

# Painéis de madeira como vedação vertical em construções\*

## Wood panels for vertical closure in buildings

Maxiliano Perdigão dos Santos\*\*  
Maria Teresa Paulino Aguilar\*\*\*

### Resumo

Este trabalho aborda os aspectos ambientais envolvidos no uso da madeira de reflorestamento sob o olhar da construção civil. Apresenta a realidade da construção civil brasileira e de outros países frente a esse material e experiências em sistemas de vedação vertical para edificações utilizando painéis pré-moldados de madeira. A análise da bibliografia disponível indica que, embora o uso da madeira de reflorestamento na construção civil seja recente no Brasil, as soluções construtivas apresentadas mostraram-se viáveis e compatíveis com a realidade brasileira.

Palavras-chave: Construção; Painéis de madeira; Meio ambiente; Sustentabilidade.

### Abstract

This paper addresses environmental aspects related to the application of reforestation wood in the building construction perspective. The experience of Brazil and other countries in using this material is presented, in particular the use of pre-molded wood panels for wall closure. An analysis of the available literature indicates that, despite the incipient experience of using that material in Brazil, the constructive solutions already developed have demonstrated its feasibility and compatibility with Brazilian reality.

Key words: Construction; Wood panels; The environment; Sustainability.

\* Artigo referente à monografia apresentada ao curso de Especialização em Construção Civil – ênfase: Tecnologia e Produtividade das Construções. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

\*\* Arquiteto e urbanista pela PUC Minas, especialista em Construção Civil pela Escola de Engenharia da UFMG, mestrando em Construção Civil pela Escola de Engenharia da UFMG.

\*\*\* Engenheira metalúrgica, doutora pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, professora do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Universidade Federal de Minas Gerais.

A madeira de reflorestamento tem se revelado um material promissor para a construção civil, tanto por sua relevância no contexto ambiental, quanto por sua qualidade. São inúmeros os exemplos de aplicações bem-sucedidas da madeira de reflorestamento na produção de edificações em países industrializados. Esse interesse faz da madeira um material que promove desenvolvimento tecnológico no setor da construção civil e amplia suas possibilidades no uso em edificações.

O Brasil tem a maior área mundial de reflorestamento, mas cujo destino contempla somente a produção de celulose e carvão vegetal. Pesquisas relativas ao uso da madeira de reflorestamento como material de construção civil no Brasil são incipientes. Esse fato estimula a investigação sobre o tema e contribui para a formação de uma cultura relacionada à busca de soluções para os problemas ambientais e de novas alternativas para o setor da construção civil

### **A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável na construção civil**

A madeira é um material natural e renovável com inúmeros aspectos positivos em diversas aplicações na construção civil. Juntamente com o barro e a pedra, representa um dos mais populares materiais de construção há milhares de anos (STUNGO, 2001), tendo sido identificada em civilizações que datam de 5.000 a.C. (RAMPAZZO; SPONCHIADO, 2000).

Em razão da utilização de novos materiais e da escassez de “madeiras de lei”, como braúna e jacarandá, dentre outras, arquitetos e construtores voltaram seus olhos para o concreto, aço e materiais sintéticos, fazendo a madeira perder campo para esses materiais industrializados.

Com o crescimento da conscientização ambiental e, principalmente, após a instituição da Norma ISO 14.000, as atividades madeireiras extrativistas passaram a ser mais controladas e, com isso, a madeira proveniente de manejo sustentável ganhou certa notoriedade (RAMPAZZO; SPONCHIADO, 2000). A madeira de reflorestamento veio para ocupar a lacuna deixada pelas madeiras de lei e tem sido aplicada em diversos segmentos, como o da construção civil

e movelaria. Segundo Stungo (2001), atualmente as conseqüências ecológicas dos nossos atos têm promovido na arquitetura mundial a visão de que devemos utilizar a matéria-prima disponível com cuidado e economia. Em países industrializados, esse conceito induziu a indústria madeireira a redescobrir o edifício construído em madeira, promovendo um material de qualidade para as empresas construtoras.

Sob essa ótica, a madeira de reflorestamento é apresentada como uma alternativa à utilização de madeiras raras e materiais que consomem muita energia e poluem o meio ambiente em seu processo de produção. O emprego de plantações de árvores sob manejo permite uma rápida aquisição de matéria-prima para produção industrial, tendo como impacto inicial a preservação de áreas com espécies nativas que vêm sendo destruídas pela atividade madeireira, como a Amazônia e outras florestas. No que diz respeito a outros materiais, os maiores benefícios da madeira de reflorestamento seriam a redução da emissão de poluentes na atmosfera e a economia de energia (TAB. 1), otimizando recursos que seriam protelados em favor de gerações futuras ou investidos na criação de outros produtos.

Tabela 1  
Consumo energético na fabricação de diversos materiais

Material	KWh/kg	KWh/m <sup>3</sup>	Kg/carvão
Madeira serrada	0,7	350	0,8
Madeira laminada-colada	2,4	1200	--
Cimento	1,4	1750	260
Concreto	0,3	700	25
Tijolo	0,8	1360	140
Aço	5,9	46000	1000
Plástico/PVC	18	24700	1800
Alumínio	52	141500	4200

Fonte: Laroca, 2002.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT, analisou e classificou várias espécies de madeira para uso na construção civil, catalogando-as em grupos de utilização, de acordo com a exigência a que serão submetidas em uma edificação (FERREIRA, 2003). As espécies de reflorestamento foram citadas em alguns dos grupos (Quadro 1), com destaque para o gênero *Eucalyptus*, classificado para o uso em estruturas. Deve-se, porém, observar as espécies de eucalipto adequadas, pois, segundo Oliveira (2001), existem cerca de 720 espécies do gênero.

