



## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL UTILIZANDO MADEIRA DE REFLORESTAMENTO: DIRETRIZES PROJETOAIS**

**Christine LAROCCA (1); Eduardo L. KRÜGER (2); Jorge M. de MATOS (3)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Depto. de Construção Civil- Av. Sete de Setembro, 3165 Curitiba-PR. Tel 310-4598 e-mail:larocca\_arquitetura@netpar.com.br

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Depto. de Construção Civil- Av. Sete de Setembro, 3165 Curitiba-PR. Tel 310-4598 e-mail:krueger@ppgte.cefet.br

(3) Universidade Federal do Paraná, Depto. Tecnologia Florestal- Av. Lothário Meissner, 3400 Curitiba-PR. Tel 360-4247 e-mail:jmatos@floresta.ufpr.br

### **RESUMO**

A partir da década de 1970, para suprir o déficit habitacional brasileiro, surgiram novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais. Dentre estes sistemas, houve várias experiências mal sucedidas. Inúmeras propostas foram concebidas sem nenhuma preocupação com especificidades locais (e.g., fatores climáticos, oferta de materiais locais), adotando-se soluções comuns em todo o território nacional. Em decorrência dessas experiências de pouco sucesso, há a necessidade de comprovações adicionais de desempenho por parte do construtor ou empreendedor à partir de avaliação técnica do impacto destas inovações na segurança e na qualidade da construção. Planejar e avaliar a qualidade e desempenho de um edifício implica em definir qualitativa ou quantitativamente quais as condições que devem ser satisfeitas pela edificação quando submetida às condições normais de uso. Este artigo apresenta uma série de requisitos a serem observados no planejamento de edificações em madeira de reflorestamento utilizando o sistema *Wood Light Frame* tendo em vista o atendimento das necessidades do usuário com relação a segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

Since the 1970s, in order to supply the Brazilian housing deficit, new constructive systems emerged, as alternatives to used products and traditional processes. Among those systems, some experiences proved to be inadequate, as such were conceived disregarding local specificities (e. g., climatic factors, local materials), and adopting common solutions throughout the whole Brazilian territory. As a result of these negative experiences, there is a strong need on the part of the government, as well as from the building and enterprising companies, to evaluate the impact of such innovations with regard to safety and quality of constructions. To plan and evaluate the quality and performance of a building implies in defining qualitatively or quantitatively standards that must be satisfied when the building is submitted to normal use. This article presents a series of requirements to be observed in the planning of constructions with wood material from reforestations, using the "Wood Light Frame System" in order to attend the necessities of the user with regard to safety, habitability and sustainability.

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país de vocação florestal. Segundo Valverde et. al. (2005), as espécies florestais exóticas, como Pinus e Eucalyptus, se adaptaram muito bem, graças à avançada tecnologia silvicultural brasileira. A produtividade brasileira é no mínimo dez vezes maior que a de muitos países

de clima temperado, alguns deles competidores internacionais. Apesar do Brasil ser o quinto maior produtor mundial dessas espécies exóticas, o uso da madeira é freqüentemente relacionado a processos artesanais dominado por poucos.

O uso da madeira na construção civil se deu fundamentalmente no Oeste paulista e no Norte do Paraná, com a colonização inglesa, e em toda a região Sul com a colonização italiana, alemã e polonesa. Estas edificações eram construídas com tábuas de pinheiro no sentido vertical pregadas sobre uma estrutura com mata juntas eliminando o problema das frestas entre as tábuas. Este sistema foi muito difundido e utilizado em outras regiões do país, onde havia muita madeira nativa, pois outros materiais de construção como tijolos e cimento eram escassos.

