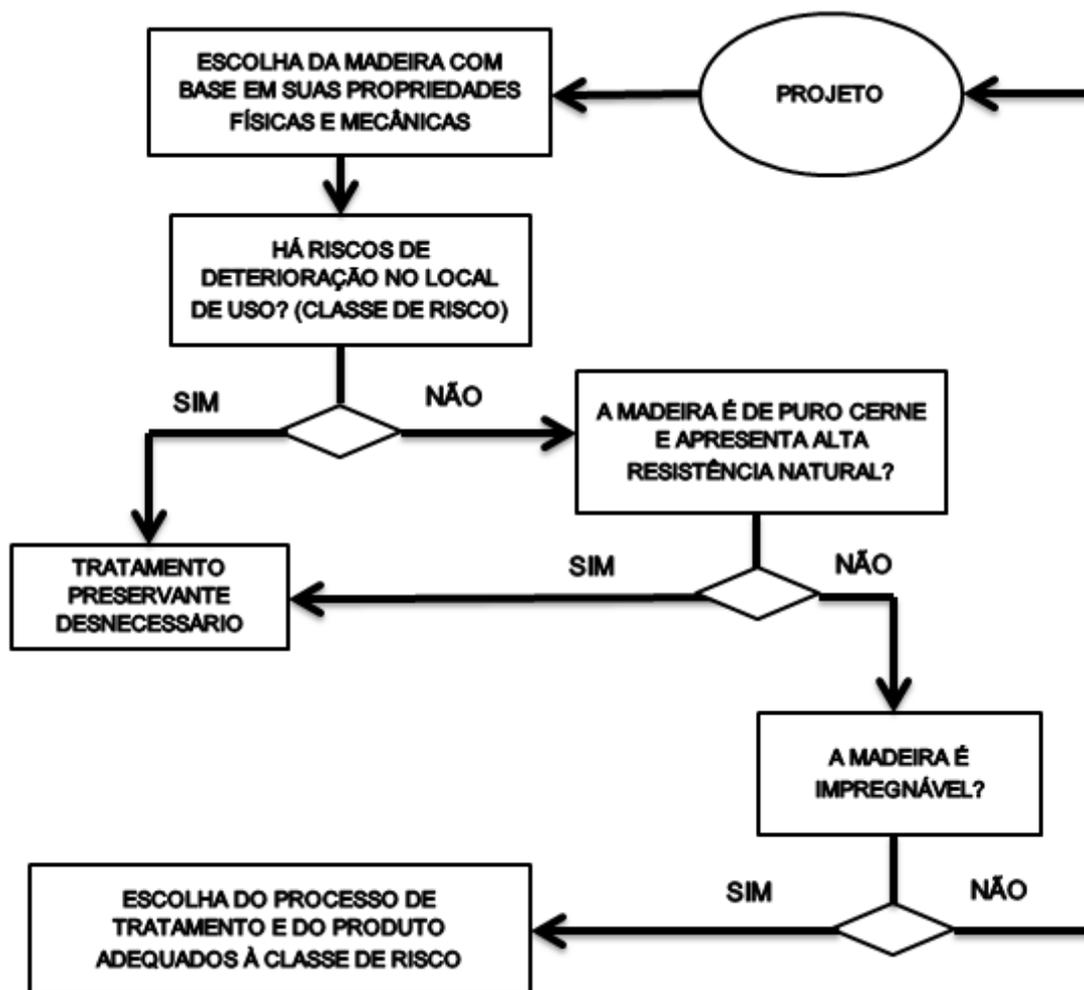


Figura 19 - Fluxograma que mostra as principais decisões a serem tomadas na utilização de madeira em edificações

Fonte: Lelis et al. (2001, p. 29).

No caso de utilização de painéis na construção civil (incluindo MDF e OSB) pode-se associar suas possíveis aplicações com as classes de risco indicadas, conforme Quadro 3.

Aplicação	Classe de Risco
Assoalho	1, 2, 3 e 4
Embalagens não-descartáveis	1, 2 e 3
Móveis	1, 2 e 3
Paredes (1)	1, 2 e 3

Quadro 3 - Classe de risco corresponde à aplicações de painéis de madeira

Fonte: Adaptado de Brazolin et al. (2004).

Nota:

(1) Serve para: parede divisória, colunas, vigas e/ou ripas do eliminador de respingos e do enchimento.

4.4.1 Preservativos da Madeira

Segundo Florian (2013) as propriedades que os preservativos de madeira devem apresentar são: ser tóxico a um grande número de organismos xilófagos; baixa toxicidade a seres não xilófagos; alta impregnação na madeira; ação durável; não acarretar em mudanças das propriedades e características da madeira bem como dos materiais que a madeira esteja em contato; não ser inflamável e econômica.

Segundo Kropf (2000 apud Estuqui Filho, 2006, p. 57) a durabilidade da madeira começou a ser alcançada através dos preservativos químicos, mas mesmo assim os projetos são negligenciados. Poucos anos de exposição já são suficientes para surgir sintomas da biodeterioração, muitas vezes pelo motivo da concentração de preservativo não ser suficiente a ponto de bloquear a infestação de fungos.

Classificando os preservativos da madeira por sua composição físico-química temos três grupos: oleosos (cuja natureza é oleosa), oleossolúveis (dissolvidos em algum produto orgânico) e hidrossolúveis (seu dissolvente é a água) (MORESCHI, 2013, p. 55).

Os preservativos oleosos são tóxicos aos fungos apodrecedores, insetos e algumas brocas marinhas. Suas vantagens são baixa volatilidade e a facilidade de manuseio e aplicação, em contrapartida suas desvantagens são odor forte, cor escura e alta toxicidade inviabilizando a aplicação em residências (APPLEFIELD et al., 1986).

O creosoto é o principal produto do grupo dos preservativos oleosos, ele é obtido através da destilação de alcatrão de hulha. Não provoca corrosão em metais e não aceita pinturas na superfície (FLORIAN, 2013). Silva (2007) informa que o creosoto apresenta problemas de exsudação, que é o excesso de produto na superfície da madeira o que vem causando irritação na pele de pessoas que manuseiam as peças que foram tratadas.

A NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) indica que os meios de exposição ao creosoto são por meio de inalação, contato com a pele ou olhos e ainda o considera um potencial agente cancerígeno, podendo provocar câncer nos pulmões, rins e na pele (NIOSH, 2007, pg. 347).

Há ainda, uma relação direta entre a eficácia do preservativo e a toxicidade do mesmo. Conforme Silva, Schmid e Tavares (2011) o contato com os resíduos

dos preservativos pode acarretar em danos à saúde humana e ainda a contaminação do meio ambiente quando descartado incorretamente.

Quanto aos preservativos oleossolúveis, o Pentaclorofenol apresenta alta eficiência para a proteção da madeira, mas atualmente está em desuso. Outro produto do mesmo grupo é o Tribromofenol (TBP), mas seu desempenho deixa a desejar, não controlando eficazmente os organismos deterioradores (MORESCHI, 2013). Segundo Applefield et al. (1986) os preservativos oleossolúveis não podem ser aplicados em residências por serem tóxicos a animais, plantas e seres humanos.

