

## **DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO CONTEXTO BIOCLIMÁTICO SUL DO BRASIL**

**Anicoli Romanini (1); Marcele Salles Martins (2); Marisabel Scortegagna (3)**

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, [anicoliromanini@yahoo.com.br](mailto:anicoliromanini@yahoo.com.br), Universidade Federal de Santa Catarina

(2) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, [marcesalles@yahoo.com.br](mailto:marcesalles@yahoo.com.br), Universidade de Passo Fundo

(3) Arquiteta, Especialista em Projeto e gestão de edificações sustentáveis, [marisabelscortegagna65@gmail.com.br](mailto:marisabelscortegagna65@gmail.com.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho está inserido em um projeto de pesquisa que avaliou o projeto arquitetônico de habitação de interesse social que está em fase de construção em um bairro na cidade de Passo Fundo/RS, que contempla a arquitetura evolutiva e a sustentabilidade construtiva. O objetivo deste estudo é indicar a solução mais adequada na composição da parede de steel frame aplicada em habitações de interesse social, buscando uma forma de respaldar a decisão arquitetônica ao promover o entendimento do comportamento térmico das possíveis vedações. Esta análise é feita pela comparação de duas normativas: NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho e a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações. Este estudo comparativo é efetuado a partir do resultado de cálculo simplificado utilizando o software Transmittância nas etapas iniciais de avaliação do projeto, com o intuito de auxiliar na análise das vedações externas (tipo de revestimento de parede e tipo de cobertura). De modo geral, a maioria dos aspectos analisados está em conformidade com as normas utilizadas como referência para que se obtenha o mínimo de conforto em relação à edificação e a zona bioclimática da cidade. No entanto, algumas estratégias bioclimáticas passivas acrescidas ao projeto e que não implicariam em um custo final significativo, apresentam potencialidade de maximização do conforto térmico dos ocupantes.

Palavras-chave: Habitação de Interesse Social, Desempenho térmico, Sustentabilidade Construtiva, NBR 15575 e NBR 15220.

### **ABSTRACT**

The present work is part a research project that evaluated the architectural design housing social interest that is under construction in a neighborhood in the city of Passo Fundo, RS, which includes evolutionary architecture and constructive sustainability. The objective this study is to indicate the most adequate solution in the composition of the steel frame wall applied in social housing, seeking a way to support the architectural decision by promoting the understanding of the thermal behavior of the possible fences. This analysis is made by comparing two regulations: NBR 15575 - Housing Buildings - Performance and NBR 15220 - Thermal Performance of Buildings. This comparative study is carried out from the simplified calculation result using the Transmittance software in the initial stages of project evaluation, with the purpose of assisting in the analysis external fences (type of wall covering and type of cover). In general, most the analyzed aspects comply with the norms used as reference to obtain the minimum comfort in relation to the building and the bioclimatic zone of the city. However, some passive bioclimatic strategies added to the project and that would not imply a significant final cost, present potential to maximize the thermal comfort of the occupants.

Keywords: computer simulation, calibration, thermal performance.

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura energeticamente eficiente, climaticamente adequada ou bioclimática, ou mais corretamente a boa arquitetura, como contraponto à atual tendência da arquitetura mundial, tem sido debatida no Brasil e no mundo sob diversos aspectos que vão, desde a necessidade de preservação e recuperação dos recursos naturais, passando pela possibilidade de restrições energéticas crescentes, até a necessidade de adoção de um modelo de desenvolvimento ambientalmente sustentável (HENSEN, 2011).

Em edificações residenciais, o comportamento térmico é determinado, principalmente, em função das condições ambientais externas. Nesse caso, os ganhos de calor através das superfícies externas (paredes e cobertura) e das aberturas existentes (superfícies envidraçadas), assim como as condições de exposição à insolação e à ventilação, são fatores determinantes do desempenho térmico de uma residência. Portanto, o projeto de habitações apresenta um grande potencial para a incorporação de estratégias bioclimáticas, favorecendo o melhor aproveitamento da luz e da ventilação natural, assim como identificando quais os materiais construtivos mais adequados para adaptar a edificação ao contexto climático no qual a mesma se insere (LAMBERTS, 2010).