O desconhecimento de alguns princípios construtivos como a proteção da casa em relação às águas da chuva, com o uso de condutores, e de pingadeiras em fachadas e planos de telhados e alguns outros cuidados relativos ao conforto ambiental, principalmente térmico e acústico fez crescer o preconceito com relação ao uso deste material. Associou-se à idéia de que casa de madeira é casa de pobre, de má qualidade e temporária. Havia muitas casas em madeira com fachadas em alvenaria, portanto subir na vida significa ainda mudar-se para uma casa de “material”. Em 1903 a prefeitura de Curitiba proíbe a construção de casas de madeira no Anel Central, com o argumento de que a madeira possuía um maior risco de incêndios, porém pode-se notar um caráter eminentemente discriminatório nessa iniciativa. Gradativamente o tijolo, o concreto o alumínio e outros materiais foram se tornando mais acessíveis e as casas de madeira foram substituídas por outros sistemas construtivos, principalmente pela alvenaria de tijolos.

Segundo Gonçalves et. al. (2003), a partir da década de 1970, com a necessidade de suprir o déficit habitacional brasileiro, observou-se o surgimento de novos sistemas construtivos como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente à racionalização e industrialização da construção. Entre estes sistemas houve várias experiências mal sucedidas, pois foram concebidas sem nenhuma preocupação com especificidades locais tais como fatores climáticos e oferta de materiais locais, adotando-se soluções comuns a todo o território nacional.

Em decorrência destas experiências negativas, há a necessidade de comprovações adicionais de desempenho por parte do construtor ou empreendedor a partir de avaliação técnica do impacto destas inovações na segurança e na qualidade da construção. Planejar e avaliar a qualidade e desempenho de um edifício, segundo Gonçalves et al. (2003), implica em definir qualitativa e/ou quantitativamente as condições que devem ser satisfeitas por este, quando submetido às condições normais de uso e os métodos para se avaliar as condições estabelecidas.

No Brasil, os conjuntos residenciais com habitação de interesse social em madeira são implantados como projeto piloto, cuja iniciativa está associada a um instituto de pesquisa, uma universidade e/ou uma prefeitura municipal e relacionados às pesquisas desenvolvidas pelos seus projetistas. Raramente estas unidades são avaliadas sob o ponto de vista científico, principalmente levando em consideração as potencialidades e limitações do material.

Este artigo apresenta uma série de requisitos a serem observados no projeto e planejamento de edificações em madeira utilizando o sistema *Wood Light Frame* (sistema de construção com estruturas leves de madeira e painéis de madeira reconstituída). Tendo em vista a continuidade do trabalho de mestrado da autora (LAROCA, 2002), pretende-se executar um protótipo de habitação popular com 52m<sup>2</sup> no campus da Universidade Federal do Paraná em Curitiba. O objetivo desta pesquisa é testar e monitorar a qualidade através de procedimentos pré-estabelecidos durante o processo de construção e pós-ocupação. A avaliação de desempenho do processo construtivo será realizada com base em normas técnicas, de acordo com recomendações da Caixa Econômica Federal, para tornar possível disponibilizar linhas de crédito para o financiamento de outras unidades habitacionais utilizando esse sistema.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *WOOD LIGHT FRAME***

O sistema de construção com estruturas leves de madeira *WLF* (*wood light frame*) é bastante difundido na América do Norte, sendo que aproximadamente 95% das construções residenciais são edificadas desta forma (MURRAY & BACH, 1998). De acordo com Anderson (1973), existem algumas unidades

habitacionais com mais de 200 anos, construídas pelos primeiros colonizadores americanos, ainda em bom estado de conservação. Construções leves de madeira vêm ganhando mercado em muitos países europeus, particularmente na Inglaterra, pela velocidade de construção e por, entre outros motivos, serem sistemas construtivos à seco (no canteiro, são realizadas apenas operações de montagem) e se adequarem a diversos tipos de projeto em diferentes situações climáticas (BLASS et al., 1995a).