Quadro 1  
Espécies de madeira de reflorestamento para construção civil

Grupo	Nome popular	Nome científico
Construção civil pesada interna	Eucalipto	<i>Eucalyptus tereticornis</i> , <i>E. citriodora</i> e <i>E. saligna</i>
Construção civil leve externa e leve interna estrutural	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i> e <i>E. saligna</i>
Construção civil leve interna decorativa	Grevílea	<i>Grevillea robusta</i>
Construção civil leve interna de utilidade geral	Cuningâmia	<i>Cunninghamia lanceolata</i>
	Cupressus	<i>Cupressus lusitanica</i>
	Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i> e <i>E. saligna</i>
	Pinus	<i>Pinus spp.</i>

## Construções de madeira no Brasil

A utilização da madeira na construção civil no Brasil foi expressiva principalmente no oeste de São Paulo e norte do Paraná, com a colonização inglesa, e em todo o sul, com a colonização italiana, alemã e polonesa (LAROCA, 2002).

As edificações construídas pelos imigrantes utilizavam um sistema de tábuas no sentido vertical fixadas sobre uma estrutura com mata-juntas para eliminar as frestas entre as tábuas. À medida que materiais mais modernos, como tijolo e cimento, tornaram-se mais acessíveis, a madeira foi sendo substituída pela alvenaria de tijolos. Atualmente, apenas no sul do Brasil, nos Estados do

Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a madeira é empregada comumente em construções vernaculares, o que reforça a tradição desses Estados nesse tipo de sistema construtivo, fruto da colonização alemã e italiana (KRONKA; DEL CARLO, 2001).

Apesar de ter uma grande área plantada em seu território e de ser o maior produtor mundial de madeira de reflorestamento (TAB. 2), esse material é pouquíssimo usado no setor de construção civil no Brasil. Devido ao rápido crescimento do eucalipto quando exposto ao clima brasileiro, ao longo de vários anos a maior parte da produção nacional tem sido destinada ao mercado de celulose e à produção de carvão vegetal. Após pesquisas mais recentes, desenvolvidas em instituições como o IPT, sobre o uso do eucalipto em construções, começou-se a olhar para essa madeira como uma alternativa para o mercado brasileiro de construção (KRONKA; DEL CARLO, 2001; OLIVEIRA, 2001).

Tabela 2  
Produção de madeira de reflorestamento

País	Espécie	m <sup>3</sup> /hectare ano	Ciclo de vida da floresta em anos
Brasil	<i>Pinus Taeda</i>	25	20 – 25
Brasil	<i>Eucaliptus Grandis</i>	40	7 – 15
Brasil	<i>Pinus Tropical</i>	35	20
Chile/ Nova Zelândia	<i>Pinus Radiata</i>	25	20 – 25
Estados Unidos	<i>Pinus Taeda</i>	12	25
África do Sul	<i>Pinus Patula</i>	19	25
Suécia	<i>Picea Abies</i>	5	60

Fonte: Kronka e Del Carlo, 2001. Tradução nossa.

No Brasil, a utilização da madeira de reflorestamento na construção civil enfrenta preconceitos maiores que outros tipos de madeira. Aproveitada em grande parte apenas para formas de concreto e escoras, tem-se a noção de que esse tipo de madeira é frágil, não sendo considerada “nobre”. Somada a

isso, a tradição cultural ibérica valoriza o uso da alvenaria, em detrimento da madeira. Essa subutilização mascara o seu potencial e a torna desconhecida entre os profissionais do setor quanto às suas propriedades físico-mecânicas e aos processos para o seu cultivo e beneficiamento, fazendo com que seja utilizada inadequadamente. Outro fator que, segundo Kronka e Del Carlo (2001), agrava a situação do Brasil em relação ao uso da madeira é o fato de os códigos de obra de grandes cidades como São Paulo não contemplarem o seu uso como material de construção.

### **Construções de madeira em outros países**

Em vários países do hemisfério norte, as florestas são usadas de forma sustentada e múltipla. O ambiente florestal é aproveitado tanto para produção de madeira, quanto para o desenvolvimento do meio ambiente através do incremento da fauna e flora, produção de água potável, turismo, lazer e educação ambiental. Na maioria desses países, ricos em recursos florestais, plantados e manejados, grande parte das habitações é produzida em madeira e seus derivados (SHIMBO; INO, 1998). Em países como Estados Unidos, Canadá e Suécia, mais de 90% das habitações são construídas em madeira; no Japão, 58% e na Alemanha, 25% (SÉQUENCES BOIS *apud* NAVARRO, 1999).

Segundo Stungo (2001), o sistema construtivo em madeira mais comum atualmente no mundo é o de estrutura leve. Embora tenha sua origem nos países escandinavos, a alta produção do sistema estrutural leve é bem popular na América do Norte, o que garante uma grande produção de habitações.

A indústria de materiais de construção dos países industrializados investe em pesquisas de inovação tecnológica para colocar no mercado novos produtos e sistemas construtivos em madeira e promove feiras abertas ao público consumidor, a fim de divulgar os sistemas construtivos em madeira disponíveis.

