

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM MADEIRA**

**Ricardo Dias Silva (1); Admir Basso (2)**

(1) DAU/UEL, e-mail: [rdsilva@uel.br](mailto:rdsilva@uel.br)

(2) EESC/USP, e-mail: [admbasso@sc.usp.br](mailto:admbasso@sc.usp.br)

### **RESUMO**

Este trabalho consiste no relato de uma experiência de avaliação do conforto térmico em habitações de interesse social, tendo início na caracterização das exigências humanas e das condições típicas de exposição ao clima de Londrina – PR. Posteriormente são definidos critérios de avaliação e ferramentas de simulação a serem aplicadas no estudo de caso de cinco casas de madeira “pré-fabricadas”.

A metodologia utilizada consiste na verificação do comportamento destas casas através da aplicação de uma matriz de avaliação de desempenho onde constam requisitos e critérios contidos na zona de conforto de Givoni, no projeto da norma brasileira de conforto ambiental<sup>1</sup> e no código de obras do município, a situação encontrada e uma pontuação que possibilita a comparação entre os distintos sistemas construtivos.

Os resultados confirmam a baixa qualidade apresentada por estes sistemas construtivos quanto ao atendimento às exigências de conforto térmico, estando todas as habitações com horas de desconforto em mais de 30% do dia, tanto no inverno como no verão, além de descomprimem o código de obras municipal e as recomendações do projeto da norma. A pesquisa ainda constata a necessidade de rever e rediscutir as normas vigentes já que o emprego destas apresentou dificuldades de implementação e consequentemente algumas adaptações.

Palavras-chave: habitação; conforto térmico; construções em madeira

### **1. INTRODUÇÃO**

Até meados do século XX a casa de madeira foi a solução mais utilizada para solucionar o problema da habitação na região de Londrina, vindo posteriormente a “competir” com o sistema convencional de alvenaria e concreto, e posteriormente desaparecer do mercado de construção. Uma das razões pode ter sido o baixo desempenho destes sistemas construtivos quanto as questões de conforto ambiental. Para verificar se esta afirmação justifica-se é que se realizou esta investigação, já que a casa de madeira poderia vir a contribuir para a diminuição do déficit habitacional. O objetivo é avaliar se estas casas atendem às condições climáticas e às exigências do usuário local. Como objeto de investigação foram escolhidas quatro casas de madeira “pré-fabricadas” direcionadas para a população de baixa renda e uma casa tradicional (Quadro1).

---

<sup>1</sup> Na ocasião em que foi realizada esta pesquisa a ABNT ainda não havia transformado o projeto em norma.

**Quadro 1 – Objeto de estudo**

<b>Sistema Construtivo</b>	<b>Área Construída</b>	<b>Descrição</b>
Modelo Bianca	66,40 m <sup>2</sup>	Fundação em pilares de tijolos, estrutura e vedação em Pinus, cobertura de madeira e telha de fibrocimento vermelha, pintura interna com tinta a óleo e externa com verniz, área molhada em alvenaria.
Modelo Curitiba	66,40 m <sup>2</sup>	Fundação em viga baldrame e laje de concreto, estrutura e vedação em Grápia, cobertura em madeira e telha cerâmica vermelha, acabamento em verniz, área molhada em alvenaria.
Modelo Conforto 1	59,21 m <sup>2</sup>	Fundação em pilares de tijolos, estrutura e vedação em Cambará, cobertura em madeira e telha cerâmica vermelha, acabamento em tinta a óleo branca, área molhada em alvenaria
Modelo Kit-Americano	45,90 m <sup>2</sup>	Fundação em pilares de tijolos, estrutura e vedação em Pinus, cobertura em madeira e telha cerâmica bege, pintura em tinta a óleo bege (verniz nas esquadrias), área molhada em alvenaria
Casa do Pioneiro	75,60 m <sup>2</sup>	Fundação em tijolos, estrutura e vedação em Peroba, cobertura em madeira e telha cerâmica vermelha, pintura em tinta a óleo laranja, verde azul e branco.