Com o intuito de propor um sistema construtivo que apresentasse rapidez e menor impacto ambiental na construção de habitação de interesse social, neste caso, o sistema Light steel frame, a pesquisa buscou utilizar um simulador que testasse rapidamente as propriedades dos materiais e que orientasse as decisões projetuais sem recorrer aos simuladores de desempenho. Para tanto, foram comparadas diferentes composições de materiais usualmente utilizados no Sistema Light Steel Frame e avaliados os resultados. Os cálculos mostraram que a inserção de placas com maior densidade tornava o sistema em conformidade com a Norma de Desempenho quanto a capacidade térmica, no entanto o atraso térmico se elevou acima dos parâmetros, o que seria benéfico no período de baixas temperaturas. O elevado atraso térmico teria que ser atenuado através de outras estratégias num processo contínuo de tomada de decisões projetuais em busca do atendimento ao desempenho esperado.

Siqueira (2005) menciona que o desempenho térmico de edificações é um fator determinante em habitações, principalmente em habitações de interesse social, que são destinadas à população de baixa renda. Uma edificação projetada levando-se em conta o clima local potencializa o conforto dos usuários e gera economia de energia.

Com relação a esta afirmação alguns estudos já foram desenvolvidos, tem-se alguns exemplos como Oliveira (2010) que abordou questões relacionadas ao desempenho térmico de habitações unifamiliares no clima quente e úmido e sua avaliação através de simulação computacional, na fase de projeto, buscando uma forma melhor de analisar a decisão arquitetônica e assim promover o entendimento do comportamento térmico das edificações.

Gomes (2007) compara os sistemas de fechamentos com atraso térmico indicado pela norma NBR 15.220 em um protótipo de uma residência unifamiliar com área de 37,30m<sup>2</sup>, construída em Indaiatuba/São Paulo<sup>1</sup>. O modelo porém foi simulado considerando as cidades: Curitiba, Belo Horizonte, Brasília, Goiânia, Teresina e Belém, e como fechamento externo, foram utilizadas placas de OSB com manta de impermeabilização e acabamento em siding vinílico. O estudo observou que para a configuração de fechamento adotada, houve um amortecimento da onda de calor exterior para os dias típicos de verão analisados.

Outro estudo desenvolvido por Giglio e Barbosa (2006), com sistema construtivo de painéis de vedação em madeira para a zona climática 3, cidade de Londrina, Paraná/PR em um protótipo de habitação de interesse social. Para as simulações foram fixadas uma única condição de cobertura, de carga térmica interna, de ocupação, ventilação e clima externo, variando apenas as cinco composições de painéis e paredes adotadas. Os painéis foram analisados em duas situações: primeiro separadamente, utilizando os métodos simplificados da norma de desempenho térmico brasileira e do projeto de norma de desempenho, a segunda simulação analisou os painéis por desempenho e para isto adotou o método de projeto da norma de desempenho e o método das horas de desconforto. Os resultados alcançados constataram divergências entre resultados obtidos da aplicação dos métodos normativos, analisados a partir das simulações realizadas, onde se comprovou grandes oscilações climáticas no interior do protótipo com um painel de madeira de 2,2cm de espessura, o qual é considerado adequado pela norma. Outra verificação constatada se observou na condição de verão, onde o limite de temperatura máxima para obtenção do desempenho mínimo foi menor do que o limite para obtenção do desempenho intermediário. Já na condição de inverno, para a vedação de tijolo cerâmico 6 furos e reboco, a ausência de fontes internas de calor na configuração do protótipo resultou na

---

<sup>1</sup> O projeto foi orientado pelas especificações do manual da Caixa Econômica Federal (CEF, 2003), e possui em seu programa: sala, cozinha, dois quartos e um banheiro, o mesmo apresentado neste trabalho.

não adequação térmica deste sistema de vedação, largamente utilizado no país. Com a avaliação térmica dos painéis permitiu a compreensão do bom desempenho dos painéis em madeira de maior resistência térmica e da parede de alvenaria de tijolos cerâmicos, além do baixo desempenho de paredes de pouca espessura.