Os avanços tecnológicos induziram a novas técnicas de estruturas de madeira. O termo *light frame* é utilizado para designar estruturas com elementos de pequena dimensão, normalmente de madeira de reflorestamento. De acordo com Blass et al. (1995b), há dois sistemas construtivos utilizando *wood light frame*: o sistema *balloon frame* consiste de uma série de vigas laminadas unidas aos pilares cuja altura é igual a altura total do edifício; o sistema plataforma, mais utilizado após a segunda metade do século XX, cuja estrutura em plataforma tem elementos comuns ao sistema *balloon frame*, porém seus elementos verticais correspondem a altura de um piso. O piso de cada uma das plantas serve como base para construção do pavimento seguinte.

A estrutura do piso no sistema *WLF* é composta especificamente de vigas de seção "I" com alma de compensado ou OSB, ou de travessas de madeira sólida. Geralmente sobre as vigas aplica-se uma base para o assentamento do piso de painel compensado, conforme a Figura 1.



**Figura 1- Sistema construtivo WLF-vigas "I" suportando a plataforma do piso superior**

Fonte: Laroca & Brazeti (2004)

O piso serve como estrutura (plataforma) de apoio para a construção das paredes. O termo *wall framing* designa o grupo de componentes que integra a estrutura interna da parede (ossatura) composta de peças verticais e horizontais, conforme a Figura 2. As paredes suportam as cargas do telhado e, no caso de edificações com mais de um pavimento, a carga dos demais pisos. A estrutura da parede serve como base para fixação dos fechamentos internos e externos. Os fechamentos das paredes externas são executados com painéis estruturais como o compensado estrutural ou OSB- *Oriented Standard Board* (chapas de partículas orientadas) e revestidos de *siding* vinílico ou de madeira, conforme o projeto. As paredes internas são revestidas com chapas de gesso acartonado.



**Figura 2- Sistema construtivo WLF- ossatura interna**

Fonte: Laroca & Brazeti (2004)

A estrutura do telhado é geralmente executada com tesouras pré-fabricadas, reduzindo o número de operações no canteiro de obras. Outra vantagem deste tipo de estrutura é a capacidade de vencer grandes vãos sem apoios intermediários, permitindo maior flexibilidade na disposição das paredes internas. Outra forma de executar a estrutura do telhado é utilizando caibros apoiados diretamente sobre as paredes ou sobre vigas laminadas coladas. Este sistema permite que o forro acompanhe a inclinação do telhado. Entretanto existem limitações, pois não é possível vencer grandes vãos sem apoios intermediários. Sobre a estrutura dos caibros, no caso de utilização de telhas tipo *shingles* (asfáltica) devem ser pregadas chapas estruturais. A Figura 3 representa a edificação em fase de conclusão.



**Figura 3- Sistema construtivo WLF - edificação em fase de conclusão**

Fonte: Laroca & Brazeti (2004)

### 3. ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA DE REFLORESTAMENTO: DIRETRIZES PROJETOVAIS

Em 2004, iniciou-se o projeto de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 02:136.01.001, que possibilitou ao Conselho Brasileiro de Construção – COBRACON, reunir um conjunto de especialistas para a produção de uma documentação de referência, através da intensa participação de entidades como SINDUSCON SP, SECOVI SP, IPT, Poli-USP, IBS, CAIXA e ABCP. Este projeto de norma busca analisar a adequação ao uso de um produto ou de uma técnica construtiva destinada a cumprir uma função, independentemente da solução material adotada.

A Caixa Econômica Federal é um dos principais órgãos financiadores de unidades habitacionais do país. Segundo Gonçalves et. al. (2003), os requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho inicialmente formulados pelo IPT (1981) foram revisados (IPT, 1997), e outros trabalhos (ITQC, 1999; CAIXA, 2000) também foram desenvolvidos para fornecer meios objetivos para que os agentes promotores da habitação e, principalmente, a Caixa Econômica Federal, sucessora do BNH na gestão dos investimentos sociais em habitação, pudessem avaliar as inovações tecnológicas, aprovando ou não os sistemas construtivos para financiamento. Apesar de não haver um caráter discriminatório no projeto de norma, em entrevista com a CAIXA através da Gerência de Filial de Apoio ao Desenvolvimento Urbano (Curitiba-PR), ficou claro que a caixa não financia sistemas construtivos baseados em produtos de madeira de reflorestamento, principalmente os que utilizam painéis e Pinus, pois considera-se este material degradável, de pouca durabilidade e o imóvel representa a garantia do financiamento a ser concedido.