Como metodologia de avaliação utilizou-se a avaliação de desempenho. Tendo inicio na caracterização do objeto de estudo e das exigências do usuário, passando pela simulação no computador e terminando na verificação do atendimento aos requisitos e critérios determinados pela legislação municipal, pela proposta de normalização em conforto térmico e pela zona de conforto de Givoni.

Os resultados se não são suficientes para entender a não disseminação de construções de madeira na região, podem contribuir para indicar falhas de projeto que podem vir a ser corrigidas pelos projetistas das empresas de “pré-fabricação” e outros profissionais deste segmento da arquitetura e engenharia.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS HUMANAS

Após décadas discutindo quais seriam os requisitos de habitabilidade que garantiriam a qualidade das edificações segundo as exigência do usuário, a ISO 6241 determinou 14 exigências. Dentre estas consta o conforto higrotérmico que “consiste na limitação de sensações desagradáveis provocadas pela perda excessiva de calor pelo corpo, pela desigualdade de temperatura entre as diversas partes do corpo e pela presença de superfícies frias e ou molhadas. As exigências são distintas para o verão e o inverno. Os requisitos para atender as exigências são relativas ao controle de movimentação do ar, controle de umidade do ar e das superfícies; homogeneidade e estabilidade das temperaturas do ar e das superfícies” (SILVA, 2000). Estes fatores estão atrelados as condições de exposição e são resultado dos fenômenos naturais, da concepção e das condições de manutenção e ocupação do edifício.

Para avaliar um sistema construtivo é necessário inicialmente caracterizá-lo, verificar as condições a que ele está exposto e definir os requisitos e critérios que o produto deverá atender, respeitando as particularidades da região.

O IPT (1998) propõe a verificação das condições de conforto térmico através da análise global e não somente do comportamento de elementos de vedação. O processo de avaliação compõe-se da caracterização das exigências humanas baseado na ISO 7730 (Critérios para a avaliação de conforto térmico de ambientes com condições térmicas moderadas) que estabelece uma satisfação de 80% dos ocupantes de um ambiente térmico. A avaliação pode ser feita através de medições in locu (ISO 7720 e ANSI/ ASHRAE 5581) ou mediante cálculos. Os valores limites para a temperatura do ar constam da ISO 7730.

BARBOSA (1997) nos chama a atenção para o fato de que o intervalo adotado pelo IPT, 17°C para velocidade do ar menor ou igual a 0,25 m/s, para roupas típicas de inverno e serviços leves, são valores extremos de frio se comparados às outras metodologias em que o limite mínimo da temperatura é de 18°C. A ISO 7730 teve como base pessoas distantes da realidade climática dos brasileiros. Para países com clima quente e em desenvolvimento, como o nosso, GIVONI (1992) propõe que no verão, em situação de umidade baixa, o intervalo de temperatura de conforto varie entre 25°C e 29°C, e com umidade alta entre 25°C e 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2m/s. No inverno os limites mínimo e máximo são de 18°C e 25°C, respectivamente para 80% de umidade relativa.

### 3. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA CIDADE DE LONDRINA

Para verificação do conforto térmico, através de simulação no software Arquitrop versão 3.0, em sistemas construtivos de madeira implantados em Londrina, adotou-se 1996 como ano climático de referência, conforme propõe PICANÇO e BARBOSA (1999), ao atualizar o arquivo climático solicitado pelo programa.

Os dados apontam dezembro como o mês mais quente do ano e junho e julho como os meses mais frios; o mês de agosto apresenta menor valor para umidade relativa 56% e fevereiro a maior 81%.

### 4. REQUISITOS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Adotou-se neste trabalho a zona de conforto de Givoni com limites de temperatura entre 18°C e 29°C, levando-se em conta o registro das sensações térmicas dos usuários de cinco unidades habitacionais de interesse social de Londrina, avaliadas por BARBOSA em 1997. Esta avaliação registrou 92% de respostas dentro ou acima da zona de conforto de Givoni e também constatou a boa aceitação da população local para as altas temperaturas. Neste mesmo trabalho verificou-se que a quantidade de horas de desconforto no ambiente externo foi de 30% para o ano de 1994 (ano do levantamento in locu) e de 28,8% em 1986 (ano de referência); sendo adotado este valor como limite de horas de desconforto no interior das moradias.