No mesmo contexto climático do artigo tem-se o estudo de Santos et.al (2013), que analisou a eficiência energética de um edifício escolar na cidade de Pelotas/RS, a nível de projeto, com 12 combinações diferentes de fechamentos horizontais e verticais, incluindo características construtivas diferentes. Após as simulações realizadas no software DesignBuilder versão 2.0, os resultados apontaram que “a combinação de parede leve refletora clara e cobertura isolada clara conferiram um maior percentual de horas de conforto ao longo do ano no edifício ventilado naturalmente, e um menor consumo para o climatizado artificialmente”.

Os estudos desenvolvidos por Soares, Adams e Ullmann (2016), em habitação unifamiliar de cunho social, de 67,84m<sup>2</sup>, na zona bioclimática 2, zona climática do estudo aqui proposto, apontaram, a partir da aplicação do método de simulação da NBR 15.575, que num primeiro momento todos os ambientes apresentaram nível mínimo de desempenho, exceto a sala de estar, que no período do verão, não atingiu nenhum dos níveis. Visando atender o nível mínimo de desempenho na sala de estar, obteve-se resultado positivo, com a inserção de um dispositivo de sombreamento bloqueando 50% da radiação solar, chegando a redução em até 2°C a temperatura deste ambiente. Com esta medida se constatou que a utilização de sombreamento nas aberturas se torna efetiva no auxílio da diminuição de temperatura nos ambientes internos.

Em avaliação de desempenho térmico de habitação de interesse social, com parâmetros estabelecidos na NBR 15.575 para as oito zonas bioclimáticas brasileiras, os resultados apontaram que as envoltórias utilizadas para a construção desta tipologia na maioria das cidades brasileiras atende minimamente os níveis de desempenho exigidos. Especificamente para a zona 2, nas simulações realizadas para a condição de verão, demonstram que as paredes em concreto armado obtiveram desempenho mínimo, enquanto as paredes de alvenaria obtiveram desempenho intermediário. Já para a condição de inverno o envoltório de concreto apresentou resultados de desempenho térmico superior a alvenaria (FERREIRA, PEREIRA, 2012).

No município de Passo Fundo foram realizadas medições de temperatura em bulbo seco de ar e de umidade relativa de ar no inverno no ano de 2005 e no verão no ano de 2006, em cinco unidades habitacionais municipais representativas do PSH (Programa de Subsídios à Habitação de Interesse Social). Também foram realizadas cálculos de parâmetros de avaliação, tais como: transmitância térmica das paredes e coberturas, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar, semelhante ao realizado neste estudo. Os resultados foram submetidos a simulação no software Energyplus e demonstraram que alguns parâmetros estão aquém do estabelecido na NBR 15.220, exigindo recomendações em termos de tipologia, orientação solar, tecnologias construtivas e materiais das habitações de interesse social (MENEZES, KALIL, CUNHA, 2006).

Desta forma, este artigo objetiva indicar a solução mais adequada na composição da parede de steel frame aplicada em habitações de interesse social, buscando uma forma de respaldar a decisão arquitetônica a promover o entendimento do comportamento térmico das possíveis vedações.

## **2. CONTEXTO CLIMÁTICO DA ÁREA DE ESTUDO**

O clima do Rio Grande do Sul, Estado localizado ao sul do Brasil, é temperado do tipo subtropical, classificado como mesotérmico úmido. Devido à sua posição geográfica, entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" latitude sul, e 49°42'41" e 57°40'57" longitude oeste, apresenta grandes diferenças em relação ao Brasil. A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e Atlântica. A movimentação e os encontros destas massas definem muitas das características climáticas.

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15 e 18°C, com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C, conforme se observa na Figura 1.

