



DESEMPENHO TÉRMICO: AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE VEDAÇÕES UTILIZADAS EM HABITAÇÕES SOCIAIS EM MARAU

Spannenberg, Mariane G. (1); Silveira, Wilson J. C. (2); Barth, Fernando (3)

(1) Mestranda PÓSARQ UFSC, (54) 313-6362, e-mail: bluespann@yahoo.com.br;

(2) Prof. PÓSARQ UFSC, (48) 331-9797, e-mail: wilson@arq.ufsc.br ;

(2) Prof. PÓSARQ UFSC, (48) 331-9797, e-mail: ferbarth@arq.ufsc.br;

RESUMO

O presente trabalho avalia comparativamente o desempenho térmico de vedações através de duas propostas de sistemas construtivos para projetos de habitação popular localizados em Marau - RS. Os desempenhos térmicos estão comparados com Projetos de Norma Brasileiros, verificando se estão dentro dos padrões estabelecidos quanto ao tamanho das aberturas de ventilação, proteção das aberturas, vedações externas verticais e cobertura, e estratégias de condicionamento térmico passivo. O projeto padrão de residência unifamiliar proposto tem 48 m² de área e apresenta dois sistemas construtivos para vedações verticais. O primeiro em alvenaria de blocos cerâmicos 6 furos, com chapisco, emboço e reboco tanto externa como internamente e outro em madeira com 2,5 cm de espessura. Ambos apresentam cobertura duas águas com telhas de cimento amianto e forro em lambris. O resultado desta análise permite a caracterização e verificação da adequação das construções dos dois sistemas construtivos com relação às referidas condições bioclimáticas.

ABSTRACT

The present work comparatively evaluates the thermal performance walls through two proposals of constructive systems for social housing projects in Marau - RS. The thermal performances are compared with Brazilian Projects of Norm, checking if these are in agreement with established standards regarding the size of the ventilation openings, protection of the openings, external walls and covering, and strategies of passive thermal conditioning. The standard project considered unifamiliar residences with 48 m² of area and presents two constructive systems for walls. First in masonry of hollow ceramic blocks, with plastering on both sides and another one in wood boards with 2,5 cm of thickness. Both present roof in two sloped planes with cement asbestos tiles and wooden ceiling. The result of this analysis allows the characterization and verification of the adequacy of the constructions of the two constructive systems with relation to the related bioclimatic conditions.

1. INTRODUÇÃO

A padronização excessiva, a desconsideração da cultura e do clima, a baixa qualidade das edificações e o desconhecimento das necessidades dos futuros moradores, são as principais características da produção das habitações de interesse social provida pelo estado. (SZÜCS, 1999) Sabe-se também que a busca pela adequação dos conjuntos habitacionais às características climáticas do local de implantação, bem como à tecnologia disponível, trarão melhores resultados quanto às exigências econômicas e de satisfação e bem-estar dos usuários (IPT, 1986).

Na busca por soluções eficientes para se resolver o problema do enorme déficit de aproximadamente 6 milhões de habitações, diversos pesquisadores tem elaborado e testado métodos de avaliação de projetos institucionais de habitação de interesse social. Pode-se citar, dentre outras pesquisas: o Projeto de Norma Técnica sobre Desempenho Térmico de Edificações (UFSC, 2003), que apresenta método baseado no Zoneamento Bioclimático Brasileiro para o cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações; o Projeto de Norma Técnica sobre Desempenho de Edifícios Habitacionais de até cinco Pavimentos (COBRACON, 2004), que apresenta três métodos diferenciados para verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas, sendo eles: simplificado, simulação e medição.

Assim através da aplicação de simulação computacional e de cálculo e avaliação simplificada das propriedades térmicas dos componentes construtivos, busca-se avaliar o desempenho térmico destes projetos de Habitações Sociais segundo parâmetros técnicos, no que diz respeito à sua adequação ao local e sobretudo ao clima, verificando também a facilidade de aplicação e compreensão dos dois métodos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