Os principais preservativos hidrossolúveis são, segundo Moreschi (2013):

- CCA (Arseniato de Cobre Cromatado): eficiente no controle de peças atacadas por insetos, fungos apodrecedores e perfuradores marinhos.
- CCB (Bromato de cobre cromatado): produto alternativo ao CCA, usado atualmente em todo o mundo, possui alta eficiência na preservação da madeira contra fungos, insetos e brocas marinhas, mas possui lixiviação quando exposto a água de chuva.
- ACA (Arseniato de cobre amoniacal): é tóxico a um grande número de fungos xilófagos.
- CZC (Cloreto de Zinco Cromatado): provavelmente o preservativo mais antigo dentre os de uso atual. Foi desenvolvido para controlar a lixiviação e o efeito corrosivo a metais.
- Compostos de boro: o ácido bórico e o tetraborato de sódio são insuficientemente solúveis para serem usados em tratamento. O tetraborato de sódio é eficiente na proteção à fungos manchadores, mas é ineficiente contra fungos emboloradores.

4.4.2 Métodos de Tratamento da Madeira

Para a definição do tratamento adequado, deve-se levar em conta alguns fatores, segundo Calil Júnior et al. (2006):

- Espécie botânica
- Umidade da madeira no momento do tratamento
- Processo de aplicação do preservativo
- Retenção e penetração do preservativo

- Preservativo que satisfaça a classe de riscos

Nenhum produto será bem aproveitado se o processo de aplicação não for bem feito. A combinação entre preservante e o método de tratamento podem ser definidos conforme a classe de risco da madeira (Quadro 4).

Classe de risco	Preservação a aplicar		
	Processo de tratamento preconizado	Natureza do preservante	Comportamento do preservante
1	Aspersão, imersão, pincelamento ou com pressão	Inseticida	Resistente a perdas por evaporação
2	Aspersão, imersão, pincelamento ou com pressão	Inseticida e fungicida	Não ou pouco lixiviável e resistente a perdas por evaporação
3	Com pressão	Inseticida e fungicida	Não lixiviável e resistente a perdas por evaporação
4	Com pressão	Inseticida e fungicida	Não lixiviável e resistente a perdas por evaporação
5	Com pressão	Inseticida e fungicida, molucida carcinocida	Não lixiviável e resistente a perdas por evaporação

Quadro 4 - Tipos de tratamento e de preservantes em função da classe de risco na qual se encontrará a madeira

Fonte: Lelis et al. (2001).

4.4.2.1 Métodos preventivos

As medidas para controle da biodeterioração de madeiras podem ser de forma preventiva e de forma curativa. As medidas preventivas tradicionais na construção civil são: escolha das madeiras, controle de qualidade da madeira in natura, tratamento da madeira e tratamento químico do solo (Lelis et al., 2001).

Quanto à seleção da espécie da madeira, Calil Júnior et al. (2006) estabelece alguns critérios importantes a serem vistos, como: a durabilidade natural do cerne da madeira e sua tratabilidade. A madeira precisa ser suficientemente tratável, assim como se a madeira não for naturalmente durável ou possuir porções de alburno a madeira precisa de tratamento preservativo.

Os métodos de aplicação dos produtos preservativos podem ser desde simplificados até mais sofisticados. Independente do tratamento deve ser atendido

às especificações da madeira (penetração, retenção e homogeneidade) (MORESCHI, 2013).

Lelis et al. (2001) separa os tipos de tratamento em com pressão e sem pressão. O tratamento sem pressão consiste em não utilizar a pressão para forçar a fixação do preservante na madeira, pelo processo ser simples é indicado ao uso em peças sujeitas a baixos riscos de deterioração.

São basicamente três os processos sem pressão: pincelamento, aspersão e imersão. Segundo Moreschi (2013) o pincelamento é realizado pela aplicação do produto preservativo líquido ou dissolvido em algum tipo de solvente por pincel (Figura 20). Deve-se atentar a uniformidade da aplicação e o cuidado com o desperdício. O tratamento por aspersão, método demonstrado na Figura 21, utiliza aspersores ou pulverizadores para a aplicação da solução preservativa. O processo é semelhante ao pincelamento, mas diferencia-se por conseguir abranger espaços pequenos e em encaixes, onde o acesso ao pincel é difícil. Na imersão a madeira no estado seco é submersa em solução preventiva por tempos determinados pelo fabricante do produto preservativo. Para haver um bom resultado a madeira precisa ser permeável e o melhor tipo de solução é o oleossolúvel de baixa viscosidade.



Figura 20 - Aplicação do preservante por pincelamento em peça pronta para instalação
Fonte: Lelis et al. (2001, p. 35).

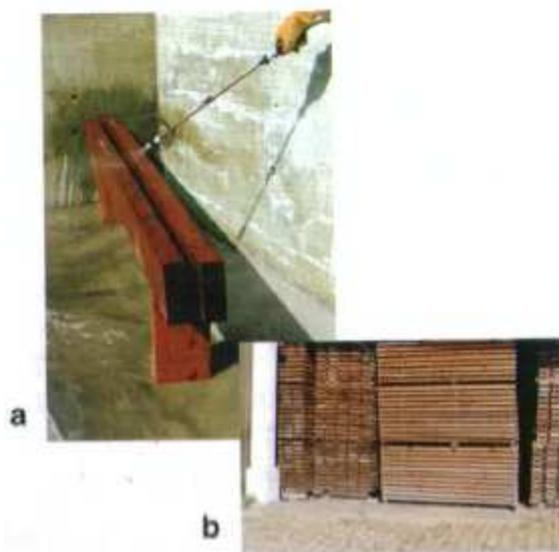


Figura 21 - Aspersão do preservante na madeira: a) peça com dimensões finais, pronta para instalação; b) madeira tratada e estocada em local abrigado das intempéries
Fonte: Lelis et al. (2001, p. 34).

Os processos com pressão de acordo com Lelis et al. (2001) são mais eficientes para a preservação da madeira, utilizam a pressão efetiva para a penetração do preservativo. São eficazes em madeiras permeáveis e com teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (aproximadamente 30%). É um método industrial, composto por uma autoclave e diferem nos sistemas conforme o tipo de preservante. Para os hidrossolúveis e/ou emulsionáveis são sistemas de tancagem e de bombeamento, já para os preservantes oleosos e/ou oleossolúveis as instalações são formadas por caldeira ou outras fontes de aquecimento devido ao seu processo ser realizado a quente.