Especificamente o clima de Passo Fundo/Rio Grande do Sul/Brasil, manteve-se o mesmo, sendo este úmido, mesotérmico e com pouca ou nenhuma deficiência de água, ressaltando apenas que existem períodos de queda nos índices de umidade e umidade efetiva mostrando uma tendência do clima da região para ficar mais seco. O período mais chuvoso encontra-se entre os meses de agosto e outubro. O mês mais quente manteve-se em janeiro com temperaturas média, máxima e mínima de 21,5 °C, 28,5 °C, 17,4 °C respectivamente. O mês mais frio manteve-se em julho com temperaturas média, máxima e mínima iguais a 12,2 °C, 18,7°C, 8,7°C respectivamente.

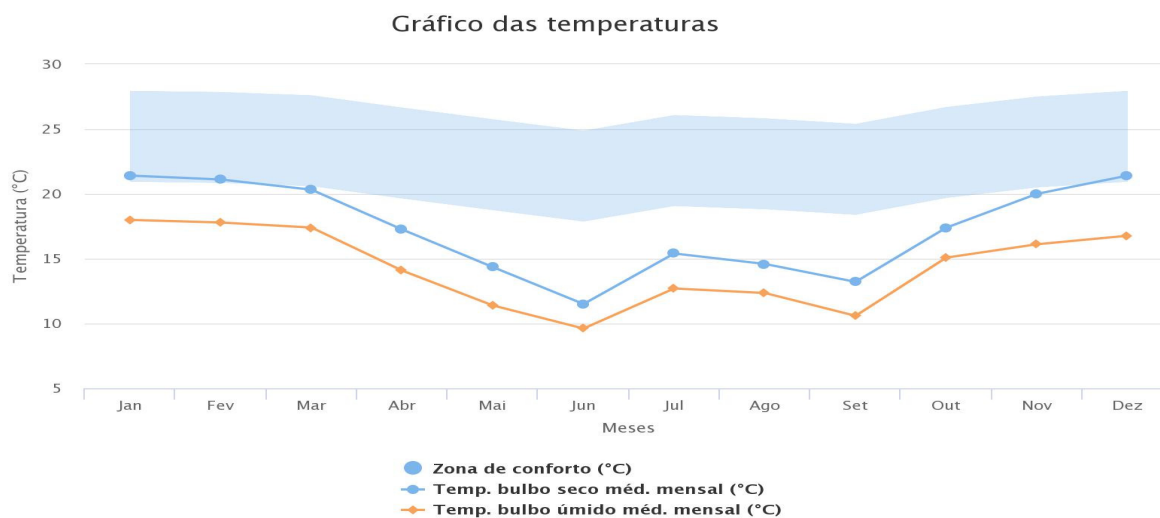


Figura 1 – Gráfico das temperaturas (PROJETEEE, 2014).

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O estudo apresenta comparações de diferentes composições de materiais utilizados no sistema construtivo Light Steel frame. Como estratégia, primeiramente foi selecionado os materiais que fazem parte do sistema construtivo, após foi caracterizado suas propriedades físicas, a partir disto seguiu-se com cálculo simplificado do comportamento térmico dos componentes e análises do atendimento aos requisitos da norma de desempenho.

O grande projeto do bairro Leonardo Ilha que prevê a construção de 210 novas habitações está localizado em uma área com aproximadamente 94 mil metros quadrados e situado a 5,00 Km do centro urbano da cidade, região noroeste de Passo Fundo/RS.

O estudo foi realizado em uma residência unifamiliar composta por dois dormitórios, uma sala/cozinha/área de serviço conjugadas e um banheiro, com área total de 45,63m<sup>2</sup> (Figura 2). O projeto é padrão para todo o loteamento, e para o estudo foi considerado a implantação da Figura 3. A residência possui pé direito de 2,60 m, sistema construtivo de Light Stell Frame (LSF), vedação interna de placa de OSB, recheio de lã de rocha e externamente placa cimentícia, aberturas em alumínio do tipo correr, somente nos dormitórios com venezianas, banheiro será do tipo maxim-ar, cobertura com telha cerâmica.



