

## **DESENVOLVIMENTO DE PROJETO E ADEQUAÇÃO ÀS ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE MADEIRA PARA VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA**

**Tomás Queiroz Ferreira Barata <sup>(1)</sup> Rosana Maria Caram <sup>(2)</sup>**

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC MINAS, Minas Gerais, Brasil. e-mail: barata@pucpcaldas.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. e-mail: rcaram@sc.usp.br

**RESUMO:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de projeto e a verificação da adequação às zonas bioclimáticas brasileiras de painéis de vedação verticais externos produzidos com madeira de reflorestamento serrada de pequeno comprimento ( $\leq 2,50\text{m}$ ), madeira roliça de baixo diâmetro ( $\leq 0,15\text{m}$ ), placas OSB (Oriented Strand Board) e placas de materiais reciclados. Dois aspectos são enfocados: 1) desenvolvimento do projeto executivo e produção experimental de painéis de vedação verticais em madeira e; 2) verificação da adequação dos painéis de vedação às zonas bioclimáticas brasileiras. A princípio, são definidos os princípios construtivos para projetos de painéis pré-fabricados em madeira e as recomendações para o emprego adequado da madeira na construção de sistemas construtivos. O trabalho apresenta os resultados das análises de projeto de cinco tipologias de painéis executados em escala industrial e experimental. Através de simulações com o uso do programa “Arquitrop” são determinados o atraso térmico, o amortecimento e o coeficiente global de transmissão de calor dos painéis de vedação analisados. Os resultados subsidiaram a etapa de desenvolvimento de projeto e a produção em escala de protótipo de três novas tipologias de painéis de vedação, possibilitando a adequação dos painéis propostos em relação às diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

**Palavra chave:** Painéis de madeira, componentes pré-fabricados, zonas bioclimáticas brasileiras.

## **PROJECT DEVELOPMENT AND ADEQUATION TO THE BRAZILIAN BIOCLIMATIC ZONES OF PRE-MANUFACTURED WOOD PANELS FOR EXTERNAL VERTICAL SEALING**

**ABSTRACT:** This work presents the project development and verification of the adequacy to the Brazilian bioclimatic zones of external vertical sealing panels produced with reforestation wood cut in small lengths ( $\leq 2,50\text{m}$ ), cylindrical logs of short diameter ( $\leq 0,15\text{m}$ ), Oriented Strand Board and boards made out of recycled materials. We focus in two aspects: 1) development of the executive project and experimental production of wooden vertical sealing panels and 2) verification of the adequacy of the sealing panels to the Brazilian bioclimatic zones. The constructive principles for pre-manufactured wood panels and the recommendations for the correct employment of wood in constructive systems are defined. Results of the analysis of the projects of five kinds of panels executed in industrial and experimental scales are presented. Through simulations using the software “Arquitrop” we determined the thermal delay, the damping and the global coefficient for heat dissipation of the sealing panels. The results were used as basis for the development of the project and production in prototype scale of three new kinds of sealing panels, making possible the fitting of the proposed panels to the different Brazilian bioclimatic zones.

**Keywords:** Wooden panels, pre-manufactured components, Brazilian bioclimatic zones

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Princípios construtivos e elementos constituintes dos painéis de vedação em madeira.

Este trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento de subsistemas de vedação que empregam a madeira com principal material de construção. O trabalho analisa 5 (cinco) tipologias de painéis de vedação pré-fabricados em madeira, verifica sua adequação ao zoneamento bioclimático brasileiro e propõe alternativas de painéis com madeira de reflorestamento serrada de pequeno comprimento ( $\leq 2,50\text{m}$ ), madeira roliça de baixo diâmetro ( $\leq 0,15\text{m}$ ), placas OSB (Oriented Strand Board) e placas de materiais reciclados..

Para o estabelecimento de recomendações técnicas para projetos de sistemas construtivos em madeira é necessário compreender as características específicas da matéria-prima, seus processos de transformação e o contexto da cadeia produtiva em que estão inseridos. Para tanto, é pertinente analisar as experiências nacionais executadas e identificar os demais materiais disponíveis no mercado para o emprego em configurações de painéis de vedação. Da mesma forma, destaca-se a necessidade de caracterizar as propriedades térmicas dos painéis de vedação e verificar sua adequação em relação as diferentes zonas bioclimáticas brasileiros.

Com o objetivo de delimitar a tipologia e a configuração dos painéis a serem propostos neste trabalho, procurou-se aprofundar os estudos tipológicos de painéis de pequenas dimensões, especificamente para uso em paredes externas. A princípio, é importante diferenciar duas composições básicas dos painéis: 1) Externos ventilados e, 2) Externos não ventilados.