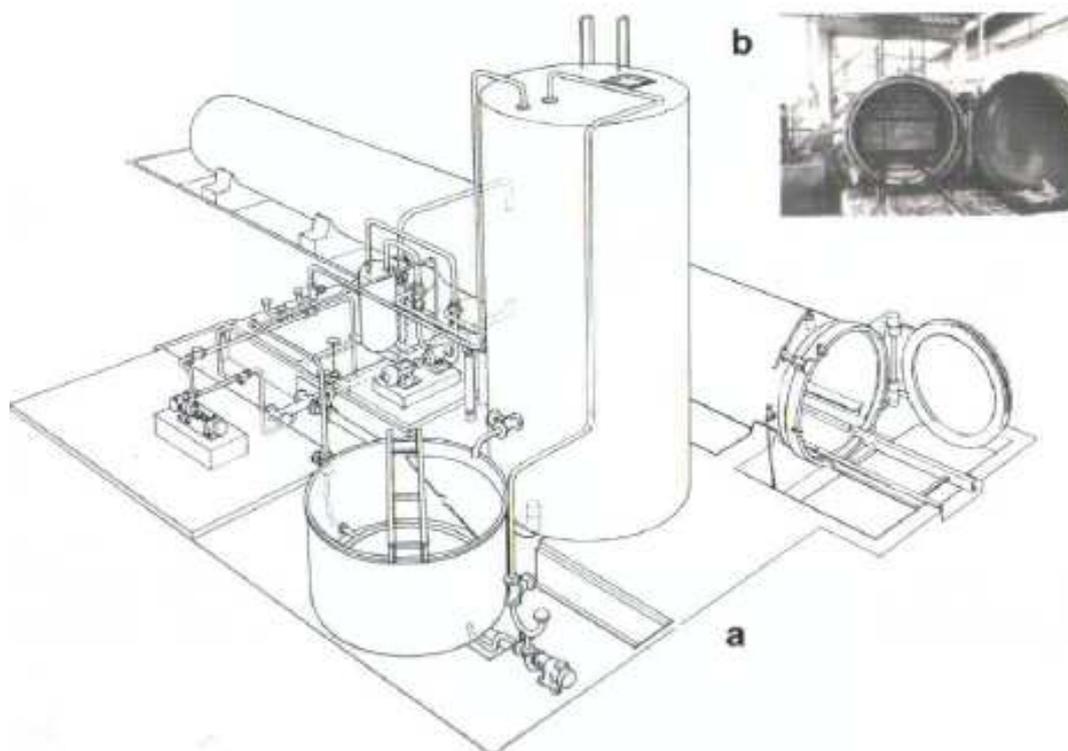


Figura 22 - Usina de tratamento de madeira: a) layout de uma usina convencional para tratamento com preservante hidrossolúvel; b) detalhe de uma autoclave carregada com madeira serrada

Fonte: Richardson (1978) e Wilkinson (1979) apud Lelis et al. (2001).

Florian (2011) afirma que os processos com pressão podem ser distinguidos em duas categorias: célula cheia e célula vazia. O método de célula cheia realiza a aplicação de um vácuo inicial para a retirada da maior quantidade possível de ar das células como forma de facilitar a penetração do preservativo. No processo de célula vazia não é aplicado o vácuo inicial.

Os processos mais tradicionais de tratamento da madeira em autoclave serão descritos abaixo conforme Moreschi (2013):

- Processo Gewecke: foi desenvolvido para a utilização de novos produtos preservativos na época de 50 quando novos produtos hidrossolúveis chegavam ao mercado. O processo consiste: no descascamento das toras; sucção da seiva da madeira para efeito de vácuo; aplicação de pressão no cilindro de tratamento para forçar a impregnação da solução preservativa (normalmente CCA) na madeira (Figura 23).



Figura 23 - Vista do Processo Gewecke em execução
Fonte: Moreschi (2013, p. 109).

- Processo duplo-vácuo: é um processo de célula cheia, que primeiramente drena o ar da madeira através da aplicação de vácuo inicial. Inicia-se a penetração da solução preservativa e aplica-se pressão para a impregnação do preservante e então se aplica o vácuo novamente para a retirada da solução em excesso (Figura 24).



Figura 24 - Planta de tratamento com autoclave de seção transversal retangular, utilizada para o tratamento por processo duplo-vácuo
Fonte: Moreschi (2013, p. 127).

- Processo Lowry: é um processo de célula vazia, logo não há aplicação do vácuo inicial. Em consequência disso a solução preservativa fica apenas impregnada na superfície externa da madeira.
- Processo Rüeping: basicamente é o mesmo método que o processo Lowry, com o diferencial de que quando a autoclave é fechada é adicionado ar comprimido com o objetivo de que quando houver a relaxação da pressão hidráulica que o produto impregnado seja levado para fora da madeira com mais facilidade.

4.4.2.2 Métodos curativos

Quando a infestação já ocorreu na madeira ainda há tratamentos que possam ser feitos, esses são chamados de medidas curativas. De acordo com Lelis et al. (2001) há quatro processos para controle do organismo biodeteriorador:

- Expurgo ou fumigação: é colocada a peça atacada à ação de um gás tóxico. É comumente utilizado contra insetos xilófagos, mas há gases com

ação fungicida no mercado também. Para a utilização desse processo de tratamento é necessário cuidados e a verificação de viabilidade conforme o ambiente. Não é viável a utilização em residências devido a sua toxicidade.

- Tratamento com solução inseticida: é aplicado por meio de injeção esperando que a impregnação do preservante seja mais profunda na peça atacada.
- Tratamento com solução fungicida: quando a madeira atacada por fungos apodrecedores não necessitar de substituição, raspa-se a área apodrecida e aplica-se por meio de pincelamento ou aspersão o produto na área atacada. Pode também ser usado o método de injeção quando o ataque é mais profundo.
- Tratamento de espaços da edificação: quando os cupins atacam juntas de dilatação, paredes duplas, shafts, poços de ventilação ou de elevador e conduítes elétricos. Há também a infestação em “caixões perdidos” que são espaços revestidos por fôrmas de madeira em pisos entre dois pavimentos.

Quando é realizado o processo de fumigação e/ou injeção para o controle da biodeterioração, é necessário que seja feito posteriormente um tratamento superficial, podendo ser por meio de aspersão ou pincelamento para evitar que ocorra a infestação novamente nas peças pelos organismos xilófagos (CALIL JÚNIOR et al., 2006).

Além dos métodos com tratamento químico para controlar a deterioração da madeira, Calil Júnior et al. (2006) cita métodos de manutenção corretiva em casos de deterioração tardia da madeira. É citado o sistema tradicional e reparos mecânicos. Esses métodos serão citados abaixo:

- Sistema tradicional: as peças danificadas são substituídas por peças novas com dimensões semelhantes as originais. Usado principalmente para recuperar madeiras usadas estruturalmente, mas requer habilidade técnica para sua execução. O método é viável quando a demolição da estrutura se torna inviável e há poucas peças deterioradas, sendo as peças recomendadas para substituição as em estado limite de uso ou peças principais degradadas da estrutura.
- Reparos mecânicos: esse método tem como desvantagem a visualização da união entre os elementos de ligação e a madeira. Apresenta

técnicas variadas para fazer o reparo, sendo as principais: reforços com execução de cortes e inserção de conectores, reparos por emendas, reparos com chapas metálicas, reforço com camisa de concreto, reparos adesivos e reforço com fibra sintética.

4.4.1 Tendências no Controle da Biodeterioração em Madeiras

Há uma tendência em evitar o uso de pesticidas tradicionais para o controle da biodeterioração de madeiras, pois além de danos ecológicos e para a saúde há ainda a contestação da eficácia desse tipo de controle. Contesta-se que ao longo do tempo após o uso dos pesticidas, sua eficácia decai ou quando eficaz os danos causados ao meio-ambiente vão se tornando maiores que os benefícios que o controle pode trazer (LELIS et al., 2001).