Tomou-se como base para a avaliação das unidades habitacionais avaliadas o “*projeto de normalização em conforto ambiental*” proposto por Lamberts (S.D.) e que posteriormente foi transformado em norma pela ABNT, esta norma tem como objetivo estabelecer um procedimento de avaliação do desempenho térmico de edificações terreas unifamiliares de interesse social, garantindo limites de conforto térmico de acordo com as diferentes zonas bioclimáticas definidas, além disto estabelece diretrizes de projeto para cada uma destas zonas. No total são oito zonas bioclimáticas sendo que Londrina estaria localizada na zona 3 que corresponde à 6,5% do território nacional, devendo atender aos seguintes parâmetros:

- \_ Possuir aberturas para ventilação entre 15% e 25% da área do piso;
- \_ Permitir entrada de sol durante o inverno;
- \_ Ter parede leve e refletora com transmitância térmica (U) menor ou igual à 3,6 W/m<sup>2</sup>.K, atraso térmico ( $\phi$ ) menor ou igual à 4,3 horas e fator de calor solar (FCS) menor ou igual à 4%;
- \_ Ter cobertura leve e isolada com transmitância térmica (U) menor ou igual à 2,0 W/m<sup>2</sup>.K, atraso térmico ( $\phi$ ) menor ou igual à 3,3 horas e fator de calor solar (FCS) igual à 6,5%.

Como estratégia de zoneamento térmico passivo para zona bioclimática 3 recomenda-se que no verão a ventilação seja cruzada e que no inverno haja aquecimento solar da edificação e uso de vedações internas pesadas.

O código de obras de Londrina, lei 281/55, determina área mínima de ventilação para a sala de 2 m<sup>2</sup>, independente da área, e no dormitórios 1/16 da área do piso. A justificativa para estas exigências seria garantir um nível mínimo de qualidade, quanto as exigências de habitabilidade, para as “habitações populares”.

Cada unidade foi avaliada para quatro situações de orientação solar distintas, fachada principal voltada para norte, leste, sul e oeste.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para realizar as simulações de conforto térmico foi necessário fazer adaptações, já que o software Arquitrop apresenta limitações quanto à configuração dos ambientes. O programa pressupõe, por exemplo, que as plantas são retangulares e as fachadas são compostas por um único tipo de vedação.

As simulações foram realizadas em condições de verão e inverno sendo que em todas as situações as janelas foram consideradas abertas no período das 7h00 às 21h00, estando o ambiente ocupado por 4 pessoas durante 24h e sendo gerado calor por equipamentos igual a 1122 W no período das 18h às 22h.

Para possibilitar a comparação entre os cinco sistemas construtivos avaliados determinou-se uma pontuação para cada um dos critérios aplicados, sendo possível, ao final da avaliação somar estes valores e compará-los uns com os outros (Tabela 1).

**Tabela 1– Sistema de pontuação dos requisitos e critérios de conforto térmico**

Requisito	Critério	Situação	Pontos
Verão $25^{\circ}\text{C} < \text{Ti} < 29^{\circ}\text{C}$	horas de desconforto ( $\text{Ti}$ ) < 30%	Atende (cada orientação 1 ponto)	4 8
Inverno $18^{\circ}\text{C} < \text{Ti} < 25^{\circ}\text{C}$	horas de desconforto ( $\text{Ti}$ ) < 30%	Atende (cada orientação 1 ponto)	
Ventilação Interna	Sala $\geq 2 \text{ m}^2$ ;	Atende	1 2
	Dorm $\geq 6,25\% \text{ Ap}$	Atende (todos os existentes)	
	$15\% \text{ Ap} < \text{Avi} < 25\% \text{ Ap}$	Atende plenamente	2 2
Parede leve e refletora	Parede Externa: $U \leq 3,6$ ; $\varphi \leq 4,3$ ; FCS $\leq 4$	Atende 3 critérios = 4 pontos Atende 2 critérios = 3 pontos Atende 1 critério = 2 pontos	4 8
Cobertura leve isolada	Cobertura: $U \leq 2,0$ , $\varphi \leq 3,3$ ; FCS $\leq 6,5$	Atende 3 critérios = 4 pontos Atende 2 critérios = 3 pontos Atende 1 critério = 2 pontos	