Avaliar o desempenho térmico de dois sistemas construtivos de habitação de interesse social na cidade de Marau - RS.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever o clima da cidade de Marau – Rio Grande do Sul, e caracterizar a sua Zona Bioclimática;
- Avaliar o desempenho térmico da envolvente, para situações de inverno e verão, de dois sistemas construtivos diferenciados de projetos de habitação de interesse social na cidade de Marau – RS, por meio simplificado de cálculo e por simulação, a fim de identificar diferenças no comportamento dos sistemas e dos métodos;
- Testar os parâmetros recomendados pelos respectivos Projetos de Norma;
- Sugerir possíveis otimizações desses projetos de habitação, considerando as condições climáticas de Marau - RS.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Devido à grande padronização dos projetos de Habitações de Interesse Social, a não utilização de recursos naturais da região, o desrespeito às tipologias e aos aspectos culturais e climáticos locais, as moradias acabam se tornando verdadeiros “carimbos” ao longo de todo o território nacional, além de, em sua grande maioria, serem construídas com materiais de baixa qualidade.

Quando não se levam em conta as características climáticas da região, os projetos resultam impróprios e precários, quase inabitáveis, gerando assim gastos extras com energia elétrica e a correta aclimação ao meio a que estão inseridos. Percebe-se desse modo a necessidade de uma maior consideração das estratégias bioclimáticas recomendáveis para o clima local.

Em geral, as Habitações de Interesse Social, por razões de economia e simplificação de projeto, normalmente não atendem aos requisitos mínimos de conforto especificados por Leis e Normas.

Segundo Akutsu (1988), “a avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste basicamente em verificar se o ambiente interno atende ou não a um conjunto de requisitos prefixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto térmico”.

Akutsu e Lopes (1988) descrevem o *desempenho térmico* como resultado da interação “entre a edificação e o ambiente térmico a que a mesma está submetida” ou suas condições de exposição. Estas condições de exposição são divididas em condições climáticas (temperatura e umidade do ar exterior,

velocidade e direção dos ventos e radiação solar direta e difusa); condições de implantação (latitude e longitude, orientação solar); condições de uso da edificação (número de ocupantes e atividades-padrão, quantidade de calor e vapor d'água produzidos no interior da edificação, número de renovações de ar proporcionados pelo controle da ventilação do ambiente).

Os mesmos autores ainda citam outras grandezas como: forma e dimensões geométricas da edificação e dos elementos e componentes; transmitância, absorvância e refletância à radiação solar dos elementos e componentes; emissividades das superfícies dos elementos e componentes; condutibilidade térmica, calor específico e massa específica dos materiais; que seriam grandezas que caracterizam o *comportamento térmico* da edificação, seus elementos, componentes e materiais. (AKUTSU e LOPES, 1988)

Deve-se ter em mente que a face componente de uma edificação responsável pela maior transmissão de calor ao interior da mesma é a cobertura. E que apesar de os demais componentes externos, as fachadas, não receberem tantas horas de sol, em virtude de sua orientação em relação ao norte e plano vertical, também são grandes agentes deste desempenho. De acordo com os materiais usados, sua disposição, quantidades e espessuras empregadas pode-se piorar ou melhorar este desempenho.

Para a região Sul, a alvenaria e a madeira aparelhada respondem pela quase totalidade dos tipos construtivos de paredes utilizados nos domicílios permanentes particulares (IBGE, 1991). No que se refere à construção de casas de madeira, esta tipologia construtiva apresenta-se como uma alternativa habitacional viável segundo vários autores, havendo, no entanto, no Brasil uma série de preconceitos sobre durabilidade, desconforto e custos acerca das casas em madeira. (BOGO e BARTH, 2003)

4. DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

4.1 Caracterização do Clima de Marau

Localizada no Planalto Médio, com altitude média de 650 m acima do nível do mar, Marau (28°26'52" de Latitude Sul e 52°11'14" de Longitude Oeste) apresenta território ondulado por coxilhas, com aclives e penhascos nas margens de rios.