Nesses países, a busca pelo aprimoramento tecnológico na área da construção em madeira é impulsionada pelo apelo ambiental em favor da redução do consumo de energia na produção e na manutenção dos edifícios. Isso

ocorre porque, nesses locais, o consumo de energia para aquecimento interno das edificações é elevado. A construção de casas, no conceito de “construção verde”, força cada vez mais os projetistas a darem soluções que atendam a esses propósitos. Nesse sentido, a madeira aplicada na construção civil tem respondido às necessidades ambientais dos países do hemisfério norte e se coloca no mercado como um material que veio para ficar (STUNGO, 2001).

### **Sistemas construtivos em painéis de madeira**

Segundo Hoor *et al.*, citados por Navarro (1999), o sistema de construção de painéis começou a ser desenvolvido em 1931, na Alemanha, por Walter Gropius. Era baseado em uma trama retangular, onde os painéis-parede eram compostos por uma estrutura de madeira revestida internamente por uma chapa de alumínio e chapa de cimento amianto e, externamente, por chapa de cobre nervurado.

De acordo com Ferreira (2003), os painéis de madeira surgiram da necessidade de se amenizar as variações dimensionais da madeira maciça, diminuir seu peso e custo, mantendo as propriedades isolantes térmicas e acústicas. Além disso, os painéis têm sua aplicação otimizada pelo aumento da sua superfície útil. O desenvolvimento tecnológico no setor de painéis à base de madeira tem proporcionado o aparecimento de novos produtos que vêm atender a demandas cada vez mais específicas.

248

O painel de madeira pode apresentar uma solução funcional, construtiva e econômica, competindo com sistemas de vedação tradicionais. Os painéis podem ser utilizados tanto para vedação externa como para divisória no interior das edificações. A madeira pode se adaptar facilmente a determinadas exigências e possibilidades. Também possui menor peso, facilitando o transporte e a trabalhabilidade da obra (SUENAGA; BITTENCOURT; TERNI, 2002).

Os painéis podem ser de compensado ou pranchas de madeira maciça, aplicados diretamente sobre a estrutura e fixados com pregos ou parafusos. A aparência final da parede depende do tratamento das juntas e das fibras ou do desenho dos painéis (CHING; ADAMS, 2001).

Nos Estados Unidos, a maioria das construções em madeira utiliza

painéis compostos por ossatura de madeira, uma chapa de gesso acartonado na face interna, um material de enchimento para isolamento termo-acústico, uma chapa intermediária de compensado ou de fibra e um acabamento externo em tábuas de madeira, lambris ou alvenaria (NAVARRO, 1999).

Os painéis em madeira de reflorestamento mais usados para o fechamento vertical de edificações, desenvolvidos ou em desenvolvimento por instituições de pesquisa no Brasil, serão mostrados a seguir, juntamente com exemplos de edificações construídas com esse sistema.

### **Painéis OSB**

Os painéis de partículas orientadas, OSB (*Oriented Strand Board*), foram desenvolvidos para suprir uma demanda não atendida por painéis compensados comuns: a resistência mecânica para fins estruturais. Sua estrutura é composta por três a cinco camadas de partículas ou feixes de fibras, unidas com resina fenólica, orientadas em ângulo de 90 graus umas com as outras e prensadas para sua consolidação. Esse arranjo confere ao painel resistência mecânica e à umidade. Por ser produzido com madeira proveniente de toras de menor qualidade, o OSB tem custo mais baixo que outros tipos de painéis compensados estruturais e o fato de usar matéria-prima menos nobre não diminui sua qualidade, pois o que determina seu desempenho é a tecnologia de produção (FERREIRA, 2003).

Na construção civil, os painéis OSB são usados na produção de paredes, divisórias estruturais, pisos, vigas e forro (FIG. 1).

249



FIGURA 1 - Aplicação do painel OSB na construção civil. Fort Collins, CO – EUA  
Foto: Maxiliano Perdigão dos Santos.



Na América do Norte, 51% das aplicações do OSB correspondem à construção de habitações, sendo seu uso aprovado por normas estabelecidas no Japão, Estados Unidos e Europa. Outro motivo que impulsiona o uso dos painéis OSB na América do Norte é a questão ambiental. No **Green Building Guidelines** (ALAMEDA COUNTY, 2003), guia para construções verdes, o painel OSB é recomendado pelo fato de, na sua composição, não ser necessário o uso de troncos de madeira de grande diâmetro. Além disso, é mais forte que as chapas de madeira tradicionais e mais barato.

No mercado brasileiro, o OSB ainda é um painel pouco conhecido, faltando maior divulgação de suas características e possibilidades de utilização, principalmente na construção civil. Apesar de tímida, sua aplicação já ocorre em pisos e divisórias, coberturas e obras temporárias, como tapumes e alojamentos (FERREIRA, 2003)

### **Sistemas de vedação por painel sanduíche**

Os sistemas de vedação por painel sanduíche apresentados a seguir foram desenvolvidos no projeto de pesquisa: “Habitação social: concepção arquitetônica e produção de componentes de madeira de reflorestamento e em terra crua”, realizado pelo Grupo de Pesquisa em Habitação (Ghab) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). O trabalho envolveu o projeto de três sistemas de vedação em painel pré-moldado: painel colchão de ar, painel terra-palha monolítico, terra-palha bloco. Além dos painéis, foram construídas pelo projeto duas unidades habitacionais experimentais (FIG. 2).

250



FIGURA 2 - Unidades experimentais que utilizam painéis de madeira. Campus da Universidade de São Carlos, SP. Foto: Cristiana Cota Salomão.