De acordo com Lelis et al. (2001) entre as linhas de pesquisa que estão sendo desenvolvidas nesse âmbito, as que se destacam são: cuidados na construção e pesquisas de novas moléculas para diferentes tipos de organismos xilófagos, barreiras físicas e iscas para o controle de cupins-subterrâneos, gases inertes para o controle de brocas e cupins de madeira-seca e produtos difusíveis para fungos e insetos.

Existem estudos de preservativos mais saudáveis e sustentáveis, como um fungicida a base de capsaicina. Ziglio (2010) em sua pesquisa destaca que a capsaicina, proveniente da pimenta Malagueta e da pimenta Dedo-de-moça, por ser uma substância irritante e pungente consegue inibir o crescimento e/ou surgimento de fungos por um bom tempo e ainda penetrar na estrutura da madeira de forma satisfatória. Assim, se fazem importantes o estudo e testes para que esse fungicida possa estar disponível em mercado.

Segundo FIEP (2013) para um projeto com foco em redução dos processos de infestação de organismos xilófagos, devem ser analisadas as seguintes questões:

- Características da espécie botânica;
- Processo de produção da madeira, atentando-se a secagem e do tratamento preservativo;

- O tipo de construção a ser feita, propriedades dos materiais especificados e vida útil;
- Detalhe dos elementos, forma e dimensão das peças;
- Processo construtivo, englobando a mão-de-obra, as técnicas construtivas e condições de armazenamento;
- Condições de manutenção e utilização;
- Condições desejadas ao meio ambiente.

Quanto ao material, as medidas recomendadas para soluções de projetos propostas por Estuqui Filho (2006) são:

- Evitar contato direto com o solo, de forma a criar sustentações isolando o solo da estrutura;
- Garantir ventilação por baixo dos pisos de madeira.
- Não utilizar madeiras que possuam fendas.
- Proteger com cobertura toda estrutura ou vedações de madeira.

Segundo Trada (2012) a madeira por ser um material higroscópico ganha ou perde umidade conforme a umidade do ar do ambiente. Dessa forma para sua instalação a madeira deverá estar com o teor de umidade apropriado, se não poderá sofrer deformações e comprometer a estrutura. Ainda, segundo a organização cerca de 80% dos problemas que ocorrem na madeira em serviço são derivados da umidade.

4.5 DETALHES CONSTRUTIVOS PREVENTIVOS

Conforme Estuqui Filho (2006), algumas vezes é dada preferência à materiais como aço e concreto ao invés da madeira, devido a durabilidade desses materiais serem mais vantajosas do que da madeira. Quanto utilizados na construção, o concreto e o aço possuem detalhes já padronizados, já utilizando a madeira, deve-se tomar cuidados devido suas qualidades intrínsecas, sendo assim necessária a adição de detalhes construtivos específicos.

Kropf (2000 apud ESTUQUI FILHO, 2006) cita:

As construções de madeira têm a grande vantagem de que praticamente qualquer elemento pode ser reparado ou substituído condição impensável

para estruturas de concreto. Mesmo como uma simples troca de peça pode constituir uma árdua tarefa, é preferível evitar a reposição através da proteção dos elementos estruturais mais importantes. É a isso que se refere o adequado detalhamento de projeto.

Para ser utilizada em obras permanentes, a madeira deve ser empregada com detalhes construtivos adequados visando melhorar a durabilidade, entretanto, ocorre com frequência a negligência desses detalhes, principalmente com vistas à economia e/ou estética (ESTUQUI FILHO, 2006).

Dessa forma, ao invés de serem tomadas medidas curativas como reparos, trocas de peças ou tratamentos, já citados no capítulo acima, se torna mais viável a prevenção da infestação dos agentes biodeterioradores por meio de projetos que possuam técnicas com essa finalidade.

Lelis et al. (2001) indicam cuidados durante a construção que vão além da escolha da madeira, uma série de procedimentos na concepção do projeto, que visam detalhes e técnicas construtivas que possam diminuir ou até evitar o aparecimento de organismos xilófagos. O tema não é recente, o que acontece é que ressurgiu agora visando a importância de se deixar de lado o uso de substâncias químicas para controlar a deterioração da madeira.

4.5.1 Detalhes Construtivos Contra a Ação da Capilaridade

Um grande problema das estruturas de madeira é a capilaridade, segundo Torres (2010) “a capilaridade ocorre devido à existência de porosidade (espaços vazios) que formam pequenos canais que quando sujeitos a pressões, absorvem e transportam água, originando fenômenos de umidade ascensional”.

Para evitar esta ação, a principal medida acontece na fundação. Trada (2012) sugere que para evitar a absorção de água ou a capilaridade, deve-se isolar a madeira a partir do solo e dos materiais de retenção de umidade ou de superfícies molhadas através de membranas impermeáveis à prova de umidade ou através de espaços de ar.

Torres (2010) ainda indica ainda outra solução para amenizar os problemas quanto a não estanqueidade à água. Pode-se adotar medidas de criação de sistemas de drenagem nas fundações e colocação de camada impermeabilizante entre a estrutura resistente e o solo. Esse sistema de drenagem é composto por drenos para formar uma cinta ao redor das fundações para evitar o acúmulo de água nos terrenos subjacentes. O dreno é perfurado e envolvido em um geotêxtil, que deve ser aterrado por gravilha e posteriormente coloca-se uma tela filtrante para proteger a estrutura (Figura 25). Deve-se atentar para o encaminhamento da água proveniente do dreno. Recomenda-se que o dreno seja direcionado para o sistema de águas pluviais ou até mesmo que seja feita a criação de outro sistema isolado.

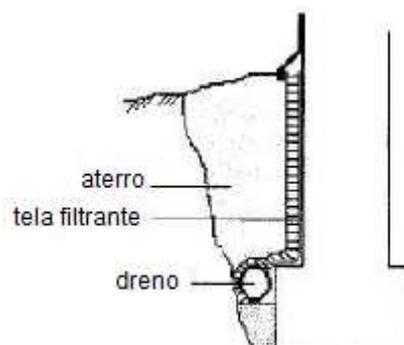


Figura 25 - Utilização do sistema de drenagem
Fonte: Torres (2010).

De acordo com Estuqui Filho (2006) é importante não haver contato da madeira com o terreno. Construções totalmente erguidas do solo permitem uma ventilação das peças inferiores e auxiliam para manter a absorção da água das chuvas pelo solo. Assim a madeira não entra em contato com a água da chuva já que está elevada sob o solo, mas deve ainda estar isolada por um material impermeabilizante.

Deve-se ainda evitar o contato da madeira com solo, concreto ou alvenaria através da utilização de engastes, pois é comum colocarem pilares e vedações de madeira assentadas sob o concreto, que apesar de não estar em contato diretamente com o solo ainda recebe umidade ascendente. Para evitar que a capilaridade seja proveniente dos pilares é recomendada a sobreelevação do pilar, conforme indicado na Figura 26 (ESTUQUI FILHO, 2006).