Considerando-se importante conhecer bem o clima de Marau, este será caracterizado com os dados fornecidos pela Embrapa Trigo para a cidade de Passo Fundo, em razão da proximidade destes municípios e da inexistência de informações mais específicas para o município de Marau, alguns de seus dados principais são os seguintes:

Pressão atmosférica: 937,4 mb
Temperatura média: 17,5 °C
Temperatura máxima absoluta: 38,3 °C
Temperatura mínima absoluta: -3,8 °C
Precipitação total: 1787,8 mm
Umidade relativa: 72 %
Insolação: 2329,6 horas
Nebulosidade: 5,2 (0-10)

Pela localização geográfica, apresenta “clima mesotérmico úmido (temperado), do tipo subtropical úmido – Cfa, caracterizado por temperaturas médias, no mês mais frio, entre 18 °C e 0 °C e, no mês mais quente, acima de 22 °C , ou seja, com verões quentes e um regime pluviométrico de chuvas bem distribuídas durante o ano (nenhum mês com menos de 60 mm)” (CUNHA et al., 2003). A direção dos ventos dominantes é nordeste, com velocidade média de 4,2 m/s.

De acordo com Cunha et al. (2003), a análise climática local definida (para a cidade próxima de Passo Fundo) como Ano Climático de Referência – TRY, utilizando-se os dados de temperaturas e umidade relativa, apresenta como resultados proporcionais as seguintes porcentagens: 29,1 % das horas do ano com situações de conforto; 57,5% das horas do ano com situação de frio e 13,4 % das horas do ano com situações de calor. Deve-se salientar que a quantidade das horas de frio, conforto e calor, deve

levar em conta a faixa de temperaturas de conforto térmico para países em desenvolvimento, que é definida por Givoni (2003, apud CUNHA et al. 2003) como sendo de 18 a 29 °C.

4.2 Caracterização dos Projetos das Habitações e Sistemas Analisados

O estudo de caso é em projeto padrão de residência unifamiliar idealizado para os programas de Habitação de Interesse Social na cidade de Marau – RS. É composto por dois projetos de forma e dimensões iguais com 48 m² de área, mas que apresentam sistemas construtivos diferenciados, sendo eles madeira e alvenaria. Segue abaixo a caracterização construtiva dos sistemas de paredes externas e coberturas com apresentação das plantas baixas, a figura 01 apresenta o projeto em alvenaria e a figura 02 apresenta o projeto em madeira.

4.2.1 Vedações em Alvenaria

O primeiro sistema construtivo, com **vedações em alvenaria**, apresenta cobertura simples de duas águas, com telhas de cimento amianto de espessura 6 mm, sobre madeiramento de pinus com inclinação de 12 graus (0,35 cm de câmara de ar não ventilada). Com forro e beirais executados em lambris do tipo encaixe macho fêmea em madeira de pinus, com espessura de 1,00 cm, e espelhos em madeira de pinho. As paredes externas e do banheiro são em alvenaria de blocos cerâmicos 6 furos, assentados com argamassa, com chapisco, emboço e recobo tanto externa como internamente, com espessura de 2,50 cm cada. As paredes internas são em madeira de pinus do tipo macho fêmea. O piso é em cimento alisado sobre contrapiso de concreto. As portas externas são de ferro com basculante e as janelas são de correr, de ferro com grade, com vidros lisos com espessura de 3 mm. Será considerada pintura branca nas paredes externas.

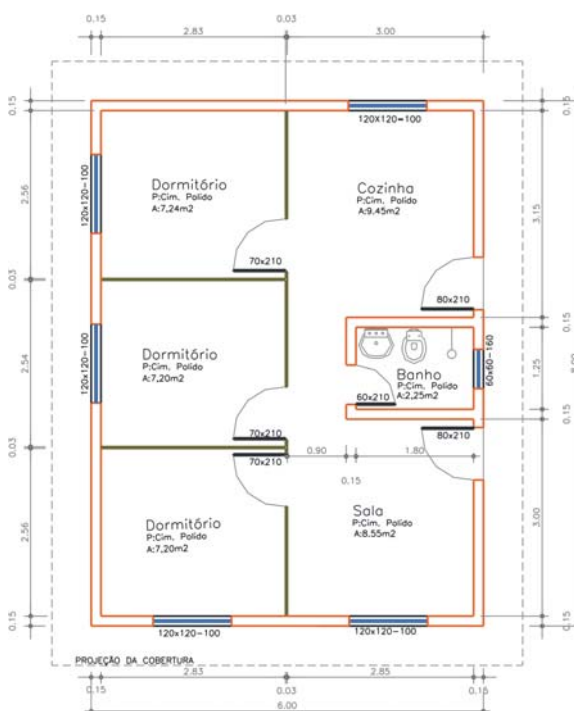


Figura 01: Vedações em Alvenaria - Planta Baixa – Área: 48,00 m²
Fonte: Prefeitura Mun. de Marau – RS, 2004