As tipologias desenvolvidas pela EESC-USP e GHab são compostas por painéis com dimensões externas de 100x240cm, constituídas por: revestimento interno em lambris; ossatura em pinus com ligações feitas em chapas com dentes estampados; chapa de aglomerado, terra-palha em bloco ou terra-palha monolítico; sarrafos para fixação das tábuas; tábuas para revestimento externo; mata-juntas para o acabamento nas frestas das tábuas; e tela, utilizada apenas para ligação entre os elementos de terra-palha e a ossatura, conforme FIG. 3 (NAVARRO, 1999).

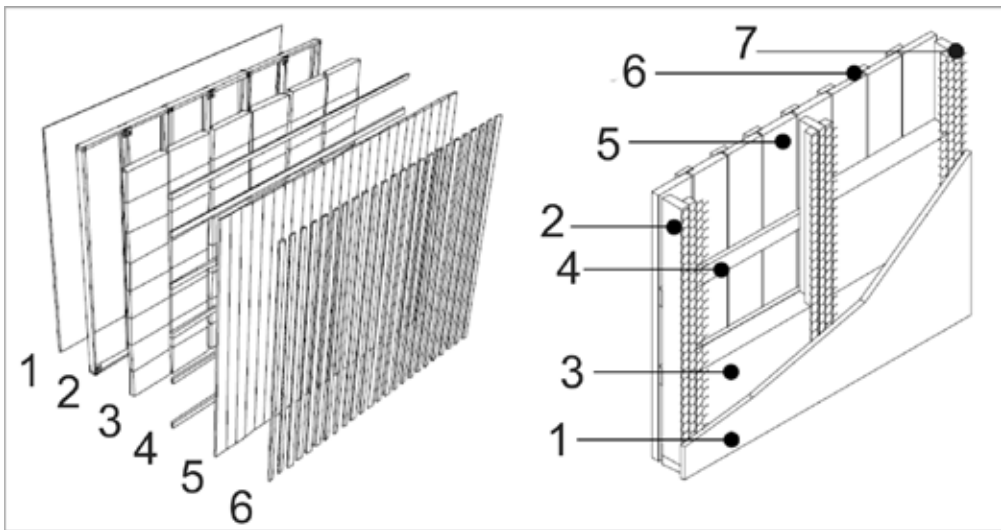


FIGURA 3 - Composição da parede do sistema de vedação painel terra-palha bloco.

1. revestimento interno; 2. ossaturas; 3. blocos de terra-palha; 4. sarrafos;
5. tábuas de peças de madeira de pinus tratadas; 6. mata-juntas; 7. tela.

Fonte: Navarro e Ino, 1998b.

O custo por m<sup>2</sup> para produção das três alternativas de painéis de vedação foi estimado mediante o uso da metodologia baseada na quantificação dos materiais e mão-de-obra envolvidos para cada atividade realizada nas etapas produtivas. A comparação dos custos dos painéis desenvolvidos com o custo da parede de alvenaria, levantado pelas TCPO (tabelas de composições de preços para orçamentos), pode ser vista na TAB. 3 (NAVARRO; INO, 1998b).

Tabela 3  
Resumo dos custos de material e mão-de-obra  
envolvidos na produção dos sistemas de vedação

Resumo do custo total				
Tipologia	Sistema de vedação painel colchão de ar	Sistema de vedação painel terra-palha monolítico	Sistema de vedação painel terra-palha bloco	Alvenaria
Material	25,56 – 81,30%	15,36 – 48,93%	17,03 – 47,94%	9,00 – 25,04%
Mão-de-obra	5,88 – 18,70%	16,03 – 51,07%	18,49 – 52,06 %	26,94 – 74,96%
Custo total/ m <sup>2</sup> de parede	R\$31,44	R\$31,39	R\$35,52	R\$35,94

Fonte: Navarro e Ino, 1998b.

### **Painel sanduíche em eucalipto**

O painel foi desenvolvido conceitualmente (FIG. 4) como parte do trabalho final de graduação do Curso de Arquitetura e Urbanismo (SANTOS, 2004) da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Trata-se de um projeto para a estação de pesquisadores do Parque Natural do Caraça, MG, que faz parte do programa socioambiental do Caraça. O projeto do painel foi baseado no sistema de vedação painel colchão de ar, mostrado por Navarro e Ino (1998a). As diferenças entre o painel proposto e o painel de referência são as seguintes:

- a) O material utilizado em todos os componentes do painel é o eucalipto (abundante na região);
- b) As dimensões externas do painel são de 100x300cm (melhor aproveitamento das peças estruturais em função da modulação da estrutura);
- c) A chapa de aglomerado foi substituída por uma manta impermeável ou lona preta, visando a reduzir o custo e o peso do painel.