Apesar do sistema construtivo *Wood Light Frame* ser consagrado, inclusive em países de climas extremos sujeitos a tempestades e terremotos, há a necessidade de submeter a edificação e/ou suas partes constituintes a uma investigação sistemática baseada em métodos científicos consistentes, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do produto nas condições de uso definidas.

Ainda há um longo caminho a percorrer no sentido de romper barreiras do preconceito com relação ao uso da madeira e o melhor instrumento é comprovar o bom desempenho de edificações em madeira. A avaliação de desempenho exige o domínio de uma ampla base de conhecimentos científicos sobre a tecnologia e utilização de produtos de madeira, técnicas construtivas e sobre cada aspecto funcional de uma edificação, bem como sobre as diferentes exigências dos usuários nas mais diversas condições de uso.

Segundo o Projeto de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 02:136.01.001, (2004), a palavra “desempenho” é definida como o comportamento em uso do produto, caracterizando-se o fato de que este deve apresentar certas propriedades para cumprir a função proposta quando sujeito a determinadas influências ou ações durante a sua vida útil. Essas ações que atuam sobre o edifício são chamadas condições de exposição. A tabela 1 apresenta na seqüência uma lista geral de exigências dos usuários, baseada no projeto de norma.

**Tabela 1- Requisitos e exigências dos usuários**

<b>Segurança</b>	<b>Habitabilidade</b>	<b>Sustentabilidade</b>
Estrutural Contra fogo Uso e operação	Estanqueidade Conforto higrotérmico Conforto acústico Conforto lumínico Saúde, higiene e qualidade do ar Funcionalidade e acessibilidade Conforto tátil e antropodinâmico	Durabilidade Manutenabilidade Impacto ambiental

Fonte: elaborado a partir do Projeto de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas 02:136.01.001 (ABNT, 2004).

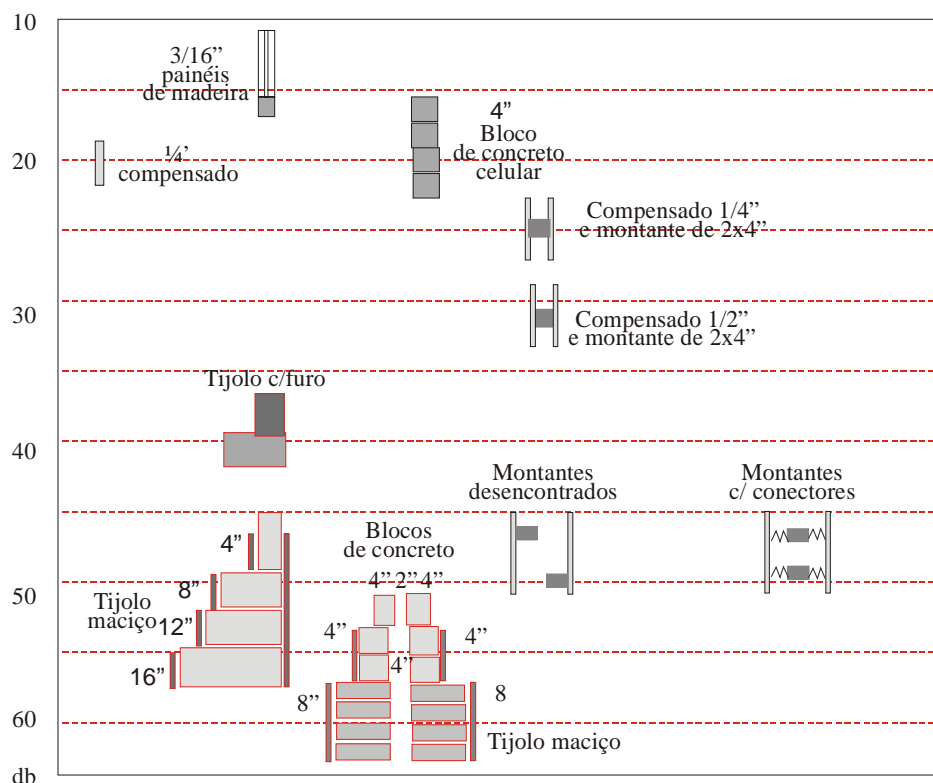
De acordo com o Projeto de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 02:136.01.001, (2004), os requisitos de desempenho derivados de todas as exigências dos usuários podem resultar em uma lista muito extensa. Neste sentido, é conveniente limitar o número de requisitos a serem considerados em um contexto de uso definido, restringindo a avaliação aos requisitos mais fundamentais. Do mesmo modo, para atender à interpretação objetiva do comportamento em uso da edificação ou de suas partes constituintes, devem ser considerados apenas os requisitos de desempenho para os quais existem métodos de ensaio e critérios de avaliação de resultados de eficácia reconhecida. O projeto de norma divide a avaliação de desempenho em três categorias: projetos, cálculos e uma terceira categoria, que se aplica quando a modelagem matemática não for determinável, devendo-se realizar ensaios baseados em normas brasileiras ou, quando não houver, em normas internacionais.