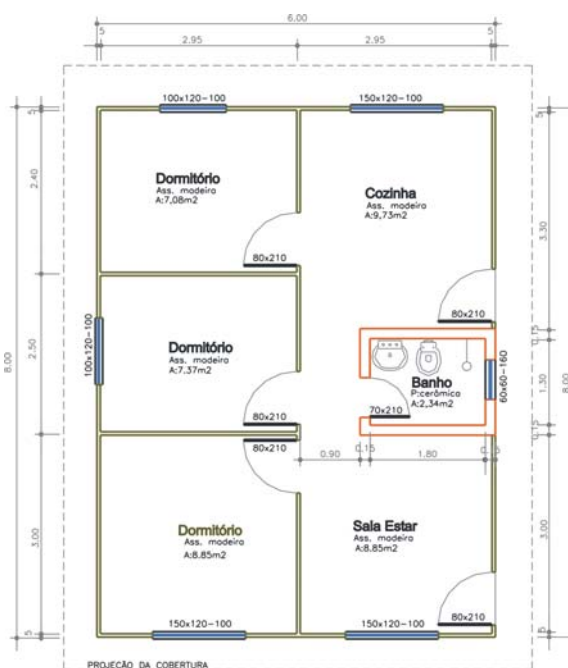


Figura 02: Vedações em Madeira - Planta Baixa – Área: 48,00 m²
Fonte: Prefeitura Mun. de Marau – RS, 2004

4.2.2 Vedações em Madeira

O segundo sistema construtivo, com vedações em madeira, apresenta cobertura executada com telhas de cimento amianto, espessura de 4,0 mm sobre madeiramento de pinus e eucalipto, conforme inclinação de 12 graus (0,35 m de câmara de ar não ventilada). Com forro

e beirais executados em lambris do tipo encaixe macho fêmea em madeira de pinus, com espessura de 1,00 cm, espelhos em madeira de pinho. Tanto interna como externamente as paredes são de madeira simples do tipo macho fêmea, com espessura total de 2,50cm. As paredes do sanitário foram executadas com blocos cerâmicos de 06 furos assentes com argamassa. Os pisos são em assoalho de madeira, exceto no banheiro onde é de cimento alisado. As portas externas são em madeira maciça de lei. As janelas são tipo guilhotina em madeira, com vidros lisos espessura de 3,0mm. Será considerada pintura branca nas paredes externas.

5. MÉTODO

Este artigo foi desenvolvido seguindo as etapas que seguem:

- Levantamento documental dos sistemas construtivos de vedações adotados nos projetos de habitação popular na cidade de Marau – RS;
- Descrever o clima da cidade de Marau – RS e caracterizar a sua Zona Bioclimática, bem como os parâmetros aceitáveis de cada uma das propriedades térmicas, segundo o Projeto de Norma 02:135.07-003:2003 – Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, e também segundo o Projeto de Norma 02:136.01.004:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas;
- Avaliar o desempenho térmico da cobertura e das paredes externas dos sistemas em questão, tanto para situações de inverno como verão, segundo os métodos simplificados e de simulação (Programa Transmitância, versão Beta) do Projeto de Norma 02:135.07-003:2003 – Desempenho térmico de edificações e do Projeto de Norma 02:136.01:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Seguindo os procedimentos estabelecidos para o cálculo das propriedades térmicas - resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar - de elementos e componentes de edificações quando sujeitos a um regime estacionário de transmissão de calor.

6. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO E ESTRATÉGIAS DE CONDICIONAMENTO

De acordo com o Projeto de Norma 02:135.07-001 – Desempenho térmico de edificações/ Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, verifica-se que segundo a classificação bioclimática proposta, Marau (utilizou-se a cidade de Passo Fundo como referência) está situada na **Zona Bioclimática 2**, caracterizada pelas quatro estações bem definidas, com períodos quentes e frios demarcados.