Figura 2 - Planta baixa e perspectiva da habitação de interesse social (AUTORAS, 2014).

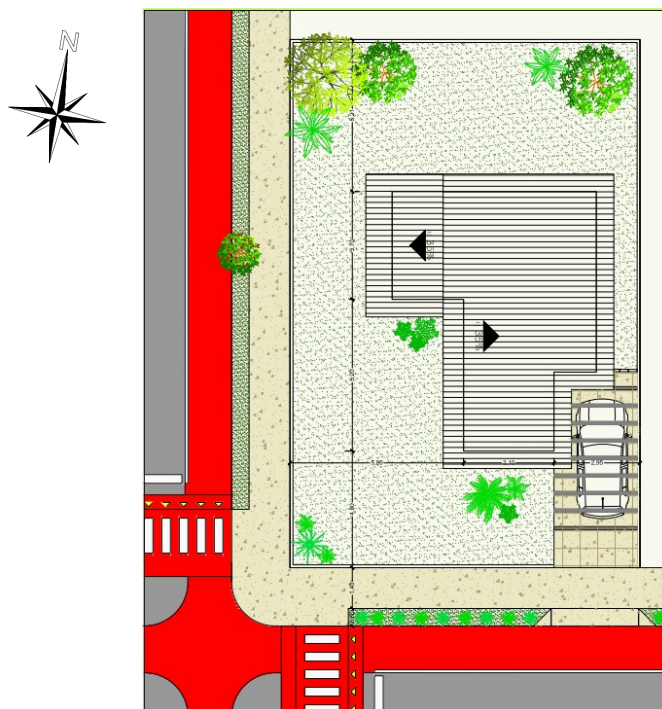


Figura 3 - Implantação da habitação de interesse social (AUTORAS, 2014).

Para a análise do desempenho térmico das paredes foi utilizado, para os cálculos, o programa de simulação computacional Transmitância, a partir das referências numéricas das normas NBR 15220 (2005) foram avaliados os critérios transmitância, atraso térmico e fator solar.

Ainda, para o preenchimento dos dados no programa Transmitância, foi utilizada, a direção do fluxo de calor, em que se obtém a resistência térmica superficial interna e externa, a direção horizontal para paredes e a direção descendente para cobertura.

O projeto inicial previa sistema construtivo Light Steel frame, vedações de Placa cimentícia 10mm (Brasilit), Lã de Vidro (Wallfelt – 75mm e, Placa OSB (Masisa – 12mm). Cobertura: Telha Cerâmica, Lã de Vidro (Wallfelt – 75mm) e, Placa OSB (Masisa – 12mm).

A simulação 01 manteve o sistema construtivo do memorial e utilizou os seguintes parâmetros de vedações e cobertura: Placa cimentícia 10mm (Brasilit), Lã de Rocha (Fibrosom – 60mm), Placa OSB (Masisa – 12mm), cobertura em Telha Cerâmica, Lã de Rocha (Fibrosom – 60mm), Placa OSB (Masisa – 12mm). O comparativo se dará na verificação do desempenho do material lã de vidro em relação à lã de rocha.

Para a simulação 02 foi modificado o material placa cimentícia pela placa de gesso acartonado. Sendo a composição das vedações. Placa cimentícia 10mm (Brasilit), Lã de Rocha (Fibrosom – 60mm com alumínio), Placa Placa em Gesso Cartonado (125mm).

Para os dados das seções, foram preenchidos os valores que correspondem à altura e ao comprimento do material de construção a ser analisado ou das camadas de materiais a serem analisadas e para os dados das camadas, preenchidos os valores que correspondem às propriedades térmicas dos materiais de construção. As propriedades analisadas foram (fornecedores): densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ), calor específico de materiais ( $c$ ) e espessura dos materiais ( $e$ ).