Em sistemas construtivos em madeira, o projeto é a fase mais importante de todo o processo. Inclui a concepção arquitetônica e os demais projetos complementares. O bom desempenho da unidade habitacional depende do planejamento, que deve levar em consideração as exigências do usuário com relação às três categorias: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Esta fase tem relação direta com a eficiência e os custos do processo. A partir destes requisitos, identificaram-se alguns pontos considerados críticos na avaliação de desempenho de sistemas construtivos utilizando madeira de reflorestamento:

a) Desempenho térmico: o desempenho térmico da edificação depende de uma série de fatores que devem ser considerados durante o projeto. A especificação de materiais de construção e as suas propriedades têm um papel importante na concepção, pois influenciam diretamente as condições de conforto térmico no interior das edificações. A ABNT, através da Proposta de Norma de Desempenho Térmico em Habitação de Interesse Social (UFSC, 2000) estabelece algumas diretrizes para projetos de habitação popular de uma forma simplificada, fazendo também recomendações para avaliar o desempenho térmico de habitações de interesse social, com o objetivo de garantir condições mínimas de conforto térmico para edificações situadas nas várias zonas bioclimáticas brasileiras. O zoneamento bioclimático brasileiro é dividido em oito diferentes tipos de climas, permitindo assim a formulação de estratégias de aquecimento ou resfriamento passivo para cada caso particular. Segundo Moody & Tenwold (1999), o sistema estrutural WLF é complexo, com interações entre o subsistema estrutural (a ossatura interna) e o controle ambiental. Existem inúmeras experiências relacionando o material da estrutura (ossatura) das paredes com temperaturas internas e externas, ao contrário de outros sistemas construtivos que consideram principalmente as propriedades térmicas dos materiais utilizados na vedação. O projeto das condições higrótérmicas do edifício deve contemplar soluções passivas de aquecimento ou resfriamento através de simulações, levando em consideração a orientação solar, tamanho e tipo de aberturas, estudo térmico do envelope, especificação e dimensionamento correto de materiais e outras variáveis que possam contribuir para a boa qualidade higrótérmica da edificação.