Assim as estratégias de condicionamento térmico indicadas, de acordo com a Carta Bioclimática de Givoni adaptada, são: aquecimento artificial (calefação), aquecimento solar passivo da edificação, massa térmica para aquecimento, desumidificação (renovação do ar) e, ainda, ventilação de conforto. (CUNHA et al., 2003)

6.1 Parâmetros e Diretrizes Construtivas

Para as avaliações foram selecionados os requisitos apresentados nos Projetos de Norma 02:135.07-003, 02:136.01.004 e 02:136.01.007 e também algumas estratégias de projeto retiradas de Grigoletti et al. (2002). Os requisitos verificados no Projeto de Norma 02:135.07-003:2003 – Desempenho térmico de edificações/ Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, são os seguintes:

- *Tamanho das aberturas para ventilação:* Médio - a dimensão efetiva das aberturas deve corresponder a valores que variem entre 15 a 25 por cento da área de piso dos ambientes;
- *Proteção das aberturas:* apesar do sombreamento, as aberturas devem permitir a entrada de sol durante o inverno;

- *Vedações externas (tipo de parede externa):* as paredes externas devem ser leves, com Transmitância Térmica (U) menor ou igual a 3,00 W/m²K, com Atraso Térmico (ϕ) menor que 4,3 horas e com Fator de Calor Solar menor ou igual a 5,0 %;
- *Vedações externas (tipo de cobertura):* as coberturas devem ser do tipo leve e isolada, com Transmitância Térmica (U) menor ou igual a 2,00 W/m²K, com Atraso Térmico (ϕ) menor que 3,3 horas e com Fator de Calor Solar (FCS) menor ou igual a 6,5%.
- *Estratégias de condicionamento térmico passivo:* ventilação cruzada, no verão; aquecimento solar da edificação, no inverno; vedações internas pesadas (inércia térmica).

Os requisitos verificados no Projeto de Norma 02:136.01.004:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas, são os seguintes:

- *Ventilação dos ambientes internos à habitação:* As áreas mínimas de ventilação devem apresentar valores *mínimos* admissíveis de 8 por cento da área do piso dos ambientes, resultando em dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes. Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios.
- *Sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas:* Através de análise de projeto pode-se verificar se as aberturas localizadas em fachadas possibilitam o controle da entrada de luz. As janelas dos dormitórios, para qualquer região climática, devem ter dispositivos de sombreamento, de forma a permitir o controle do sombreamento e escurecimento, a critério do usuário, como por exemplo, venezianas.
- *Adequação de paredes externas:* As paredes externas devem apresentar como níveis *mínimos* de desempenho para Transmitância Térmica (U), valor menor ou igual a 2,50 W/m²K e para Capacidade Térmica (CT), valor menor ou igual a 45 KJ/m².K.

Os requisitos verificados no Projeto de Norma 02:136.01.007:2004 - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Coberturas, são os seguintes:

- *Isolação térmica da cobertura:* As coberturas devem apresentar como nível *mínimo* de desempenho para Transmitância Térmica (U), valor menor ou igual a 2,30 W/m²K, como nível *Intermediário*, valor menor ou igual a 1,50 W/m²K e como nível *Superior*, valor menor ou igual a 1,00 W/m²K.

Na intenção de complementar a análise quantitativa, há também uma avaliação qualitativa, seguindo os parâmetros retirados de Grigoletti et al. (2002), para a verificação da presença ou ausência de determinadas estratégias de projeto que proporcionam maior conforto térmico, pois consideram as condições climáticas da região.

Para o período de verão, foram observadas as seguintes estratégias:

- *orientação da cobertura na direção norte-sul*, para evitar ganhos de calor excessivo, que seriam determinados pela exposição leste-oeste;
- *possibilidade de ventilação cruzada*, considerando a predominância de ventos do quadrante sudeste;
- *ventilação noturna* utilizando dispositivos, tais como venezianas, que permitam ventilação noturna, sem o comprometimento da segurança da edificação;
- *possibilidade de sombreamento das aberturas*, para diminuir incidência de radiação solar direta no interior da edificação, através de venezianas, toldos entre outros.

Para o período de inverno:

- *permissão da entrada de radiação solar no inverno* – através da orientação da edificação (maior dimensão perpendicular à direção norte) e de aberturas voltadas para norte, para captação de radiação solar;
- *possibilidade de fechamento das aberturas durante à noite*, com elementos opacos, para amenizar perdas através de superfícies envidraçadas.

7. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

7.1 Análise do Desempenho Térmico dos Sistemas Construtivos

Para o cálculo e análise do desempenho térmico da edificação em questão, foi utilizada a metodologia descrita no Projeto de Norma 02:135.07-002:1998, 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.