Verifica-se que a constituição dos painéis de pequenas dimensões é composta, normalmente, por uma trama modular e possui uma estrutura, denominada “ossatura”, constituída de madeira maciça. São somados a esta estrutura de madeira, elementos com função de barreira de vapor, tirantes de contraventamento, revestimento externo em madeira maciça ou placa cimentícia, revestimento interno com material de acabamento (gesso acartonado, madeira compensada, placas de partículas de madeira, entre outras) e camadas intermediárias com material isolante.

A estrutura de madeira maciça dos painéis pode ser denominada de “quadro”, “ossatura” ou ainda “entramado” e é composta de diversos componentes que são reunidos ou montados por ligações pregadas, aparafusadas, coladas ou com auxílio de conectores metálicos. A função de um “entramado” do ponto de vista estrutural é receber e transmitir para as fundações as cargas estáticas e dinâmicas que são submetidas à edificação. Além das funções estruturais, os quadros devem suportar os revestimentos internos e externos e servir de apoio para os componentes de aberturas. A seguir, são reunidas as definições dos elementos das “ossaturas” utilizadas por GOTZ (1987) e pelo *Caderno de Edificación en Madera*<sup>1</sup> (1987). Esta definição é determinada pela função e posição de cada elemento no quadro.

- 1) **Soleira base** – Corresponde à peça posicionada imediatamente sobre a fundação. Deve ser isolada do alicerce por um material impermeabilizante, recomenda-se, dependendo da espécie de madeira, um tratamento sobre pressão e vácuo (autoclave) para uma maior proteção contra apodrecimento.
- 2) **Travessa, soleira ou frechal inferior** – Elemento horizontal inferior que uni as peças do painel, possui ainda a função de distribuir das cargas concentradas verticais ou em ângulo para a fundação.
- 3) **Pé-direito ou montante** – Elemento vertical que transmite as cargas da coberta e dos pisos superiores para a fundação, também contribui como suporte para os revestimentos internos e externos.
- 4) **Travessa, soleira ou frechal superior** – Elemento de união superior do conjunto de peças verticais, tem a função de distribuir as cargas provenientes da cobertura e dos pisos superiores.
- 5) **Diagonais** - Elemento inclinado com função estrutural que transmite as cargas horizontais no sentido do plano do quadro, estas cargas são principalmente provenientes da ação do vento e movimentos sísmicos. Estas peças fazem a união entre a soleira superior e a soleira inferior e são fixadas também nos montantes que cruza.

---

<sup>1</sup> O *Caderno de Edificación en Madera*, especificamente o *caderno n° 1 – Entramados Verticales*, foi elaborado pelo Centro de Desarrollo en Arquitectura y Construcción da Universidad del Bio Bio, Concepción, Chile (1997) apresenta um detalhamento preciso dos encaixes, interfaces e processo de montagem de painéis de vedação.

- 6) **Corta-fogo ou travessas secundárias** - Elemento construtivo que tem como função evitar o deslocamento dos montantes verticais, fixar revestimentos e evitar a propagação de fogo pelo interior dos painéis pelo fato de formar compartimentos estanques.
- 7) **Sobre-soleira ou cinta de amarração** – Elemento posicionado acima das soleiras superiores e serve como elemento de amarração de todo o conjunto de “ossaturas”. Também contribui para absorver a flexão lateral e a excentricidade das cargas em relação aos montantes verticais.

Estes componentes podem ser reunidos para formar os quadros ou ossaturas dos painéis das seguintes formas:

- a) Quadros montados provisoriamente por pregos, a verdadeira ligação entre os componentes será assegurada pelo revestimento, por exemplo, madeira aglomerada que pode ser aparafusada ou atarraxada, pregada ou colada sobre o quadro.
- b) Os elementos horizontais e verticais são fixados segundo processos tradicionais tais como: ligações pregadas ou parafusos, encaixes, entalhes e fixações com cavilhas de madeira.
- c) Os componentes do quadro são posicionados em gabaritos e fixados por conectores metálicos galvanizados. Estes conectores são prensados simultaneamente em cada lado do quadro por prensas hidráulicas.

Na tabela 1 são apresentadas recomendações técnicas para a utilização dos elementos dos painéis de vedação e suas ligações segundo o caderno nº 1 do *Centro de Desarrollo en Arquitectura y Construcción* da Universidade de Bio-bio - Chile.