Figura 26 - Tipos de apoios para evitar a umidade
Fonte: Adaptado de Estuqui Filho (2006).

4.5.2 Projeto de Águas Pluviais

Segundo Torres (2010) uma construção que contemple vedações em madeira deve apresentar um projeto de águas pluviais bem elaborado.

Condutores de fluídos de água quando incorporados em divisórias ou em pavimentos de madeira ou qualquer material derivado deve conter ventilação para evitar umidade (ESTUQUI FILHO, 2006).

Para evitar que a água da chuva escorra dos beirais e respingue em direção as paredes de madeira, Estuqui Filho (2006) propõe uma calha de drenagem que contenha a água. Outra solução segundo o autor é fazer uma inclinação da calçada anexa ao prédio evitando que a água não escorra em direção às estruturas. No caso das vedações é importante que sejam protegidas e recuadas suficientemente em relação ao nível das fachadas para evitar o acesso da umidade das chuvas e a radiação solar. Assim como também as vedações não devem possuir elementos salientes que dificultem o escoamento da água das chuvas.

Trada (2012) indica que para proteger a madeira da exposição direta a água, deve-se utilizar grandes beirais e bordas salientes (Figura 27). Os beirais são muito importantes no projeto em madeira, além da água das chuvas protege da incidência solar também.

Conforme Góes (2014) para a uma altura de pé direito de até 3,20 m recomenda-se beiral de 80 à 120 cm com calha, protegendo a parede frente a condições de chuvas e incidências solares.

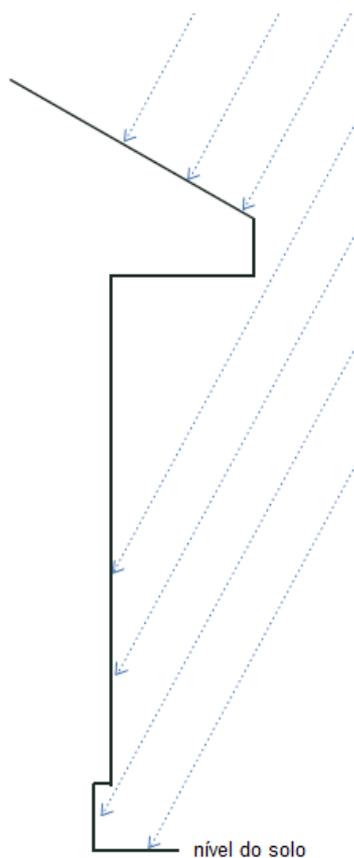


Figura 27 – Proteção conferida pelos beirais do telhado
Fonte: Trada (2012).

Ainda, deve-se levantar qualquer madeira externa acima da zona de respingo, ou seja, pelo menos 200 milímetros (250 mm de preferência) a partir do solo ou de superfícies horizontais como o telhado (Figura 28) (TRADA, 2012).

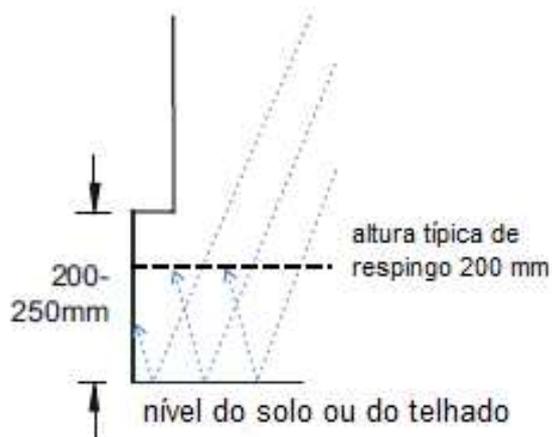


Figura 28 - Madeira levantada acima da zona de respingo
Fonte: Adaptado de Trada (2012).

Trada (2012) indica o uso de proteções à superfícies horizontais expostas à chuva e insolação e também aconselha que haja uma inclinação para evitar o acúmulo de água da chuva (Figura 29).

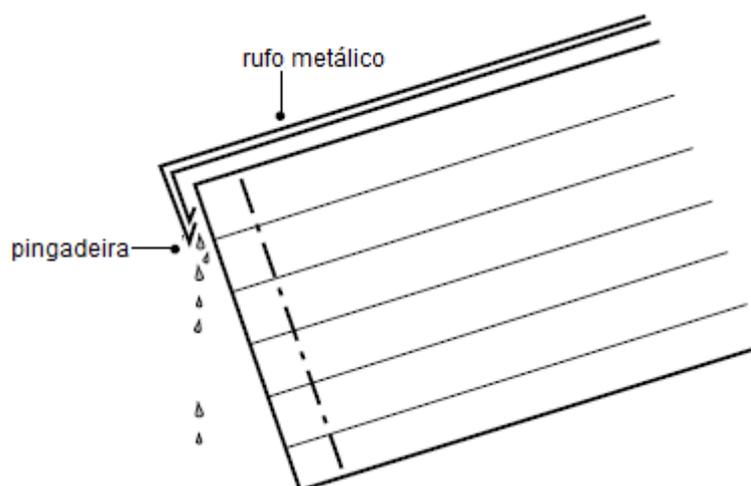


Figura 29 - Superfície inclinada e protegida
Fonte: Adaptado de Trada (2012).

Estuqui Filho (2006) também relata a importância de projetar um beiral largo para proteger a edificação das intempéries. Além do beiral, também indica-se o uso de pingadeiras, e de perfis de cobre para proteger os topos das peças de madeira que é onde o desenvolvimento dos fungos se inicia, detalhes que podem ser visualizados na Figura 30.