Tabela 01: Análise do Desempenho Térmico segundo os critérios indicados para a Zona Bioclimática 2

	REQUISITOS	UNIDADE	Alvenaria		Madeira		Norma desemp	Norma termica
			verão	inverno	verão	inverno		
COBERTURA	Resistência Térmica	R_t (m ² .K)/W	0,2859	0,2859	0,2828	0,2828	----	----
	Resistência Térmica Total	R_T (m ² .K)/W	0,4959	0,4259	0,4928	0,4228	----	----
	Transmitância Térmica	U W/(m ² .K)	2,02	2,35	2,03	2,37	$M \leq 2,30$	$\leq 2,00$
	Capacidade Térmica	C_T (m ² .K)/W	15	15	12	12	----	----
	Atraso Térmico	ϕ hora	0,9	0,9	0,9	0,9	----	$\leq 3,3$
	Fator de Calor Solar	FCS %	5,7	6,6	5,7	6,6	----	$\leq 6,5$
PAREDES	Resistência Térmica	R_t (m ² .K)/W	0,2163	0,2163	0,1087	0,1087	----	----
	Resistência Térmica Total	R_T (m ² .K)/W	0,3863	0,3863	0,2787	0,2787	----	----
	Transmitância Térmica	U W/(m ² .K)	2,59	2,59	3,59	3,59	$\leq 2,50$	$\leq 3,00$
	Capacidade Térmica	C_T (m ² .K)/W	193	193	23	23	≥ 45	----
	Atraso Térmico	ϕ hora	3,7	3,7	1,0	1,0	----	$\leq 4,3$
	Fator de Calor Solar	FCS %	2,1	2,1	2,9	2,9	----	$\leq 5,0$
VENTILAÇÃO	Cozinha	%	8		9,24		≥ 8	$15 < A < 25$
	Sala	%	8,42		10,17		≥ 8	$15 < A < 25$
	Dormitório 1	%	10		8,62		≥ 8	$15 < A < 25$
	Dormitório 2	%	10		8,45		≥ 8	$15 < A < 25$
	Dormitório 3	%	10		10,52		≥ 8	$15 < A < 25$

Nota: A transmitância térmica, o atraso térmico e o fator solar são determinados também para a situação de inverno em virtude de ser a condição predominante no Sul do Brasil.

Os cálculos foram realizados com a ajuda do software Transmitância (LABEEE/UFSC, 2004) versão 1.0 (beta), o programa é uma ferramenta computacional desenvolvida para auxiliar na aplicação dos métodos de cálculo de propriedades térmicas de componentes construtivos propostos pelo projeto de normalização em conforto ambiental. O software permite o cálculo das seguintes propriedades térmicas: Transmitância térmica (W/m².K); Resistência térmica (m².K/W); Capacidade térmica (kJ/m².K); Fator de calor solar e Atraso térmico (horas). A Tabela 01 apresenta o desempenho dos sistemas construtivos frente aos critérios quantitativos propostos pelos Projetos de Norma já citados,

verificando o atendimento ou não às características térmicas dos elementos de vedações verticais e horizontais e áreas mínimas necessárias para a ventilação de cada compartimento.

Observa-se, a partir da Tabela 01:

- Que o *sistema de coberturas* utilizado nas duas habitações - que varia unicamente na espessura das telhas de cimento-amianto – apresenta, nas suas características térmicas valores dentro da faixa recomendada pelos Projetos de Norma, estando adequado à zona bioclimática 2. Com relação à transmitância térmica para a condição de verão a cobertura está no limite admissível e para a situação de inverno está um tanto além do limite. O atraso térmico proporcionado por esta tipologia está dentro dos limites estabelecidos pelo projeto de norma. O fator solar proporcionado pela cobertura no verão se enquadra no projeto de norma, mas na situação de inverno fica além do valor admissível. Com relação à resistência térmica e à capacidade térmica a norma não estabelece nenhum limite. Esta solução arquitetônica resulta, portanto, parcialmente adequada para esse clima, assim sugere-se que tanto a espessura como o material das telhas seja repensado, sendo talvez substituído por telhas cerâmicas.
- As *paredes externas em alvenaria* demonstraram-se adequadas aos valores recomendados, mas as *paredes externas em madeira* apresentam valores para Transmitância e Capacidade Térmica, muito diferentes dos estabelecidos. Ressalvando-se que “os próprios valores de transmitância térmica admissíveis pelo texto do projeto de norma, são valores altos, caracterizando uma situação pouco rigorosa de avaliação”.(BOGO e BARTH, 2003). Deve-se ressaltar que a parede simples em madeira, com apenas 2,5 cm de espessura, apresenta baixa condutividade térmica como característica própria da madeira mole (*Pinus*), colaborando para o seu desempenho térmico, que poderia ser grandemente melhorado se a parede fosse dupla com câmara de ar. Outro fator que contribui para a o desempenho de ambas as soluções é a pintura em cor clara.
- Quanto à *ventilação ou dimensão das aberturas*, observa-se que os projetos apresentam conformidade com os valores propostos pelo Projeto de Norma 02:136.01.004:2004, mas não estão em de acordo com os valores estabelecidos pelo Projeto de Norma 02:135.07-003:2003. “Isso sugere que as áreas para ventilação de habitações de interesse social estão sendo sub dimensionadas e que os projetistas não estão atentando para o fato de que, dependendo do sistema utilizado, a área da janela não corresponde à área que permite a ventilação. Este fato ocorre em janelas de correr, basculantes, janelas de guilhotina, entre outras.”(GRIGOLETTI et al., 2002) Assim, também verificamos que os projetos de norma não estão compatíveis um com o outro, tornando este quesito um tanto confuso.

A Tabela 02 apresenta a análise qualitativa das estratégias de condicionamento passivo. Para cada uma das estratégias qualitativas presentes ou satisfeitas foi atribuído um ponto (1). Onde as estratégias não estavam satisfeitas ou presentes não foi atribuída pontuação (0).

Tabela 02: Análise das Estratégias de condicionamento térmico passivo

Estratégias de condicionamento térmico passivo:	Alvenaria	Madeira	Norma Desemp.	Norma Térmico
1. Orientação da Cobertura Sentido Norte/Sul	0	0	----	----
2. Possibilidade de Ventilação Cruzada	1	1	proposta	proposta
3. Possibilidade de Ventilação Noturna	0	0	proposta	proposta
4. Possibilidade de Sombreamento das Aberturas	0	0	proposta	proposta
5. Radiação Solar no Inverno	1	1	----	proposta
6. Possibilidade de Fechamento de Aberturas à Noite	0	0	----	----
7. Vedações Internas Pesadas	0	0	----	proposta
Total	2/7	2/7	----	----

Pode-se verificar na Tabela 02, através dos índices semelhantes de 2/7, uma inadequação quase total em relação às *estratégias de projeto que possibilitariam um condicionamento térmico passivo*. Salienta-se que os projetos não exploraram todas as recomendações para a situação climática do município de Marau, ou seja, ignorou-se a estratégia que utiliza massa térmica, para a situação de inverno e também a ventilação cruzada fica prejudicada tanto no inverno como verão, com a pequena dimensão das esquadrias. A correta utilização destas estratégias traria um incremento de conforto térmico às habitações, assim como a correta implantação das edificações e dos lotes que poderiam proporcionar o máximo aproveitamento da orientação Norte.

8. CONCLUSÕES

De modo geral, as habitações não apresentaram um desempenho térmico satisfatório. Analisando-se os resultados obtidos, pode-se constatar que as soluções de coberturas apresentadas nos projetos, com telhas de fibro-cimento de 6 cm e 4 cm e forro em lambris de 1 cm, cumprem as condicionantes estabelecidas pelo Projeto de Norma 02:135.07-003:2003 – Desempenho térmico de edificações para a Zona Bioclimática 2, e estão adequadas a esta região e clima onde está localizada a cidade de Marau.

Pode-se constatar também que as paredes em alvenaria se encontram dentro dos limites admissíveis no projeto de norma para transmitância térmica, atraso térmico e fator solar, sendo portando tecnologia construtiva adequada a este clima. Deve-se salientar porém, que a norma é para médias e não situações críticas de inverno e verão. O fato de as paredes em madeira simples serem avaliadas como inadequadas quanto ao desempenho térmico na zona 2, justifica o preconceito popular existente acerca de casas de madeira no tocante ao seu conforto.