Elemento	Recomendações técnicas
Montantes	O espaçamento mais freqüente fica em entre 40 a 60cm. Estas peças são posicionadas de perfil em relação ao plano do quadro para poder resistir melhor aos esforços horizontais perpendiculares ao entramado. No outro sentido os montantes são travados pelas travessas secundárias e pelo revestimento estrutural exterior.
Soleiras Superiores	As soleiras têm a mesma dimensão dos montantes, se verifica uma maior largura deste elemento quando os esforços horizontais são muitos elevados, caso da ação excessiva de ventos ou movimentos sísmicos.
Soleiras Superiores	Outro caso de reforço das soleiras superiores é quando não existe coincidência entre o distanciamento das vigas de cobertura ou dos barrote do piso superior com a modulação dos montantes, o que pode submeter a soleira a uma elevada flexão entre apoios.
Diagonais	Deve ser de uma só peça e de menor largura que os montantes verticais, o cruzamento entre as peças é resolvido por um rebaixo nos montantes, sem cortá-los integralmente sua seção.
Diagonais	A inclinação mais recomendada para uma diagonal é 45° em relação à soleira inferior, com tolerância de $\pm 15^\circ$ , cada diagonal deve fixar-se em mais de um montante.
Diagonais	Se por razões de projeto não seja possível dispor as diagonais entre as soleiras inferiores e superiores, deve-se coloca-las em forma de “M”.
Corta-fogo ou travessas secundárias	Podem ser dispostas defasadas ou em linha. No primeiro caso permite uma pregação de topo, no segundo, uma pregação em diagonal. O segundo caso tem a vantagem da fixação dos revestimentos ficarem alinhados e os compartimentos uniformes facilitam a colocação de isolamentos.
Ligações de topo	Em toda ligação de topo entre elementos no entramado deve ser utilizado, pelo menos, dois pregos para evitar a rotação das peças.
Ligação de elementos	Em encontros de montantes, travessas e diagonais não se deve cortar integralmente nenhuma peça.

Fonte: Caderno nº 1 – *Entramados Verticales* - Universidad del Bio Bio - Chile (1997).

**Tabela 1** - Recomendações técnicas para a utilização dos elementos dos painéis de vedação e suas ligações.

## 1.2 Aplicação do programa Arquitrop (versão 3.0) nas simulações com os painéis de vedação.

O trabalho utilizou do programa Arquitrop: Conforto Térmico e Economia de Energia nas Edificações (versão 3.0) para a realização de simulações nos painéis de vedação analisados e nas tipologias de painéis de vedação propostos. O programa simula o desempenho térmico e verifica a adequação climática de edificações e componentes visando otimizar o conforto ambiental e a economia de energia elétrica.

Sobre os componentes de vedação analisados isoladamente foram obtidos dados sobre amortecimento (%), atraso térmico (h) e transmitância térmica ( $W/m^2\cdot^{\circ}C$ ). Sobre o conceito de componente, o programa considera que este corresponde ao conjunto de elementos construtivos que têm a função de vedação vertical externa, no caso de paredes e painéis, ou de vedação horizontal externa, no caso de coberturas. O banco de componentes, divididos em componentes horizontais (coberturas e pisos) e verticais (paredes e painéis), fornece os seguintes dados:

- Coeficiente global de transferência de calor ou transmitância térmica .....( $W/m^2\cdot^{\circ}C$ );
- Amortecimento .....(%);
- Retardamento (atraso térmico).....(h).

Segundo o guia do usuário (parte 3), o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica dos componentes construtivos é realizado de acordo com as normas francesas CSTB (1977). O tempo de retardamento e amortecimento, provocados pelo componente construtivo sobre a onda de calor, característicos do regime térmico periódico, são calculados por dois procedimentos, que são: os valores apresentados nas fichas do banco de componentes seguem o método simplificado desenvolvido por MACKEY e WRIGHT (1946) e apresentado por RORIZ (1983) para as simulações de projetos os cálculos de retardamento e amortecimento obedecem ao procedimento desenvolvido por MILBANK (1974).

## 2. OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é apresentar 3 (três) novas tipologias de painéis de vedação verticais externos utilizando madeira de reflorestamento serrada de pequeno comprimento ( $\leq 2,50m$ ), madeira roliça de baixo diâmetro ( $\leq 0,15m$ ), placas OSB (Oriented Strand Board) e placas de materiais reciclados a partir da análise de projetos executivos e da verificação da adequação às zonas bioclimáticas brasileiras de 5 (cinco) tipologias de painéis produzidos em escala industrial e experimental.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Análise dos projetos executivos e dos resultados das simulações no programa ARQUITROP.

Foram analisadas 5 tipologias de painéis de vedação sob o ponto de vista do projeto executivo do componente e do desempenho térmico através de simulações no programa ARQUITROP (versão 3.0). Das cinco tipologias de painéis de vedação externos analisadas, 3 (três) tipologias foram executadas em escala industrial e 2 (duas) tipologias de painéis executadas em escala experimental (protótipos).

Os aspectos analisados foram os seguintes:

- **Projeto executivo do componente** – Concepção de projeto, identificação dos materiais empregados, volume de madeira por  $m^2$ , número de ligações e número de componentes diferentes;
- **Desempenho térmico** – Análise dos resultados referentes ao atraso térmico, amortecimento, coeficiente de transmissão térmica e fator solar das tipologias de vedação.