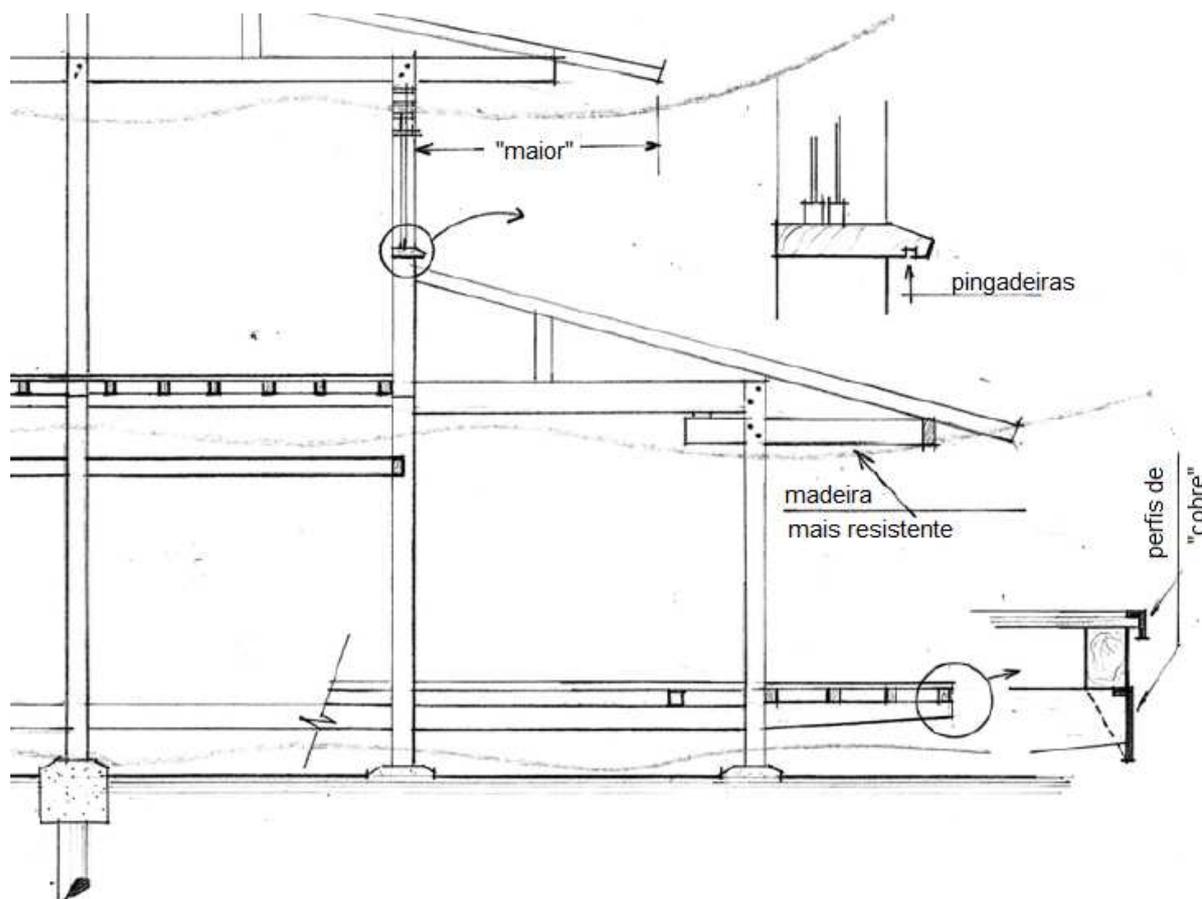


Figura 30 - Corte demonstrativo com detalhes estruturais
Fonte: Adaptado de Estuqui Filho (2006).

4.5.3 Membrana Hidrófuga

Sempre que falado sobre manta ou membrana impermeabilizante, que seja estanque a água, às vezes chamada também de membrana de respiro estamos falando da membrana hidrófuga (Figura 31).

Tecverde (2014) informa que essa membrana é um dos pontos cruciais para a construção em *wood frame* pois garante maior durabilidade e protege as vedações da umidade, prevenindo assim o surgimento de fungos.

Conforme Santos (2012) a membrana é fixada na face externa da chapa de OSB e impede que a umidade entre na estrutura, mas possibilita que a umidade interna saia.



Figura 31 - Membrana hidrófuga
Fonte: Santos (2012).

A LP BRASIL (2013) indica que a aplicação da manta no painel OSB deverá ser feita com grampos galvanizados, espaçados a cada 40 cm, nas junções verticais e horizontais deverá haver uma sobreposição mínima de 15 cm como mostra a Figura 32.

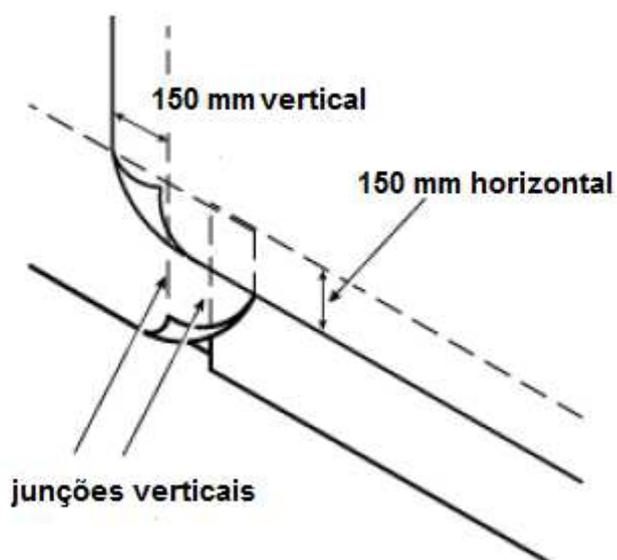


Figura 32 - Sobreposição da membrana nas junções
Fonte: Adaptado de Lancashire e Taylor (2009).

A membrana não deve conter rasgos, nem junções mal feitas, fatores que acarretarão em surgimento de umidade na estrutura. No caso de rasgos deverá ser colocada a membrana com grampos galvanizados cobrindo o rasgo e respeitando no mínimo 15 cm de distância entre as bordas do rasgo e o final da membrana (LANCASHIRE; TAYLOR, 2009).

4.5.4 Detalhes para Ventilação nas Vedações

Segundo Lelis et al. (2001) a medida mais comum que deve ser adotada em um projeto é a boa ventilação na edificação para evitar resguardos úmidos, especialmente para o caso de fungos.

Para ventilar a madeira Trada (2012) sugere criar cavidades nas paredes externas conforme Figura 33, esse detalhe funciona para os casos onde o revestimento pode absorver umidade e transferi-la para a chapa de OSB. A membrana hidrófuga pode atuar ainda protegendo a base de madeira contra a umidade em conjunto.