Obs.: Pontuação máxima, 20 pontos.

Os resultados obtidos são apresentados junto com os requisitos e critérios na Tabela 2, a seguir:

**TABELA 2 – Matriz de Avaliação do Conforto Térmico**

SIST. CONSTR.	REQUISITOS		CRITÉRIOS	SITUAÇÃO (HORAS DE DESCONF.)		PONTOS	
Bianca	Verão $25^{\circ}\text{C} < \text{Ti} < 29^{\circ}\text{C}$	Inverno $18^{\circ}\text{C} < \text{Ti} < 25^{\circ}\text{C}$	horas de desconforto ( $\text{Ti}$ ) < 30%	Verão 64,58%	Inverno 65,62%	0	
	Vent. Interna	Sala	$\geq 2 \text{ m}^2$	$0,47 \text{ m}^2$		0	
		Dorm 1	$\geq 6,25\% \text{ Ap}$	4,00 %			
		Dorm 2		12,5 %			
			$15\% \text{ Ap} < \text{Avi} < 25\% \text{ Ap}$	6,80 %			
	Parede leve e refletora	Parede Externa	$U \leq 3,6$	2,69		3	
			$\varphi \leq 4,3$	0,8			
			FCS $\leq 4$	7,7			
	Cobertura leve isolada	Cobertura	$U \leq 2,0$	$U_{\text{ver}} = 2,0; U_{\text{inv.}} = 2,3$		2	
			$\varphi \leq 3,3$	0,5			
			FCS $\leq 6,5$	$FCS_{\text{ver.}} = 5,7; FCS_{\text{inv.}} = 6,7$			