b) Desempenho acústico: este é um dos pontos críticos no que se refere a construções em madeira. A madeira é um bom condutor do som apesar da sua porosidade. A propagação do som, através das fibras, tem sua velocidade de propagação quase igual a dos metais. Paredes construídas com dois ou mais elementos que não estejam diretamente em contato (câmara de ar) são eficientes no isolamento acústico, porém a transmissão do som está diretamente relacionada ao peso do material. A absorção do som é diferente de isolamento acústico. Isolamento requer materiais pesados, a absorção requer maciez, porosidade. A Figura 4 apresenta alguns materiais utilizados na vedação e relaciona-os ao isolamento acústico (em decibéis). Segundo Moody & Tenwold (1999), o controle de ruídos no interior de edificações utilizando o sistema WLF tem influência sobre o desenho dos diversos subsistemas, considerando não só o isolamento acústico mas também a propagação do som através do material. A eficiência acústica pode ser calculada através de equações preditivas, em que as variáveis são: a espessura dos painéis de madeira e de gesso acartonado, a distância entre os painéis e a maneira com eles se conectam.

c) Segurança contra fogo: o Projeto de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 02:136.01.001, (2004) estabelece requisitos e critérios de desempenho de segurança contra incêndio levando em consideração as etapas possíveis no desenvolvimento do incêndio em um edifício habitacional: início, crescimento no ambiente de origem, propagação para outros ambientes na unidade habitacional de origem, combate ao fogo, evacuação do edifício, propagação para outras unidades habitacionais ou outros edifícios, ruína parcial ou total do edifício.



**Figura 4- Isolamento acústico de diversos materiais**

Fonte : Kollmann & Coté (1984), modificada

Um dos argumentos preconceituosos com relação ao uso da madeira é a teoria segundo a qual, dentre os diversos materiais de construção, a madeira apresenta um enorme perigo em caso de incêndio. Esta é uma questão complexa, pois, segundo Benevente (1995), a evolução de um incêndio em edificações depende de todos os materiais envolvidos (móveis, cortinas, revestimentos etc.). A madeira é composta basicamente de carbono e hidrogênio, por esta razão é comburente, sendo praticamente impossível torná-la incomburente. Materiais que derretem a baixa temperatura, ou produzem uma fumaça densa ou tóxica, não devem ser utilizados em construções de edifícios. Por outro lado, a incombustibilidade depende não só da composição química do material, mas também da seção transversal e longitudinal. Na madeira, as dimensões das peças, bem como a forma como essas se conectam, desempenha um papel importante na evolução de um incêndio, peças delgadas e com um teor de umidade muito baixo são extremamente combustíveis. O perigo do desabamento de edifícios sob a ação fogo é maior com outros materiais de construção (o aço, por exemplo), a alta temperatura aumenta um pouco a resistência da madeira, pelo fato do calor retirar a umidade e contrair o material. Esta contração contém o fogo por algum tempo, diminuindo o risco de desabamento da estrutura.

Existem no mercado vários produtos retardantes de chamas. Segundo Hartmann, citado por Kollmann & Coté (1984), as propriedades desejáveis em um produto retardante de chamas são: o retardamento do ponto de combustão da madeira, incrementando sua resistência ao fogo; boa adesão do produto à madeira; não deve ser tóxico e nem produzir fumaça tóxica; não deve promover o ataque por fungos; o produto deve ser de fácil preparação e aplicação um custo relativamente baixo.

d) Durabilidade, manutenibilidade: ao contrário do que muitos pensam, a habitação em madeira pode ter uma durabilidade muito alta; tudo depende, em primeiro lugar, de questões projetuais, pois existem muitos detalhes construtivos que proporcionam a proteção das peças. Deve-se respeitar as limitações do material e especificar adequadamente a espécie de madeira para cada uso. Outra questão muito importante é procurar afastar a madeira do solo, bem como retirar os restos de madeira próximos ao local da construção, que possam servir de alimento para cupins, mas há uma regra geral, segundo a qual algumas espécies são naturalmente mais resistentes a agentes biodegradantes. Numa construção de madeira é indispensável o acompanhamento de um profissional capacitado na área de construções em madeira, pois a questão da durabilidade é sempre um conjunto de variáveis. Não existe madeira ruim, o que existe é a especificação e uso inadequado da espécie. Aproximadamente 30% de uma