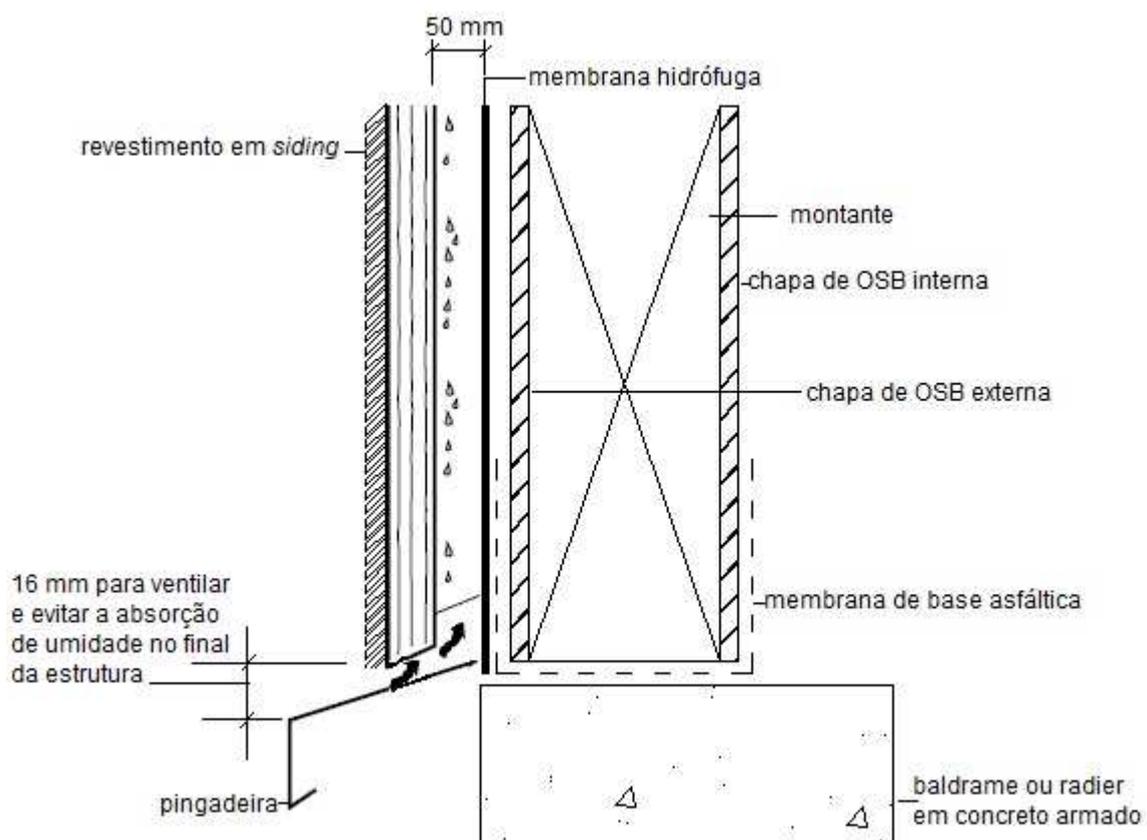


Figura 33 – Seção transversal da parede: cavidade ventilada por trás do revestimento
Fonte: Autoria própria.

Caso ocorra possível acúmulo de umidade ou condensação em locais de difícil acesso, existem três soluções segundo Trada (2012) que podem ser visualizadas na Figura 34:

- Ventilar e drenar as cavidades através dos revestimentos;
- Ventilar abaixo dos pisos térreos;
- Ventilar o telhado e/ou espaços vazios.

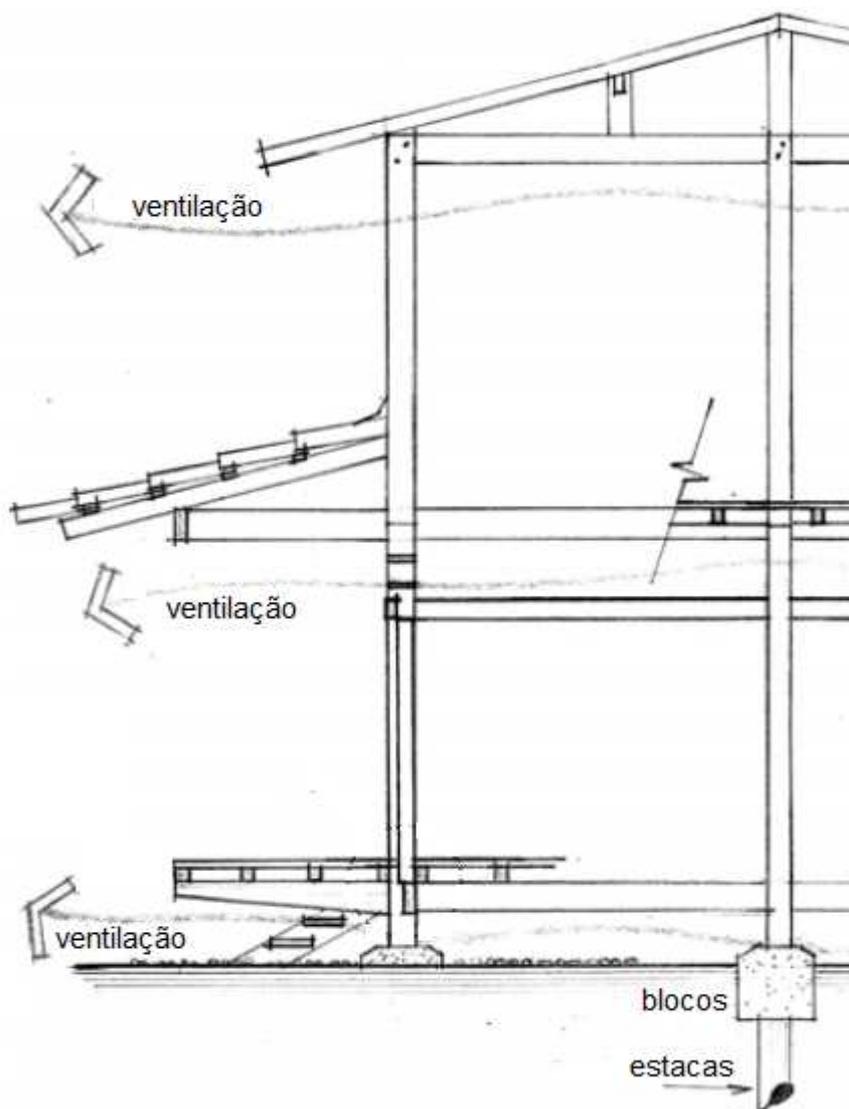


Figura 34 - Detalhes dos locais para ventilação
Fonte: Adaptado de Estuqui Filho (2006).

4.5.5 Outras Recomendações

Como o confronto com os fatores ambientais é inevitável em construções, medidas construtivas que previnam o surgimento de umidade auxiliam na prevenção da proliferação dos agentes biodeterioradores. Esses fatores ambientais são: chuvas, exposição solar e os ventos. Assim, além dos detalhes construtivos citados anteriormente, existem outras medidas que diminuem a interferência dos fenômenos climáticos e meteorológicos sob a construção.

Para implantação da obra o correto é que ela se encontre de frente aos ventos dominantes com insolação confortável, e que de preferência que isso aconteça de maneira uniforme em todas as laterais (ESTUQUI FILHO, 2006).

De acordo com Lancashire e Taylor (2009) outra condição importante é sobre o armazenamento da madeira no canteiro de obra, que deve seguir algumas especificações para garantir a durabilidade. Sugere-se armazenar em pallets em um chão nivelado, para evitar o contato direto com o solo. Se forem entregues totalmente envoltos em plástico deve-se retirá-los para haver ventilação e cobrir parcialmente para proteger da umidade conforme Figura 35.

E ainda, uma boa limpeza da obra colabora a prevenir a infestação de organismos xilófagos. É bom que o terreno não contenha peças de madeira espalhas e/ou soterradas, ou outros materiais celulósicos, pois são fontes de alimento a esses organismos (LELIS et al., 2001).



**Figura 35 - Correta armazenagem da madeira em canteiro de obra
Fonte: Lancashire e Taylor (2009).**

5 CONCLUSÃO

Quando se é proposto a realização de uma construção em madeira, qualquer que seja, deve-se primeiramente atentar-se à alguns fatores básicos, sendo eles por ordem: escolha da madeira e verificação de suas propriedades; fatores ambientais que irão interferir diretamente na construção; e técnicas que promovam a durabilidade da obra.

Visto a problemática da infestação em derivados da madeira por fungos xilófagos, deve-se considerar o principal fator que influencia o aparecimento e o desenvolvimento desses microorganismos: a umidade. Para evitar que a manifestação de fungos ocorra como consequência da umidade, deve-se manter condições do projeto que mantenham a umidade da madeira abaixo de 20%.