**Continuação da TABELA 2 – Matriz de Avaliação do Conforto Térmico**

SIST. CONSTR.	REQUISITOS		CRITÉRIOS		SITUAÇÃO (HORAS DE DESCONF.)		PONTOS	
Conforto 1	Verão 25°C < Ti < 29°C		Inverno 18°C < Ti < 25°C		horas de desconforto (Ti) < 30%		0	
	Vent. Interna		Sala	$\geq 2 \text{ m}^2$	$2,70 \text{ m}^2$		7	
			Dorm 1		7,92 %			
			Dorm 2	$\geq 6,25\% \text{ Ap}$	7,92 %			
			Dorm 3		9,85 %			
			15%Ap < Avi < 25%Ap		11,55 %		0	
	Parede leve e refletora		Parede Externa	$U \leq 3,6$	2,98		3	
				$\varphi \leq 4,3$	0,7			
				$FCS \leq 4$	8,6			
	Cobertura leve isolada		Cobertura	$U \leq 2,0$	$U_{ver} = 2,0; U_{inv.} = 2,9$		2	
				$\varphi \leq 3,3$	0,8			
				$FCS \leq 6,5$	$FCS_{ver.} = 5,8; FCS_{inv.} = 8$			
Curitiba	Verão 25°C < Ti < 29°C		Inverno 18°C < Ti < 25°C		horas de desconforto (Ti) < 30%		0	
	Vent. Interna		Sala	$\geq 2 \text{ m}^2$	$1,18 \text{ m}^2$		6	
			Dorm 1	$\geq 6,25\% \text{ Ap}$	7,21 %			
			Dorm 2		7,57 %			
			15%Ap < Avi < 25%Ap		7,45%		0	
	Parede leve e refletora		Parede Externa	$U \leq 3,6$	3,3		3	
				$\varphi \leq 4,3$	0,3			
				$FCS \leq 4$	9,5			
	Cobertura leve isolada		Cobertura	$U \leq 2,0$	$U_{ver} = 2,0; U_{inv.} = 2,8$		2	
				$\varphi \leq 3,3$	0,8			
				$FCS \leq 6,5$	$FCS_{ver.} = 5,7; FCS_{inv.} = 7,9$			
Kit-Americano	Verão 25°C < Ti < 29°C		Inverno 18°C < Ti < 25°C		horas de desconforto (Ti) < 30%		0	
	Vent. Interna		Sala	$\geq 2 \text{ m}^2$	$0,63 + 2,50 \text{ m}^2$		10	
			Dorm 1	$\geq 6,25\% \text{ Ap}$	3,70 %			
			Dorm 2		4,26 %			
			15%Ap < Avi < 25%Ap		15,36 %		2	
	Parede leve e refletora		Parede Externa	$U \leq 3,6$	2,69		4	
				$\varphi \leq 4,3$	0,8			
				$FCS \leq 4$	3,87			
	Cobertura leve isolada		Cobertura	$U \leq 2,0$	$U_{ver} = 1,9; U_{inv.} = 2,6$		3	
				$\varphi \leq 3,3$	0,8			
				$FCS \leq 6,5$	$FCS_{ver.} = 2,8; FCS_{inv.} = 3,8$			
“Casa do Pioneiro”	Verão 25°C < Ti < 29°C		Inverno 18°C < Ti < 25°C		horas de desconforto (Ti) < 30%		0	
	Vent. Interna		Sala	$\geq 2 \text{ m}^2$	$0,44 \text{ m}^2$		5	
			Dorm 1		3,70 %			
			Dorm 2	$\geq 6,25\% \text{ Ap}$	4,26 %			
			Dorm 3		5,11 %		0	
	Parede leve e refletora		Parede Externa	$U \leq 3,6$	3,55		3	
				$\varphi \leq 4,3$	0,4			
				$FCS \leq 4$	7,7			
	Cobertura leve isolada		Cobertura	$U \leq 2,0$	$U_{ver} = 2,1; U_{inv.} = 2,7$		2	
				$\varphi \leq 3,3$	0,8			
				$FCS \leq 6,5$	$FCS_{ver.} = 4,4; FCS_{inv.} = 7,8$			

Para avaliar o requisito ventilação interna existem dois critérios: o estabelecido pela lei 281/55, que estabelece área de ventilação igual a  $2\text{m}^2$  para a cozinha e  $6,25\%$  da área do piso para os dormitórios e; o recomendado pelo projeto de normalização em conforto ambiental, que determina que a área de ventilação interna esteja entre  $15\%$  e  $25\%$  da área do piso, não sendo discriminados os ambientes.

## 5.1 Diagnóstico

No que se refere ao atendimento à zona de conforto de Givoni nenhum dos sistemas construtivos atende ao critério proposto. Todos apresentam horas de desconforto acima dos  $30\%$  estabelecido, tanto no período do verão como no inverno.

O atendimento integral da legislação municipal só ocorre no sistema construtivo Conforto1 e parcial no Kit-American e Curitiba. Ao critério estabelecido pelo projeto da norma só o Kit-American tem ventilação acima do mínimo recomendado.

Para Zona Bioclimática 3, conforme propõe LAMBERTS (S.D.), o requisito parede leve e refletora foi atendido em todos os critérios no Kit-American, não sendo atendido nos demais sistemas construtivos o critério F.C.S. Isto devido a absorção ( $\alpha$ ) ser maior nestas casas. Como:

$$F.C.S. = 4.U.\alpha, \text{ quanto menor } \alpha \text{ menor o F.C.S.}$$

Na análise do comportamento das coberturas, considerando o cálculo de verão, todos os sistemas construtivos alinharam-se com o projeto da norma, no entanto, a transmitância térmica (U) e o Fator de Calor Solar (F.C.S.) no inverno, ultrapassam os valores máximos admissíveis. Esta diferença ocorre devido a resistência térmica da superfície interna ( $R_{si}$ ) e a resistência térmica da camada de ar ( $R_{ar}$ ) ser menor no inverno, período em que o fluxo de calor é ascendente. No Kit-American tal fato não impede o atendimento aos critérios estabelecidos, isto porque a absorção ( $\alpha$ ) da cobertura é baixa, já que a telha é de cor clara.