Identifica-se como um contribuinte para o baixo desempenho térmico a inadequação do tamanho das aberturas para ventilação, o que prejudica a situação de calor e umidade no verão. Cabe salientar que os critérios de área de ventilação, previstos pelo Projeto de Norma 02:136.01.004:2004, foram satisfeitos pelos projetos. No entanto, os critérios do Projeto de Norma 02:135.07-003:2003 para ventilação, sendo mais rígidos, não foram satisfeitos.

Algumas sugestões para a melhoria destes projetos seriam: a adoção de paredes internas pesadas, podendo contribuir para manter o interior da edificação aquecido. Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem.

Conforme já citado anteriormente, o desempenho térmico de uma edificação em um determinado clima deve ser considerado no seu conjunto, incluindo aspectos como terreno, forma da edificação, orientação solar, entre outros mais. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Os resultados da avaliação apontam uma baixa preocupação, durante a etapa de projeto, com as variáveis relacionadas ao desempenho térmico das edificações. Daí as habitações não apresentarem condições satisfatórias de habitabilidade, no que diz respeito a este importante requisito de conforto.

9. REFERÊNCIAS

AKUTSU, Maria. (1988) Avaliação do desempenho térmico de edificações: a necessidades de revisão normativa. IN: *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)*. Tecnologia de edificações/ projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini: IPT.

AKUTSU, Maria; LOPES, David. (1988) Simulação do desempenho térmico de edificações. IN: *Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)*. Tecnologia de edificações/ projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: Pini: IPT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (Comitê Brasileiro de concreto). *Projeto de Norma 02:136.01.00:2004 Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais. Proposta de Norma. (s.l.) COBRACON/ABNT, 2004.* Disponível em: <<http://www.cobracon.org.br>>. Acesso em : nov. de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (Comitê Brasileiro de concreto). *Projeto de Norma 02:136.01.004:2004 Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas. Proposta de Norma. (s.l.) COBRACON/ABNT, 2004.* Disponível em: <<http://www.cobracon.org.br>>. Acesso em : nov. de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (Comitê Brasileiro de concreto). *Projeto de Norma 02:136.01.007:2004 Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 5: Coberturas. Proposta de Norma. (s.l.) COBRACON/ABNT, 2004.* Disponível em: <<http://www.cobracon.org.br>>. Acesso em : nov. de 2004.

BOGO, Amílcar J.; BARTH, Fernando. (2003) *Habitações em Madeira em Santa Catarina: Análise de Desempenho Térmico de Paredes.* In: *I Congresso Brasileiro sobre Habitação Social – Ciência e Tecnologia, 2003, Florianópolis.* Anais... Florianópolis: GHab/UFSC.

CUNHA, Eduardo (Coord.); FRANDOLOSO, Marcos A. ; MASCARÓ, Juan Jose. (2003) *Elementos de Arquitetura de Climatização Natural: método projetual buscando a eficiência energética nas edificações.* Passo Fundo. Editora UPF. 145 p.

GRIGOLETTI, Giane de C.; SEDREZ, Michele de M.; SATTLER, Miguel A. (2002) *Avaliação De Variáveis Relacionadas Ao Conforto Térmico De Tipologias Habitacionais Da Vila Tecnológica De Porto Alegre.* In: *IX Encontro Nacional do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu.* Anais... Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). (1986) *Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica.* São Paulo: IPT.

SZÜCS, Carolina P.(Coord). (1999)*Recomendações e alternativas para Novos Projetos de Habitação Popular a partir das Interações entre usuários e Moradia,* Relatório Final. FINEP, Ghab/ARQ/UFSC, Florianópolis. (CD-ROM)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Projeto de Norma Técnica 02:135.07-002:2004 - 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.* Proposta de Norma. Florianópolis: UFSC / FINEP, 2003. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em : nov. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Projeto de Norma Técnica 02:135.07-003:2004 - Desempenho Térmico de Edificações . Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.* Proposta de Norma. Florianópolis: UFSC / FINEP, 2003. Disponível: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso: nov. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. *Programa Transmitância versão 1.0 (beta).* Lee, Alexandre Simon. Lamberts, Roberto. Florianópolis: Labeee/UFSC, s.d. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em: nov. de 2004.