### 3.1. Vedações

A avaliação do desempenho através de programas simuladores possibilita a reprodução do comportamento térmico de diferentes composições de painéis possíveis no sistema construtivo Light Steel Framming, uma vez que está baseado no conceito de isolamento multicamada.

A tabela 1 a seguir apresenta as propriedades térmicas dos painéis que foram utilizados para a realização da simulação computacional no programa Transmitância.

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais construtivos

	<b>Material</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Condutividade térmica (W/Mk)</b>	<b>Massa específica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Calor específico (J/KG.K)</b>	<b>Coefficiente de absorção térmica</b>
1	Placa cimentícia	0,010	0,95	2200	840	0,9
2	Painel de Aparas de Madeira (OSB)	0,012	0,17	700	2300	0,9
3	Placa de gesso acartonado	0,0125	0,35	1000	840	0,9
4	Placa de Lã de Vidro	0,075	0,04	20	700	0,9
5	Placa de Lã de Rocha	0,075	0,03	96	700	0,9
6	Placa de MDF	0,03	0,20	925	2300	0,9
7	Telha cerâmica	0,02	1,05	2000	0,92	0,9

Fonte: NBR 15220-2 (ABNT, 2005), Catálogo da ISOVER, Autoras, 2013.

Primeiramente foi realizada a simulação com materiais originais, ou seja, sistema construtivo Light Steel frame, vedações de Placa cimentícia 10mm (Brasilit), isolamento com Lã de Vidro (Wallfelt – 75mm e acabamento interno em Placa OSB (Masisa – 12mm). Cobertura: Telha Cerâmica, Lã de Vidro (Wallfelt – 75mm) e, Placa OSB (Masisa – 12mm).

A partir dos materiais alternativos foram propostas as tipologias demonstradas na Tabela 2 e simulado o comportamento térmico das vedações internas, externas e da cobertura.

A simulação da Tipologia 01 manteve o sistema construtivo original, porém substituiu o material de isolamento de acordo com os seguintes parâmetros de vedações e cobertura: Placa cimentícia 10 mm (Brasilit), Lã de Rocha (Rock Fibras - 75 mm), Placa OSB (Masisa – 12 mm), cobertura em Telha Cerâmica, Lã de Rocha (Rock Fibras - 75 mm), Placa OSB (Masisa – 12 mm). O comparativo se dará na verificação do desempenho do material lã de vidro em relação à lã de rocha.

Para a simulação da Tipologia 02 foi modificado o material de vedação interna (OSB) pela placa de gesso acartonado e acrescentado ao isolamento revestimento de baixa emissividade (alumínio). Sendo a composição das vedações. Placa cimentícia 10mm (Brasilit), Lã de Rocha (Rock Fibras - 75mm com alumínio), Placa Placa em Gesso Acartonado (125mm). A Tipologia 3 foi avaliada com o acréscimo de duas placas estruturantes, uma interna e outra externa e na Tipologia 4 foi proposta a avaliação dos mesmos materiais da Tipologia 3, porém com o isolamento do projeto original, ou seja, lã de vidro.

Tabela 2 - Tipologia dos sistemas de paredes utilizados nas simulações

<b>Tipo</b>	<b>Fechamento Externo</b>	<b>Estrutura Externa</b>	<b>Isolamento</b>	<b>Câmara de Ar</b>	<b>Estrutura Interna</b>	<b>Fechamento Interno</b>
<b>Original</b>	1		4	15 mm		2
<b>Tipologia 1</b>	1		5	15mm		2
<b>Tipologia 2</b>	1		5	15mm		3
<b>Tipologia 3</b>	1	2	5	15mm	2	2 Placas 6
<b>Tipologia 4</b>	1	2	4	15mm	2	2 Placas 6

Fonte: Autoras, 2013.

Na zona bioclimática 2 os critérios de desempenho térmico, conforme estabelecido na NBR 15575-4 (ABNT/2013) são em relação às propriedades de Transmitância Térmica ( $U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ) e Capacidade Térmica  $CT \geq 130 \text{ KJ}/(\text{m}^2.\text{K})$ . Adota-se o valor alfa ( $\alpha$ ) menor que 0,6 pois observa-se que a absorvância de superfícies expostas à radiação solar é fator determinante nas temperaturas que podem ser atingidas pelas mesmas.