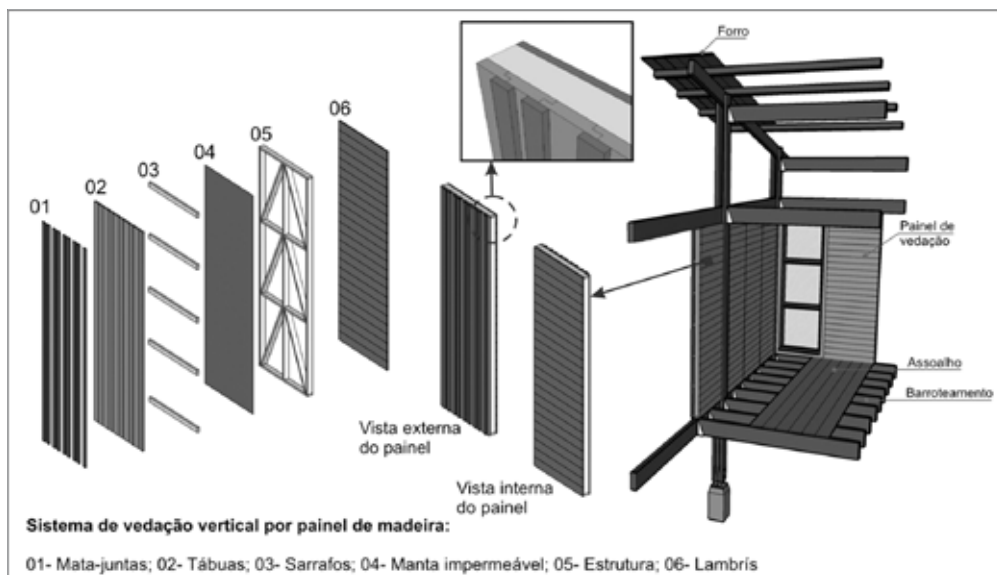


FIGURA 4 – Composição dos painéis sanduíche e vista do sistema construtivo em madeira de eucalipto serrada  
 Fonte: Santos, 2004

### **Painel sanduíche utilizando bracinga e estrutura de eucalipto**

Projeto desenvolvido através de parceria entre Stinghen, Mascaró e Mattos e a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisas de Florestas), a fim de esboçar diretrizes para a construção de um modelo de habitação que atenda ao pequeno e médio produtor rural com o uso de uma serraria portátil, em sistema de autoconstrução ou mutirão (STINGHEN; MASCARO; MATTOS, 2002).

O sistema de vedação adotado utiliza painéis leves, construídos com a bracinga (*Mimosa scarabella Benth*), que são encaixados em estrutura de eucalipto. O painel projetado tem dimensão de 75x226cm. Essa medida foi utilizada por ser adequada à bracinga, cujo desdobro resulta em peças de seção reduzida. Foram desenvolvidos três tipos de painéis: painel cego externo e interno, painel *brise-soleil*, painel janela de guilhotina e “ventarola”. O painel cego é composto por ossatura, sistema de tábuas e mata-juntas para revestimento interno e tábuas pregadas na horizontal, também para revestimento interno. No painel *brise-soleil*, a estrutura é preenchida por ripas na horizontal e o

fechamento interno pode ser feito com vidro deslizante em esquadria da mesma madeira. O painel janela de guilhotina possui diferenciação na distribuição da estrutura, para que possa ser incorporada a janela (FIG. 5).

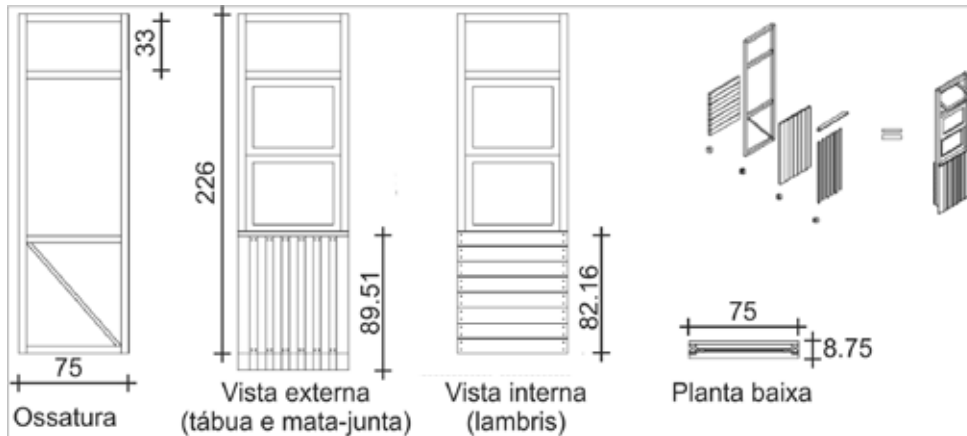


FIGURA 5 - Painel janela de guilhotina e “ventarola”  
Fonte: Stinghen, Mascaró e Mattos, 2002.

### Painéis de madeira colada lateralmente

Carvalho e Andrade (2003) apresentam a confecção de painéis de madeira para serem utilizados como vedação vertical em edificações ou na fabricação de móveis. Utilizou-se uma espécie híbrida de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, implantada por clonagem, obtida em uma área de plantio comercial de uma indústria de papel e celulose. Foram utilizadas árvores com diâmetro de base a partir de 20 cm e diâmetro a 4 metros a partir de 12 cm, com idade de sete anos. Essa idade é considerada precoce para se obter madeira serrada, pois normalmente utilizam-se árvores com idade superior a 15 anos. A partir do desdobro, foram confeccionadas tábuas, com 27 mm de espessura, quatro metros de comprimento e largura variável, que passaram por um período de secagem de 120 dias, após o qual foram selecionados os *clear blocks*, peças com pequenas dimensões e livres de defeitos, utilizadas para montagem dos painéis, usando-se normalmente adesivos à base de uréia-formol e resina fenólica. Segundo os autores, na confecção dos painéis pelo processo

de colagem lateral de *clear blocks*, a perda é muito próxima de zero, pois as dimensões reduzidas desse material proporcionam o melhor aproveitamento do tronco. Outros pontos positivos são a idade da árvore, que, por ser jovem, minimiza defeitos como o empenamento, comumente apresentados em tábuas de eucalipto, o corte da árvore em um tempo reduzido, o que viabiliza uma maior produção e o fato de a matéria-prima ser proveniente de uma plantação destinada a outro tipo de material, o que permite a diversificação dos produtos finais. Segundo os pesquisadores, os resultados obtidos na pesquisa, em escala piloto, indicam um bom potencial para a produção desses painéis em escala industrial.