### 3.2 Desenvolvimento dos projetos e produção do protótipos dos painéis propostos.

No processo de desenvolvimento dos projetos executivos priorizou-se o emprego de madeira de reflorestamento serrada de pequeno comprimento ( $\leq 2,50m$ ), madeira roliça de baixo diâmetro ( $\leq 0,15m$ ), placas OSB (*Oriented Strand Board*) e placas de materiais reciclados. A etapa de produção dos protótipos foi realizada no Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira LaMEM / EESC / USP e foi dividida em dois momentos:

**Etapa 1** - Elaboração dos projetos executivos e produção experimental de 3 (três) tipologias de painéis com dimensões  $0,90 \times 1,0$  m (painéis experimentais);

**Etapa 2** - Reformulação dos projetos executivos dos painéis experimentais e implementação da produção piloto das 3 (três) tipologias de painéis, com dimensões de  $0,90 \times 2,40$  cm.

### 3.3 Adequação dos painéis ao zoneamento bioclimático Brasileiro.

Foram realizadas as análises dos dados coletados e considerados os parâmetros e condições de contorno para vedações externas segundo a norma de desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitação Unifamiliares de Interesse Social. A partir dos parâmetros apresentados na tabela 2 e considerando os dados de

transmitância térmica  $U$  ( $W/m^2.K$ ), atraso térmico  $\phi$  (horas) e fator solar FCS (%) dos 5 painéis analisados e das 3 novas tipologias de painéis foram verificadas a pertinência de utilização de cada tipologia de vedação externas em relação às 8 zonas bioclimáticas brasileiras.

Zonas Bioclimáticas	Tipos de parede	Transmitância térmica - $U$	Atraso térmico - $\phi$	Fator solar - FCS
		$W/m^2.K$	Horas	%
1	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
2	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
3	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
4	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
5	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
6	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
7	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
8	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$

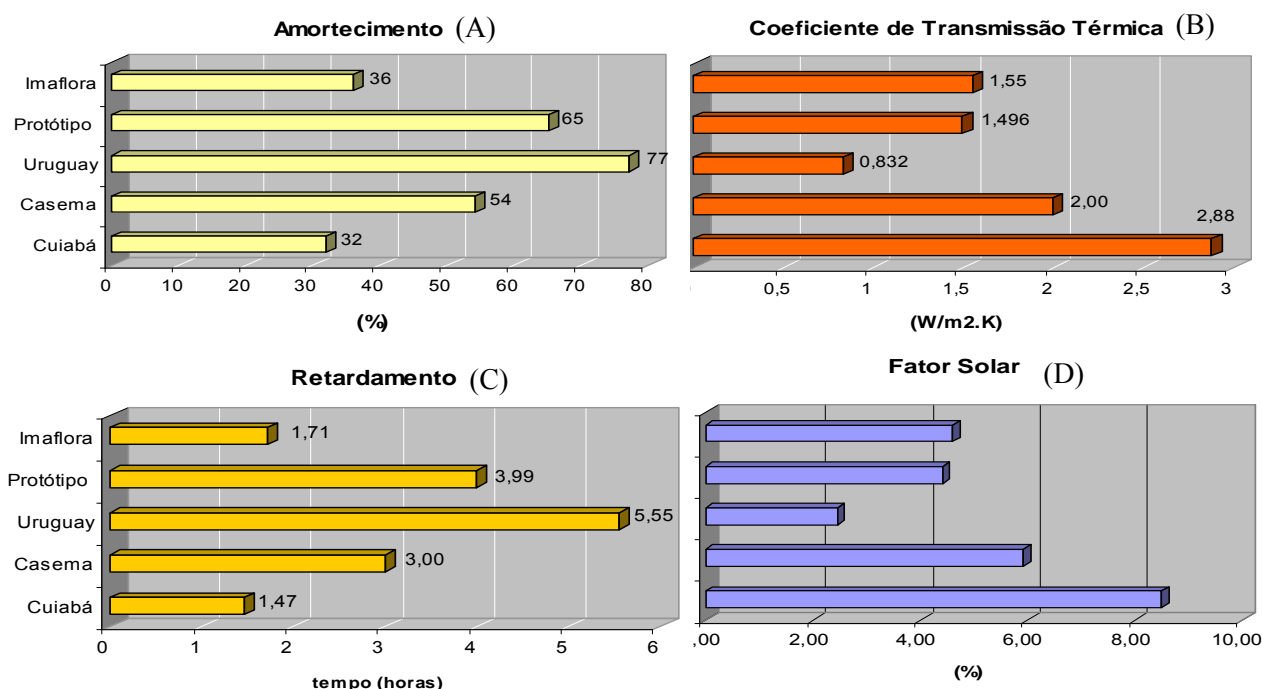
Fonte: Adaptado pelo autor a partir da norma de desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitação Unifamiliars de Interesse Social.