### 3.2. Cobertura

Para a análise do desempenho térmico da cobertura foi utilizado, para os cálculos, o programa de simulação computacional Transmitância, a partir das referências numéricas da norma NBR 15220 (2005). Primeiramente foi realizada a simulação com materiais originais, ou seja, sistema construtivo Light Steel frame: Cobertura: Telha Cerâmica, Lã de Vidro (Wallfelt – 40 mm), Placa OSB (Masisa – 12 mm).

A partir dos materiais alternativos foram propostas novas tipologias. A simulação da Tipologia 01 manteve o sistema construtivo original, porém substituiu o material de isolamento de acordo com os seguintes parâmetros de vedações e cobertura: Telha cerâmica, Lã de Rocha (Rock Fibras – com alumínio 40 mm) e Placa OSB (Masisa – 12 mm). O comparativo se dará na verificação do desempenho do material lã de vidro em relação à lã de rocha. Na tipologia 2 foram comparados os desempenhos da placa OSB com a placa em Gesso Acartonado, mantendo-se o isolamento em lã de rocha com alumínio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Vedações

De acordo com a NBR 15220/2005, o desempenho térmico das vedações externas - parede deve atender aos parâmetros: Transmitância Térmica ( $U \leq 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ), Atraso Térmico ( $\phi \leq 4,3$ ) e fator solar ( $FS \leq 5,0$ ). Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise do desempenho térmico das vedações externas – paredes de acordo com a NBR 15220/2005 e NBR 15575/2013 para Zona Bioclimática 2

	NBR 15 220-2 (2005)			NBR 15 575-5 (2013)			
Parede: Leve							
Tipo	Transmitância térmica U W/m <sup>2</sup> .k	Atraso Térmico $\phi$ horas	Fator Solar FS		Transmitância térmica U W/m <sup>2</sup> .k	Capacidade Térmica CT KJ/m <sup>2</sup> .K	
NBR	$U \leq 3,00$	$0 \leq 4,3$	$FS \leq 5,0$		$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$	
Projeto Original	U = 0,49	4,2	0,4	ATENDE	U = 0,49	CT = 21	NÃO ATENDE
Parede Tipologia 1	U = 0,39	5,2	0,3	NÃO ATENDE	U = 0,39	CT = 25	NÃO ATENDE
Parede Tipologia 2	U = 0,36	8,5	0,3	NÃO ATENDE	U = 0,36	CT = 44	NÃO ATENDE
Parede Tipologia 3	U = 0,33	13,5	0,3	NÃO ATENDE	U = 0,33	CT = 152	ATENDE
Parede Tipologia 4	U = 0,40	11,8	0,3	NÃO ATENDE	U = 0,40	CT = 148	ATENDE

Fonte: Autoras, 2013.

Quando analisados os materiais entre si, verificou-se que com exceção do atraso térmico, as demais propriedades térmicas de todas as tipologias avaliadas apresentam-se adequadas às recomendações da NBR 15 220-4. Entretanto, convém esclarecer que em todos os componentes (paredes e coberturas) buscou-se obter um atraso térmico elevado, a fim de investigar o efeito da maximização da inércia térmica como



estratégia de condicionamento passivo. Em relação ao atraso térmico ( $\phi \leq 4,3$ ), apenas o projeto original mostrou-se adequado, com atraso de 4,2 horas. Quanto ao fator solar, verificou-se que este não obteve diferença, sendo que os materiais possuem o mesmo percentual, logo não interferem nas escolhas projetuais.