Deve-se considerar as questões climáticas para a realização do projeto. Analisar o clima da região onde a obra será locada é de extrema importância. A incidência solar, os ventos, chuva, temperatura e umidade características são fatores naturais que induzem consequências que comprometem o projeto.

Os detalhes construtivos apresentados no trabalho auxiliam no desenvolvimento do projeto, são fatores que inibem a proliferação dos fungos de forma mais sustentável. Assim como também aumentam a durabilidade da construção, amenizando custos de manutenção.

A tecnologia utilizada influencia no resultado final, assim como a mão-de-obra, que deve ser especializada para a realização de projetos. É importante o contínuo estudo de não apenas em *wood frame*, mas também nos diversos sistemas construtivos em madeira, para avaliação dos métodos já utilizados. Por serem situações já testadas, pode-se estimar técnicas para novos projetos utilizando como base o que funcionou em construções passadas. Há ainda falta de conhecimento e de estudo, o que acarreta em efeitos que resultam em custos elevados para o controle e que poderiam ser evitados através de medidas construtivas.

O que poderia auxiliar nessa questão seria a fiscalização pelos órgãos aprovadores de projetos, mas ainda faltam parâmetros básicos para garantir a durabilidade em acervo de normas de edificações do Brasil, tendo poucas pesquisas nessa área.

É importante também o desenvolvimento de estudos futuros de preservativos naturais que possam substituir a utilização de preservativos químicos, com o objetivo de não desenvolver ações prejudiciais à saúde e ao meio-ambiente. Podendo futuramente alinhar o uso de preservativos naturais com detalhes construtivos a fim de proporcionar maior durabilidade e sustentabilidade à construção em madeira.

REFERÊNCIAS

APPLEFIELD, Milton et al. **Study guide for wood preservation pest control**. Athens: University of Georgia, 1986.

BODIG, Jozsef; JAYNE, Benjamin A.. **Mechanics of Wood and Wood Composites**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1982. 657 p.

BRAND, Martha A.; ANZALDO, José; MORESCHI, José C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. "Perspectivas da pesquisa e utilização". **Revista Floresta**, v. 36, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/5600/4083>>. Acesso em: 27 jan. 2014.

BRAZOLIN, Sérgio et al. Preservação de madeiras – sistema de classes de risco. **Madeira: arquitetura e engenharia**, n. 13, mai-ago. 2004.

BRITEZ, Carlos A.; NOGUEIRA, Valdenei. **Inter-relação entre as propriedades e a microestrutura das madeiras**. 2006. 25 f. Trabalho acadêmico (Princípios das Ciências dos Materiais Aplicados ao Materiais de Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BURGER, Luiza M; RICHTER, Hans G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CALIL Júnior, Carlito et al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 2006. 252 p.

CAMPOS, C. I; LAHR, F. A. R. Estudo comparativo dos resultados de ensaio de tração perpendicular para MDF produzido em laboratório com fibras de Pinus e Eucalipto utilizando uréia-formaldeído. **Matéria**. São Carlos, v. 9, n. 1, 2004. Disponível em: <<http://www.sm2000.coppe.ufrj.br/mirror/sarra/artigos/artigo10592/index.htm>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

CARVALHO, Walter et al. Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000800033>>. Acesso em: 31 jan. 2013.

ESTUQUI FILHO, Carlos A. **A durabilidade da madeira na arquitetura sob a ação dos fatores naturais: estudo de casos em Brasília**. 2006. 148 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FIEP. **Durabilidade da Madeira**. Disponível em: <[http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/base_florestal/uploadAddress/Categoria%20de%20uso%20das%20madeiras\[15464\].pdf](http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/base_florestal/uploadAddress/Categoria%20de%20uso%20das%20madeiras[15464].pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2014.

FLORIAN, Alexandre. Métodos de tratamento de madeira. **Revista da Madeira**, 129 ed., nov. 2011. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1566&subject=Preserva%20E7%E3o&title=M%E9todos%20de%20tratamento%20de%20madeira>. Acesso em: 27 jan. 2014.

_____. Preservativos de madeira e suas características. **Revista da Madeira**, 127 ed., mar. 2011. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1527&subject=Preservantes&title=Preservativos%20de%20madeira%20e%20suas%20caracter%20EDsticas>. Acesso em: 27 jan. 2014.

GESUALDO, Francisco A. R. **Estruturas de madeira**. Uberlândia, 2003, 93 p.

GÓES, Jorge L. N. de. **Durabilidade em construções de madeira**. 2014. Entrevista concedida a Alessandra Monique Weber. Campo Mourão, 12 mar. 2014.

_____. **Materiais derivados de madeira (aplicação estrutural)**. Lins, 2006. 34 p.

LANCASHIRE, Robin; TAYLOR, Lewis. **Pocket guide to timber frame**. Trada Technology Ltd, 2009, 64 p.

LELIS, Antonio T. de et al. **Biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001. 54 p.

LP BRASIL. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

MARQUES, Luís E. M. M. **O papel da madeira na sustentabilidade da construção**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Construções Civas) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

MASISA. Disponível em: <<http://www.masisa.com/bra/>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

MONTANA QUÍMICA S. A.. **Guia da Madeira**. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

MORESCHI, João C.. **Biodegradação e preservação da madeira**: Biodegradação da madeira. 4. ed. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2013. 49 p.

MORRIS, P. I.. **Understanding Biodeterioration of Wood in Structures**. Vancouver: Forintek Canada Corporation, 1997. 23 p.

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health. **NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards**. Department of Health and Human Services – Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH Publications, 2005. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/npg/>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 222 p.

SANTOS, Larissa C. F. dos. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame**. 2012. 80 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, Bárbara A. da; SCHMID, Aloísio L.; TAVARES, Sérgio F. Materiais naturais e qualidade do ar nos interiores – o caso dos preservativos de madeira. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 6 e 4, 2011, Vitória. Disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_103.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2014

SILVA, José C. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira**, 103 ed., mar. 2007. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1061&subject=Preservantes&title=Madeira%20preservada%20e%20seus%20conceitos>. Acesso em: 19 jan. 2014.

SZÜCS, Carlos A. et al. **Estruturas de madeira**. Florianópolis, 2005, 146 p.

Tecverde. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/site/tecverde/tecnologia-tecverde>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

TIMBER TECH. Disponível em: <http://www.timbertechtruss.com/pre_engineered.html>. Acesso em: 12 dez. 2013.

TORRES, João T. C. **Sistemas construtivos modernos em madeira**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado em Construções Civas) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

TORQUATO, Luciane P. Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil. **Revista da Madeira**, 127 ed., mar. 2011. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1528&subject=M%F3veis%20&%20Tecnologia&title=Caracteriza%E7%E3o%20dos%20pain%E9is%20MDF%20comerciais%20produzidos%20no%20Brasil>. Acesso em: 27 jan. 2014.

TRADA. **Durability by design**. Trada Technology Ltd, 2012.

_____. **Moisture in timber**. Trada Technology Ltd, 2012.

ZENID, Geraldo J. et al. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.

ZIGLIO, Analine C. **Uso da capsaicina como preservante a madeiras ao ataque de fungo apodrecedor**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.