**Tabela 2** - Tipo de parede, transmitância térmica ( $U$ ), atraso térmico ( $\phi$ ) e fator de calor solar ( $FS_o$ ) admissíveis para as zonas bioclimáticas brasileiras.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Resultados das simulações no programa Arqutrop (versão 3.0).

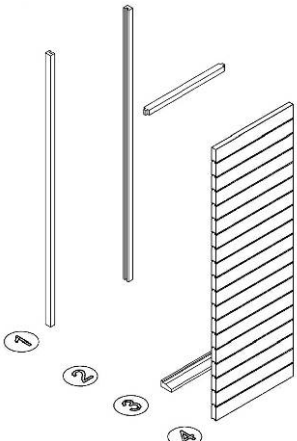
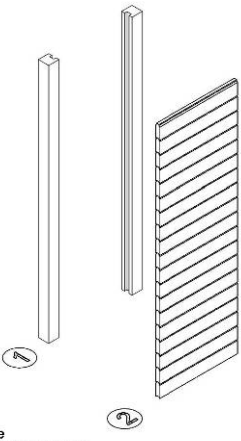
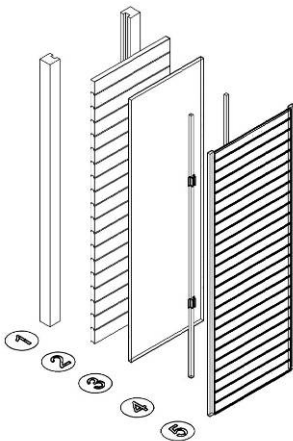
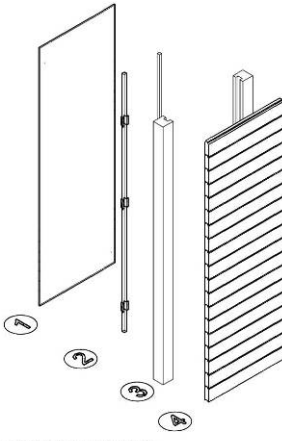
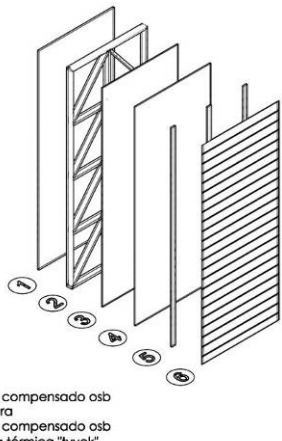

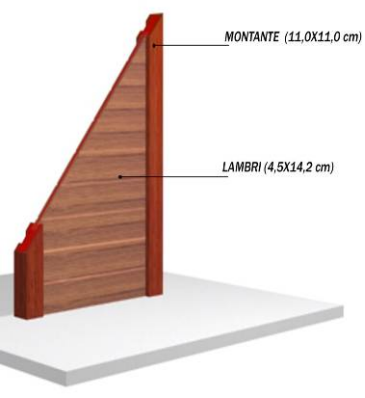
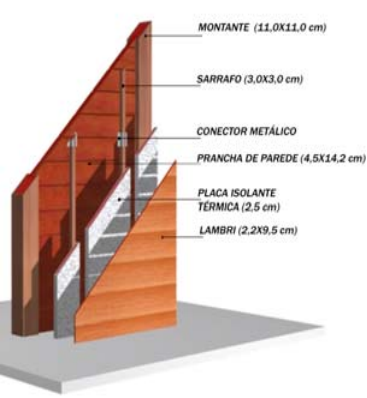

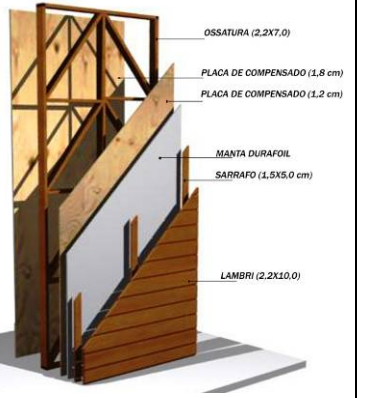
Os gráficos abaixo apresentam dados de amortecimento, coeficiente de transmissão térmica, retardamento e fator solar a partir das simulações no programa ARQUITROP das cinco tipologias de painéis de vedação analisados.



**Tabela 1** – Dados de amortecimento(A), coeficiente de transmissão térmica (B), retardamento (C) e fator solar (D).

### 4.2 Análise da configurações dos projetos executivos.

O Quadro 2 apresenta com fichas técnicas contendo a configuração dos painéis, a denominação dos componentes a especificação dos materiais empregados, o volume de madeira, o número de ligações e o número de componentes de cada painel.