edificação de alvenaria são feitos de madeira: a estrutura do telhado, aberturas, portas e janelas e os acabamentos como rodapé, forro etc. As medidas preventivas devem ser as mesmas de uma casa de alvenaria, mas a prevenção é a melhor cura. A Tabela 3 relaciona as exigências dos usuários, os requisitos do sistema *Wood Light Frame* e algumas normas de cálculo, projetos e ensaios com o objetivo de planejar e avaliar o desempenho do sistema.

**Tabela 3: Exigências dos usuários, requisitos do sistema Wood Light Frame e normas de cálculo**

<b>SEGURANÇA</b>		
<b>Exigências dos usuários</b>	<b>Requisitos do sistema WLF</b>	<b>Normas</b>
1. Segurança estrutural	<p>As condições de desempenho devem ser comprovadas analiticamente, demonstrando o atendimento ao estado limite último, devendo as ações respeitar as normas vigentes e as considerações estabelecidas;</p> <p>Preferencialmente modular a estrutura, de forma a especificar peças com pouca variação dimensional;</p> <p>Adequação do peso e tamanho dos elementos construtivos da edificação às possibilidades de montagem por autoconstrução;</p> <p>Previsão de passagem das instalações pelo interior das paredes e da estrutura, concentrando a passagem vertical e horizontalmente;</p> <p>Uso de espécies de reflorestamento locais .</p>	<p>NBR 7190- Projeto de estruturas de madeira</p> <p>NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações</p> <p>NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações</p> <p>ASTM D3345- Laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites</p> <p>NBR 6122/96 Projeto e execução de fundações</p> <p>Projeto 02:136.01.002 Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 2: Estrutura</p>
2. Segurança contra o fogo	<p>Prever detalhes que contribuam para a impedir a propagação do fogo;</p> <p>Em locais com avaliação de alto risco prever o tratamento com produtos retardantes de chamas e sistemas preventivos de combate a incêndio;</p> <p>Especificar materiais de revestimento virtualmente incombustíveis.</p>	<p>ISO 1182:2002 Fire test building materials- non-combustibility test</p> <p>ISO 3008:1976 Fire-resistance tests Door and shutter assemblies</p> <p>Instruções técnicas do Corpo de Bombeiros local e/ou Decreto/Lei relativo à segurança contra incêndio, em vigor no Estado da Federação onde se localizar a obra, produto ou projeto em avaliação.</p>
<b>HABITABILIDADE</b>		
3. Conforto higrotérmico	<p>Utilização dos parâmetros arquitetônicos relacionados na Proposta de Norma de Desempenho Térmico em Habitação de Interesse Social</p> <p>A avaliação (simulação computacional) deve ser feita para dias típicos de projeto, de verão e de inverno, com a utilização dos dados climáticos da cidade onde será localizada a edificação;</p> <p>Simular todos os recintos da unidade</p>	<p>Projeto 02:135.07-003 Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social</p> <p>Projeto 02.135.02-003 Parte 3 - Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação</p>



	habitacional considerando as trocas térmicas entre os seus ambientes e avaliar os resultados dos recintos dormitórios e salas; Prever a ventilação do ático;	natural em ambientes internos
4. Conforto Acústico	Simulação acústica através de métodos preditivos, variando-se os diferentes componentes do subsistema parede-piso cobertura;  Detalhamento das conexões parede, piso e cobertura.	NBR 10151/00 Acústica Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade  ISO 140-4: 1998 Acoustics Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms  ISO 140-5:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades  ISO 140-7:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors
<b>S U S T E N T A B I L I D A D E</b>		
5. Durabilidade e Manutenibilidade	Executar detalhes construtivos que promovam a proteção das peças expostas as intempéries;  Prever barreiras de vapor com o objetivo de proteger as peças estruturais no interior de paredes coberturas etc.;  Especificar painéis de vedação de acordo com o tipo de utilização (interna ou externa)  Projetar fundações que atendam os requisitos do sistema <i>WLF</i> com relação ao isolamento de peças estruturais da umidade do solo;  Prever o tratamento da madeira contra cupins e outros agentes biodegradantes.	ASTM D3345- Laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites  NBR 5674/99- Manutenção de edificações Procedimento