### **Painéis de cimento-madeira**

Segundo Albuquerque *et al.* (2003), em todo o mundo o cimento é comumente usado na construção civil desde 1845 e há muito vem sendo objeto de estudo, inclusive pela indústria madeireira. Estudos voltados para o setor de painéis de madeira reconstituída apresentam resultados que confirmam a capacidade de solidificação do cimento em conjunto com a madeira.

Os painéis de cimento-madeira foram desenvolvidos na Alemanha, em 1914, e produzidos em larga escala pela indústria européia e japonesa, desde o início da década de 1960. A produção brasileira de painel cimento-madeira é feita por empresas pequenas e em escala reduzida, além de serem painéis de baixa qualidade. Estudos mais avançados estão sendo realizados em universidades do país e poderão dar subsídios a uma produção em larga escala de produtos de melhor qualidade (ALBUQUERQUE *et al.*, 2003).

As características apresentadas por esse produto permitem uma aplicação diversificada (paredes, isolante térmico e acústico, portas corta-fogo etc.), colocando-o em posição superior aos outros tipos de painel (ALBUQUERQUE *et al.*, 2003). Sua boa aceitação se deve, entre outros fatores, às propriedades apresentadas, tais como: resistência ao ataque de fungos e cupins, bom isolante térmico e acústico, virtualmente incombustível e de fácil trabalhabilidade (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

## **Painéis de madeira e plástico**

A fabricação de painéis a partir da associação de resinas termoplásticas à madeira é um campo de pesquisa ainda em desenvolvimento. O trabalho de Oliveira e Vital (200-), ainda sem aplicação na construção civil, merece atenção por focar a madeira de reflorestamento associada a um tipo de resíduo muito comum nas grandes cidades, a garrafa PET e o copo de plástico. Como a construção civil é um grande consumidor de matéria-prima, novos compostos a partir de resíduos tornam-se materiais em potencial para o uso em edificações. O estudo utilizou resíduos de *Eucalyptus Grandis* (na forma de partículas), provenientes de indústria de processamento de madeira, como material para fabricação de painéis, além de resinas termoplásticas PET (polietileno tereftalado) e PS (poliestireno), advindos de depósitos de materiais recicláveis e de coleta semi-seletiva em bares e lanchonetes. Foram fabricadas chapas com dimensões de 35,4mm x 35,4mm, submetidas a testes para se conhecer suas propriedades quanto à densidade, módulo de elasticidade, resistência ao arrancamento de parafusos, inchamento em espessura, dentre outros. Segundo os pesquisadores, os resultados dos testes de caracterização física e mecânica, realizados em laboratório, indicam que a produção desse compósito é uma alternativa tecnicamente viável para destinação de resíduos de plástico pós-consumo. Nesse sentido, a reciclagem desses resíduos para produção do compósito madeira-plástico converge com a tendência mundial de busca por novas matérias-primas e tecnologias para produção de novos produtos (OLIVEIRA; VITAL, 200-).

256

## **Processo industrializado de construção utilizando painéis pré-moldados de madeira de reflorestamento**

Os exemplos de construção industrializada apresentados a seguir provêm do acervo do arquiteto, construtor e professor Hansjörg Hilti (Institut für Architektur und Raumplanung – Hochschule Liechtenstein) e sua equipe, sendo as edificações localizadas no Principado de Liechtenstein. Todos os componentes de madeira utilizados nas construções, incluindo estrutura, piso e parede, são fabricados com pinus tratado.

A construção de edificações através de um processo industrializado é dividida basicamente em três etapas: fabricação dos componentes em uma planta industrial (FIG. 6), transporte dos componentes para a obra e montagem do edifício. Esse processo viabiliza a construção em países com inverno rigoroso, pois todos os componentes são construídos em local fechado durante o inverno, para depois serem montados no verão.<sup>1</sup>



FIGURA 6 - Planta industrial para fabricação de componentes estruturais e painéis pré-moldados de madeira de reflorestamento. Principado de Liechtenstein.  
Fonte: Hilti, 2004a.

No processo de construção industrializado, o detalhamento dos projetos é de suma importância, pois a montagem em canteiro depende da compatibilidade de todos os componentes. Durante a montagem, os painéis saem diretamente do caminhão para sua posição na edificação (FIG. 7 e 8). Isso exige um planejamento logístico que se inicia na fase de projeto, passa pela “linha de montagem” dos componentes na fábrica e finaliza no carregamento das peças conforme a seqüência em que serão montadas em canteiro.<sup>2</sup>

257

A FIG. 7 mostra um sistema de painéis dobráveis feito da associação de piso e parede que vem pré-montado da fábrica. Ao ser içado pela grua, o conjunto assume sua forma e é montado peça a peça.

<sup>1</sup> Informação obtida na palestra “Construções de madeira na Europa Central”, proferida pelo arquiteto Hansjörg Hilti na 3ª Semana de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura do Centro Universitário Rio Preto, São José do Rio Preto, 2004a.