Painel Cuiabá (1)	Painel Casema (2)	Painel Uruguay (3)	Painel Mestrado (4)	Painel Imaflora (5)
 <ol style="list-style-type: none"> <li>montante</li> <li>travessa</li> <li>pingadeira</li> <li>lambril "macho-fêmea"</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>montante</li> <li>lambril "macho-fêmea" (esp 4,5cm)</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>montante</li> <li>lambril "macho-fêmea"</li> <li>isopor (EPS)</li> <li>sarrafo com conector metálico</li> <li>lambril (revestimento externo)</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>placa de gesso acartonado</li> <li>sarrafo com conector metálico</li> <li>montante</li> <li>lambril (revestimento externo)</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>placa compensado osb</li> <li>ossatura</li> <li>placa compensado osb</li> <li>manta térmica "lyvek"</li> <li>sarrafo</li> <li>lambril (revestimento externo)</li> </ol>
 <p>MONTANTE (4,5X5,5 cm)</p> <p>LAMBRI (2,2X9,5 cm)</p> <p>PINGADEIRA(5,5X11,0 cm)</p>	 <p>MONTANTE (11,0X11,0 cm)</p> <p>LAMBRI (4,5X14,2 cm)</p>	 <p>MONTANTE (11,0X11,0 cm)</p> <p>SARRAFO (3,0X3,0 cm)</p> <p>CONECTOR METÁLICO</p> <p>PRANCHA DE PAREDE (4,5X14,2 cm)</p> <p>PLACA ISOLANTE TÉRMICA (2,5 cm)</p> <p>LAMBRI (2,2X9,5 cm)</p>	 <p>MONTANTE (11,0X11,0 cm)</p> <p>SARRAFO (3,0X3,0 cm)</p> <p>CONECTOR METÁLICO</p> <p>PRANCHA DE PAREDE (4,5X14,2 cm)</p> <p>PLACA DE GESSO ACARTONADO (1,2 cm)</p>	 <p>OSSATURA (2,2X7,0)</p> <p>PLACA DE COMPENSADO (1,8 cm)</p> <p>PLACA DE COMPENSADO (1,2 cm)</p> <p>MANTA DURAFOIL</p> <p>SARRAFO (1,5X5,0 cm)</p> <p>LAMBRI (2,2X10,0)</p>
<p>Volume de madeira = <b>0,027m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p> <p>nº de ligações = <b>4</b></p> <p>nº de componentes (≠) = <b>3</b></p>	<p>volume de madeira = <b>0,057m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p> <p>nº de ligações = <b>2</b></p> <p>nº de componentes (≠) = <b>2</b></p>	<p>volume de madeira = <b>0,082m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p> <p>nº de ligações = <b>4</b></p> <p>nº de componentes (≠) = <b>6</b></p>	<p>volume de madeira = <b>0,072m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p> <p>nº de ligações = <b>4</b></p> <p>nº de componentes (≠) = <b>5</b></p>	<p>volume de madeira = <b>0,069m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p> <p>nº de ligações = <b>6</b></p> <p>nº de componentes (≠) = <b>6</b></p>

**Quadro 2** - Quadro com a ficha técnica dos painéis analisados, especificação de componentes, materiais, volume de madeira, nº de ligações, nº de componentes

#### 4.3 Projeto executivo das novas tipologias de painéis de vedação.

A partir das análises realizadas nas cinco tipologias de painel de vedação foram estabelecidas diretrizes para o desenvolvimento de projetos das novas tipologias:

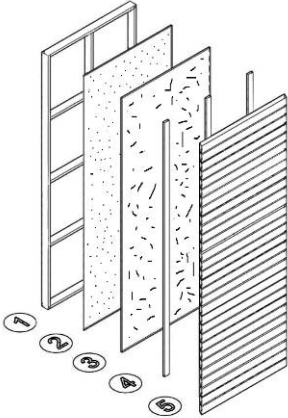
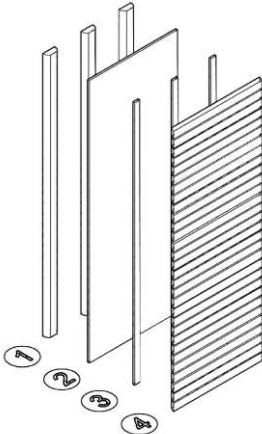
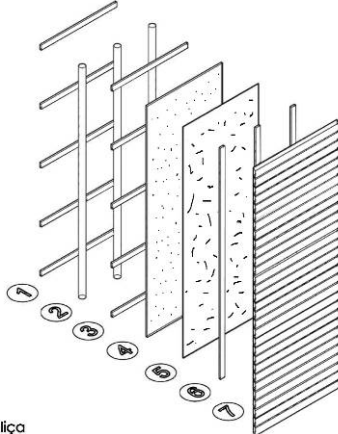
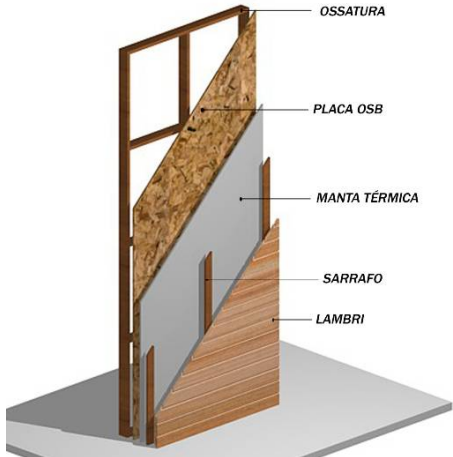
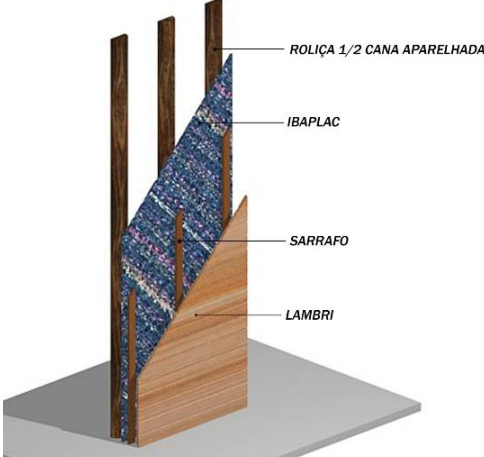
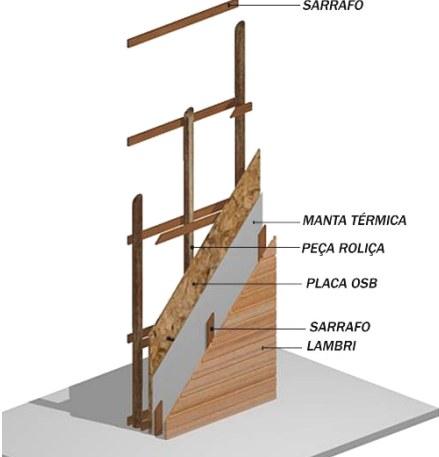
Diretrizes referentes ao projeto do produto:

- Projetar painéis que tenham uma configuração em camadas, com uma ossatura estrutural, placas de contraventamento, camadas de ar e barreiras de umidade e vapor, esta opção se justifica visto que são mais facilmente atendidas questões produtivas, construtivas, estruturais, de estanqueidade, de desempenho térmico e de acabamento;
- Utilizar peças de dimensões curtas e seções reduzidas, visando à redução de custo na aquisição da madeira;
- Conceber painéis de pequenas dimensões, isto facilita a toda a cadeia produtiva, considerando o transporte de peças e componentes, pré-fabricação e montagem dos painéis;
- Propor painéis que permitam várias alternativas para o acabamento interno, tais como, placas de gesso acartonado, revestimento cerâmico, placas OSB, placas cimentícia de madeira mineralizada, entre outras;
- Projetar priorizando a simplicidade e a uniformidade na seção das peças;
- Projetar as ligações e interfaces com elevado grau de detalhamento e priorizando a simplicidade de encaixes;
- Conceber painéis com ossatura para permitir a passagem das instalações elétricas e hidráulicas no interior do painel.
- Priorizar as ligações pregadas visando à redução dos custos de materiais;
- Considerando o emprego da placa OSB na configuração dos painéis e utilizar modulação de 120 x 240cm e sub-módulos de 30 x 240, 60x240 e 90x240cm.

Diretrizes referentes ao desempenho térmico:

- Priorizar configurações de painéis com lâmina de ar ventilada na parte face externa do painel, com o objetivo de sombrear a camada imediatamente interna e permitir a circulação de ar entre as peças do revestimento externo.
- Somar à lâmina de ar ventilado na face externa a uma lâmina de ar não ventilado no interior do painel, favorecendo maior resistência térmica para o painel;
- Introduzir mantas térmicas entre a câmara de ar ventilada e a câmara de ar não ventilada;
- Ter especial cuidado no detalhamento das interfaces e ligações para não criar pontes térmicas entre o ambiente interior e exterior;

O Quadro 3 apresenta as fichas técnicas dos painéis experimentais 1, 2 e 3. Contendo a configuração dos painéis, a denominação dos componentes a especificação dos materiais empregados e o volume de madeira por metros quadrado, o número de ligações e o número de componentes de cada painel.

Painel Experimental I	Painel Experimental II	Painel Experimental III
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ossatura</li> <li>2. placa compensado osb</li> <li>3. manta térmica "tyvek"</li> <li>4. sarrafo</li> <li>5. lambri (revestimento externo)</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. roliço 1/2 cana aparelhado</li> <li>2. placa ibaplac</li> <li>3. sarrafo</li> <li>4. lambri (revestimento externo)</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. sarrafo</li> <li>2. peça roliça</li> <li>3. sarrafo</li> <li>4. placa osb</li> <li>5. manta térmica</li> <li>6. sarrafo</li> <li>7. lambri (revestimento externo)</li> </ol>
		
<p>Volume de madeira = <b>0,037m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p>	<p>Volume de madeira = <b>0,0443 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p>	<p>Volume de madeira = <b>0,03914m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b></p>

**Quadro 3** - Quadro com a ficha técnica dos painéis experimentais 1, 2, 3.



## 5 CONCLUSÕES

Com o trabalho verificou-se a pertinência da associação de materiais complementares ao material madeira, com vistas à obtenção de um resultado satisfatório no que se refere ao desempenho térmico, à estanqueidade da água e ao processo produtivo dos painéis, com destaque para a etapa de pré-fabricação da estrutura (ou ossatura) dos painéis.