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma visão de futuro sobre sistemas mais eficientes como alternativa para a redução do enorme déficit habitacional do país, deve contemplar a divulgação de processos construtivos utilizando madeira de reflorestamento (pinus). Este sistema possui inúmeras vantagens: a otimização das ações em canteiro de obras, evitando assim desperdícios, menor tempo de construção e a demonstração de que, além da qualidade arquitetônica, as obras pré-fabricadas possuem qualidades intrínsecas relativas ao nível de acabamento e ao atendimento das exigências de conforto do usuário final.

A avaliação do desempenho de sistemas utilizando técnicas ou materiais não convencionais possibilita romper a barreira do preconceito, respondendo com argumentos científicos questões polêmicas como durabilidade, comportamento térmico e acústico e minimização de riscos de incêndios. A avaliação de desempenho também tem o objetivo de possibilitar o financiamento de futuras unidades habitacionais.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). **Projeto de Norma 02:136.01.001** - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos– Partes de 1 a 6.
- ANDERSON, L.O.(1973) **How to build a wood- frame house**. Dover Publication Inc. New York. 222p.
- BENEVENTE, V.(1995). **Durabilidade em construções de madeira**: uma questão de projeto. Dissertação, mestrado Universidade Federal de São Carlos, SP.
- BLASS, H. J.; AUNE, P.; CHOO B. S.; GORLACHER, R.; GRIFFITHS. D.R.; HILSON, B. O.; RACHER, P.; STECK, G. (1995a) **Timber engineering step 1** – basis of design, material properties, structural components and joints. First edition, Centrum Hout, Netherlands.
- BLASS, H. J.; AUNE, P.; CHOO B. S.;GORLACHER, R.; GRIFFITHS. D.R.; HILSON, B. O.; RACHER, P.; STECK, G. (1995b) **Timber engineering step 2** – Design-details and structural systems. First edition, Centrum Hout, Netherlands.
- ITQC (1999). Ministério do Orçamento e Gestão, Caixa Econômica Federal. **Processo de aceitação técnica de inovações tecnológicas**: manual do proponente. São Paulo.
- IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997). **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo.
- IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981). **Formulação de critérios para avaliação de desempenho de habitações**. Relatório técnico n.16.277. São Paulo.
- KOLLMANN, F. F.P. & CÔTÉ, W. A.(1984) **Principles of wood science and technology**. 2.ed. Berlin: Springer-Verlag, v.1., 592p.
- LAROCA, C. (2002) **Habitação social em madeira**: uma alternativa viável. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- LAROCA, C. & BRAZETTI, R.(2004) **Sistema construtivo em Pinus**. estudo de caso: conjunto habitacional utilizando o sistema *wood light framing* em Stratford, EUA. II Congresso Internacional do Pinus. Anais. Joinville.
- GONÇALVES, O .M.; JOHN, M. V.; PICCHI, F.A.; SATO, N.M.N. (2003) **Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações**. Coleção Habitare, Boletim Técnico n.3 disponível em [www.habitare.org.br](http://www.habitare.org.br).
- MOODY, R. C.; TENWOLD A. (1999). **Wood handbook** – Wood as an engineering material. Forest Products Laboratory Gen. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
- VALVERDE, S.R.; SOARES, S.N.; SILVA, M.L.; JACOVINE, A.G.; NEIVA, S.A. (2005) **Mercado da madeira de reflorestamento**. Revista da Madeira, n.87, 2005. Disponível em [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br).