<sup>2</sup> Informação obtida na oficina “Construindo/ projetando com madeira”, ministrada pelo arquiteto Hansjörg Hilti na 3ª Semana de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura do Centro Universitário Rio Preto, São José do Rio Preto, 2004b.





FIGURA 7 - Associação de piso com vedação vertical por sistema dobrável, que utiliza painéis pré-moldados de madeira. Principado de Liechtenstein.  
Fonte: Hilti, 2004b.

Na FIG. 8, o processo de montagem é iniciado pela fixação dos pilares na fundação, seguida do encaixe dos painéis-piso e, posteriormente, dos painéis de vedação vertical.

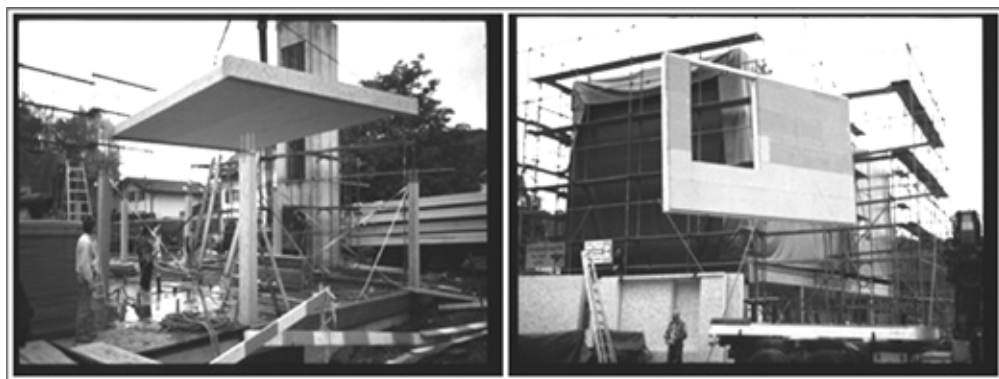


FIGURA 8 – Processo de montagem das estruturas e dos painéis pré-moldados.  
Principado de Liechtenstein.  
Fonte: Hilti, 2004b.

## Considerações finais

A utilização da madeira de reflorestamento na construção civil assume um importante papel no desenvolvimento sustentável mundial. Hoje, preocupações relacionadas ao consumo de energia não renovável e ao controle da poluição colocam na pauta de desenvolvimento das nações a busca por materiais alternativos que possibilitem o equilíbrio entre a crescente produção industrial e os resíduos gerados no planeta.

O amplo uso da madeira de reflorestamento na construção em países industrializados, sobretudo em edificações residenciais, deve-se primeiramente a uma questão cultural. É fruto de um desenvolvimento tecnológico contínuo, que agrega qualidade ao material e cria novas soluções construtivas, tornando o processo de construção cada vez mais rápido e fazendo da madeira um material competitivo no mercado de construção. Nos países industrializados, as preocupações ambientais reforçaram ainda mais a necessidade de utilização da madeira de reflorestamento, que passa a ser um material ecologicamente correto e isso a torna mais atrativa do que outros materiais.

A baixa utilização da madeira de reflorestamento no Brasil pode ser entendida pela facilidade de obtenção de madeiras nativas, exploradas ao longo de décadas a baixo custo. Na construção civil, o não uso dessa madeira em componentes das edificações explica-se, até certo ponto, por questões culturais. Essa estagnação deve-se também ao fato de que no país existem indústrias de cimento e aço muito bem consolidadas, que, ao longo de décadas, exploraram jazidas sem levar em conta a degradação do meio ambiente. O pouco rigor dos agentes públicos nas questões ambientais faz com que essas empresas não busquem soluções tecnológicas que levem em consideração o meio ambiente. Esse tipo de atitude enfraquece outros meios de produção, tais como o manejo florestal, que, em média, leva 20 anos (no caso do eucalipto) para obter a matéria-prima para o uso. A falta de incentivo e, principalmente, de uma política ambiental que proporcione competitividade a empresas com potencial de produção ambientalmente sustentada, desestimula investimentos do setor privado, que tende a optar por atividades com retorno mais rápido.

O baixo conhecimento das potencialidades da madeira de reflorestamento pela grande maioria dos empresários e dirigentes públicos corrobora o fato de, no Brasil, o eucalipto, utilizado de forma indevida, carregar o injusto estigma de ser uma madeira de baixa qualidade. Para garantir o sucesso de um produto, no caso a madeira de reflorestamento, é necessário que as suas qualidades sejam promovidas e que novas soluções estejam disponíveis para o uso. Além disso, é desejável que a legislação referente à construção acompanhe o desenvolvimento tecnológico.

Os painéis pré-moldados feitos com madeira de reflorestamento aliam o desempenho ambiental da madeira com a rapidez da produção em canteiro e a otimização da fabricação de componentes construtivos a despeito de intempéries, pois podem ser produzidos em ambientes fechados. Como elemento construtivo, o painel sanduíche apresenta grande flexibilidade em relação à associação de novos componentes ou materiais, naturais ou sintéticos, tendo como resultado o melhoramento térmico, acústico, além da redução de peso e dimensão. A abertura para composições privilegia a expansão do uso de painéis pré-moldados em um país com dimensões continentais como o Brasil, pois, como foi mostrado em algumas soluções, o sistema adapta-se aos materiais disponíveis nas regiões onde é utilizado.