A pontuação final demonstra que no que se refere ao desempenho, quanto ao conforto térmico das casas de madeira avaliadas, apenas um sistema construtivo teve resultado regular, por obter a metade da pontuação possível, os demais foram considerados ruins por terem obtido pontuações abaixo da média.

## 6. CONCLUSÕES

A metodologia de avaliação, aqui utilizada, não pretende apresentar respostas definitivas e incontestáveis, mas indica tendências de comportamento dos sistemas construtivos avaliados. Trabalhos futuros poderão aprofundar a investigação e apresentar respostas mais precisas.

Uma primeira constatação é a necessidade de rever e rediscutir normas vigentes e em projeto. O emprego destas, no decorrer da pesquisa apresentou dificuldades de implementação e resultou, em alguns casos, em adaptações. No emprego da norma de conforto térmico observou-se um distanciamento grande entre os resultados obtidos na sua aplicação e os resultados obtidos com a aplicação da zona de conforto de Givoni. O código de obras municipal também precisa ser revisto, haja visto questões como a imposição de 2 m<sup>2</sup> de área de ventilação para sala, independente das suas dimensões e características e, do estabelecimento de área mínima de ventilação igual a 6,25% da área do piso nos dormitórios. Para região climática de Londrina o projeto da norma determina, no mínimo, um valor igual a 15%.

Pode-se afirmar que estas cinco habitações “pré-fabricadas” de madeira apresentam um desempenho abaixo do recomendado para um moradia que se propõe satisfazer as necessidades do usuário de baixa renda. As casas são inadequadas ao clima da região, com horas de desconforto durante a maior parte do dia, tanto no inverno como no verão.

A baixa qualidade dos projetos, que muitas vezes são realizados por profissionais não habilitados, tem relação direta com o desconhecimento da técnica, da falta de rigor construtivo e a preocupação maior de reduzir custo mesmo que em detrimento da qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:135.07-002 Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 1998.

BARBOSA, M. J. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares. Florianópolis. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BASSO, A.; RORIZ, M. Arquitrop 3.0: Conforto térmico e economia de energia nas edificações. São Carlos, EESC/USP, S.D.

GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, v.18, n. 1, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Critérios mínimos de desempenho para habitações terreas de interesse social. São Paulo, IPT/ITQC/Sepurp-MPO, 1998.

LAMBERTS, R. Projeto de normalização em conforto ambiental – Texto Térmica 03 – Desempenho térmico de edificações: procedimentos para a avaliação de habitações de interesse social. Florianópolis, UFSC/FINEP, S.D.

LONDRINA. Leis, etc. Código de obras do município de Londrina: Lei 281/55. Londrina, PML, S.D.

PICANÇO, F.V.; BARBOSA, M. J. Elaboração de arquivos climáticos para Londrina e Cascavel em formato próprio para uso nas ferramentas de simulação térmica para edifícios – CLA (Clima, Lugar e Arquitetura) e Arquitrop. In: BARBOSA, J. M. (Org.) Arquivos climáticos de interesse para a edificação nas regiões de Londrina e Cascavel (PR). Londrina, Editora da UEL, 1999. Seção II, p. 27-54.

SILVA, R. D. Análise de sistemas construtivos de madeira na região de Londrina: aplicação de requisitos de habitabilidade e de projeto. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

SILVA, R. D.; BASSO, A. Análise de desempenho de habitações de interesse social em madeira: estudo de caso. In: Anais do II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS). Canela/RS, Abr./2001. P.219-226.