Na etapa de produção dos protótipos constatou-se a não adequação de peças roliças de baixo diâmetro com encaixes e rebaixos com acentuada precisão, este fato aumenta consideravelmente as etapas de beneficiamento e pode dificultar o processo de produção do componente, visto que estas peças apresentam pouca estabilidade dimensional. Esta característica aponta para a utilização de peças roliças de baixo diâmetro em painéis de vedação com um número de etapas de beneficiamento reduzido ou o emprego de madeira serrada de seção reduzida.

Fator determinante constatado na produção dos painéis foi o emprego de equipamentos básicos na etapa de beneficiamento dos componentes e o uso de ferramentas manuais de fácil utilização na etapa de montagem dos painéis, isto indica a possibilidade de emprego de mão de obra com baixa capacitação e reduzido custo para implantação de unidade de beneficiamento e pré-fabricação de componentes.

Em relação à adequação dos painéis às zonas bioclimáticas brasileiras pode-se afirmar a aceitação das 5 tipologias de painéis para as zonas 1, 2, 3, 5 e 8. No que se refere ao fator solar recomenda-se a pintura de cor clara para os painéis Cuiabá, Casema, Mestrado e Imaflora. Os painéis analisados não são adequados para as zonas bioclimáticas 4, 6 e 7 devido a solicitação de tipo de parede pesada.

## 6 REFERENCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Projeto de norma 02:135.7.002. *Desempenho térmico de Edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações*, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Projeto de norma 02:135.7.003. *Desempenho térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*, 1998.

BARATA, T. Q. F. *Sistema construtivo para habitação de interesse social utilizando madeira de aproveitamento de serrarias*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 5., Belo Horizonte, 1995. Anais São Carlos: USP/EESC/SET/LaMEM, 1995. v.1, p.309-318.

BAXTER, M. *Projeto do Produto Guia prático para o design de novos produtos*. Tradução de Itiro Lida. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

BITTENCOURT, R.M. *Concepção arquitetônica da habitação em madeira*. São Paulo, 1995 Tese (Doutorado) - EPUSP, (247p.).

CAMPOS I.C. *Painéis portantes de madeira e derivados*. São Carlos, 2000. 137p. Dissertação (Mestrado) - EESC/USP.

CAMOUS, R. & WATSON D. “El Habitat Bioclimático. De la concepción a la construcción”, México, 1983 Editorial Gustavo Gili, 159p.

CALIL, C. Jr. *O potencial do uso da madeira de Pinus na construção civil*. Revista da Madeira. ano 9, Curitiba, nº 52 p. 60-64, out. 2000.

CARAM ASSIS, R. M., *Vidros e o conforto ambiental: indicativos para o emprego na construção civil*. EESC/USP, Dissertação de Mestrado, São Carlos, 1996.

CHAMA, P. V. C. *Produção de painéis a partir de resíduos sólidos para uso como elemento arquitetônico*. Botucatu, 2004. 138p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP / Botucatu.

GALINARI, A. F. (2003). A escolha do sistema construtivo: caracterização e análise de propostas para habitação de interesse social em madeira de plantios florestais. 181p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

GAVA, M. (2005). Viabilidade técnica e econômica da produção de componentes construtivos para habitação social utilizando madeira serrada de pinus de terceira classe de qualidade. 243p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

GIVONI, B. “Man, climate and architecture”. Elsevier, London, 1976.

GOTZ, Karl-Heinz. (1987) “Construire en bois”. Lausanne: Polytechniques Romandes,. p.175-190.

LAMBERTS, R., *Eficiência Energética na Arquitetura*, PW, São Paulo, 1997.

PARTEL, P. M. P., *Painéis estruturais utilizando madeira roliça de pequeno diâmetro para habitação social: desenvolvimento do produto*, São Carlos, 2006. 273p. Tese (Doutorado) EESC-USP

REBELO, Y. C. P., *Estruturas de Concreto, aço e madeira: atendimento da expectativa dimensional*, Zigurate Editora, São Paulo, 2005.

SANDRO, C. D. *Chapas de Madeira para Vedação de Edificações Produzidas Industrialmente – Projeto Conceitual*. Florianópolis. 302p. Tese (Doutorado) UFSC. 2002.