A partir do momento em que se domina uma técnica construtiva, em madeira ou em outros materiais, soluções mais arrojadas podem ser desenvolvidas e produzidas industrialmente. Esses avanços nas soluções construtivas, no processo de projeto e fabricação, encurtam o período de obra. Assim, cria-se um processo de linha de montagem no qual as peças chegam à medida que serão usadas.

Pode-se dizer que a limitação não está no material, mas na maneira como é utilizado. Pois, no cenário mundial, onde a tônica em debate é a preocupação com o meio ambiente, a arquitetura deve assumir um novo papel e “submeter-se a uma postura de vida e não pretender ser um fim em si” (GADAMER, 1999, p. 253).

## Referências

ALAMEDA COUNTY. **New home construction green building guidelines**. 2003. Disponível em: <[www.stopwaste.org](http://www.stopwaste.org)>. Acesso em 8 nov. 2005.

ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo Camargo de *et al.* **Painéis de OSB e cimento-madeira para construção civil**. 2003. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 5 jan. 2006.

CARVALHO, Alexandre Monteiro; ANDRADE, Ariel. **Painéis de madeira colada lateralmente confeccionados a partir de “clear blocks” de eucalipto. Madeira: arquitetura, engenharia**. 2003. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 9 set. 2004.

CHING, Francis D. K.; ADAMS, Cassandra. **Técnicas de construção ilustradas**. Tradução Luiz Augusto M. Salgado. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FERREIRA, Oswaldo Poffo (Coord.). **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003.

GADAMER, Hans-Georg. **Verdade e método: traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

HILTI, Hansjörg. **Construções de madeira na Europa Central**. Palestra proferida na 3ª Semana de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura do Centro Universitário Rio Preto, São José do Rio Preto, 2004a.

HILTI, Hansjörg. **Construindo/projetando com madeira**. Oficina ministrada na 3ª Semana de Arquitetura da Faculdade de Arquitetura do Centro Universitário Rio Preto, São José do Rio Preto, 2004b.

HOOR, Dieter *et al.* **Construire en bois. Techniques**. Lausanne: Romandes, 1987.

KRONKA, Roberta Consentino; DEL CARLO, Ualfrido. **Eucaliptus grandis: sustainable solution for the Brazilian building sector**. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 18, 2001**, Florianópolis. **Anais of the...** Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 24 set. 2004.

LAROCA, Christine. **Habitação social em madeira: uma alternativa viável**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NAVARRO, Alessandra. **Sistema de vedação pré-fabricado em madeira de reflorestamento**. 1999. Dissertação (Mestrado em Tecnologia do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

NAVARRO, Alessandra; INO, Akemi. **Sistema de vedação pré-fabricado em madeira de pinus: painel sanduíche**. In: **Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira**, 6, 1998a., Florianópolis, p. 111-120. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 24 set. 2004.

NAVARRO, Alessandra; INO, Akemi. **Sistema de vedação em madeira de reflorestamento: cadeia produtiva e apropriação de custos**. 1998b. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 24 set. 2004.

OLIVEIRA, Fernando Vitor; VITAL, Benedito Rocha. **Propriedades de painéis fabricados com madeira e plástico**. [200-] Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 5 jan. 2006.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva. **Experiência mundial com a madeira de eucalipto**. 2001. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 6 set. 2004.

RAMPAZZO, Sônia Elisete; SPONCHIADO, Marisa. **O uso da madeira de reflorestamento na construção civil com enfoque na habitação**. **Revista de Pesquisa e Pós-Graduação**, Erechim, v.1, p. 131-148, 2000. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 6 set. 2004.

PAINÉIS de cimento-madeira: características e aplicações. **Revista da Madeira**, ano 12, n. 71, maio de 2003. Disponível em: <[www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)>. Acesso em 5 jan. 2006.

SANTOS, Maxiliano Perdigão dos. **Estação para pesquisadores do Parque Natural do Caraça**. Trabalho final de graduação (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SÉQUENCES BOIS: de vêture en structure, le bois, un matériau moderne, 100 réalisations pour témoigner. Paris, CNDB/Loyer, 1997.

SHIMBO, Ioshiaqui; INO, Akemi. **A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para produção de habitação social**. In: **Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira**, 6, 1998. Florianópolis. p. 227-236. Disponível em: <[www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br)>. Acesso em 24 set. 2004.

STINGHEN, Andréa Berriel; MASCARÓ, Juan Luís; MATTOS, Patrícia Pova de. **A habitação de madeira como opção para o século XXI: projeto modular em madeira de reflorestamento.** In: **Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira**, 8, 2002, Uberlândia. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em 5 jan. 2006.

STUNGO, Naomi. **Wood: new directions in design and architecture.** San Francisco: Chronicle Books LLC, 2001.

SUENAGA, Fabiana; BITTENCOURT, Rosa; TERNI, Antônio. **Vedações: estudo de duas soluções para habitação econômica em madeira.** In: **Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira**, 8, 2002, Uberlândia. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em 5 jan. 2006.

Endereço para correspondência  
Maxiliano Perdigão dos Santos  
Rua Agenor Goulart Filho, 171/304 - Bairro Ouro Preto  
31310-360 - Belo Horizonte - MG  
e-mail: maxperdigao@yahoo.com.br

Maria Teresa Paulino Aguiar  
Departamento de Engenharia de Materiais e  
Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG  
Rua Espírito Santo, 35 - Centro  
30160-030 - Belo Horizonte - MG  
e-mail: teresa@demc.ufmg.br