No inverno, o uso da massa térmica para aquecimento é uma estratégia com elevado potencial de aplicação: pode-se acumular o calor nas paredes e coberturas, desde que sejam constituídas por materiais com elevada capacidade térmica, controlando-se as condições de ventilação e insolação para preservar as temperaturas mais elevadas nos ambientes internos. Portanto, recomenda-se a inserção de painéis estruturantes e um componente interno com alta densidade, por exemplo, duas placas de MDF como as utilizadas nas simulações das tipologias 3 e 4, objetivando o aumento da Inércia Térmica.

Quando as tipologias foram analisadas diante dos parâmetros da NBR 15575-4 considerou-se inadequadas para a região as tipologias 1 e 2, bem como a original no atendimento ao requisito Capacidade Térmica. O maior valor obtido foi 25KJ/m<sup>2</sup>.K, valor muito distante do mínimo estabelecido pela norma (CT  $\geq 130$  KJ/(m<sup>2</sup>.K)).

Os valores da Capacidade Térmica das Tipologias 2, 3 e 4 foram recalculados para atender aos requisitos da norma devido a existência de isolamento térmico com valor de condutibilidade menor do que 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior do que 0,5 (m<sup>2</sup>.K)/W. Assim, o cálculo da capacidade térmica foi realizado desprezando-se o fechamento em placa cimentícia voltado para o ambiente externo, posicionado a partir do isolante térmico. O resultado das Tipologias 3 e 4 atendem a este requisito apresentando valores de Capacidade de 152 KJ/(m<sup>2</sup>.K) e de 148 KJ/(m<sup>2</sup>.K) respectivamente.

Nota-se uma contradição dos resultados gerados da aplicação das duas normas. Enquanto que a norma 15220-3 recomenda que as paredes sejam leves e refletoras e assim, considera adequadas todas as tipologias para a ZB2, a 15575- 4 (ABNT, 2013) desaprova todas devido à baixa capacidade térmica.

## 4.2. Cobertura

De acordo com a NBR 15220/2005, o desempenho térmico das vedações externas – cobertura, está adequado (Tabela 4), conforme especificado para transmitância térmica (U) e fator solar (FS) e não está adequado para o atraso térmico ( $\phi$ ).

Tabela 4 - Análise do desempenho térmico das vedações externas – coberturas de acordo com a NBR 15220/2005 e NBR 15575/2013 para Zona Bioclimática 2

	NBR 15 220-2 (2005)			NBR 15 575-5 (2013)		
Cobertura: Leve isolada						
Tipo	Transmitância térmica U W/m <sup>2</sup> .k	Atraso Térmico $\phi$ horas	Fator Solar FS		Transmitância térmica U W/m <sup>2</sup> .k	Capacidade Térmica CT KJ/m <sup>2</sup> .K
<b>NBR</b>	U $\leq$ 2,3	0 $\leq$ 3,3	FS $\leq$ 6,5		U $\leq$ 2,30	$\alpha$ – sem exigência
Projeto Original	U = 0,27	9,3	0,8		U = 0,27	CT = 93
Cobertura Tipologia 1	U = 0,25	10,0	0,8		U = 0,25	CT = 96
Cobertura Tipologia 2	U = 0,25	9,0	0,8		U = 0,25	CT = 85

Fonte: Autoras, 2013.

Quanto à cobertura, sugere-se a substituição da telha cerâmica pela telha metálica, juntamente com a utilização de uma cobertura com quatro camadas, sendo elas de telha metálica com pintura branca nas duas faces, câmara de ar, manta de lã de rocha e forro de madeira. Estas especificações estão presentes no projeto da Casa Eficiente desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 4).



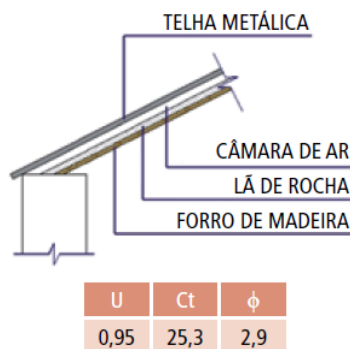


Figura 4 - Proposta de cobertura da Casa Eficiente – UFSC (LAMBERTS ET. AL., 2010).

Dessa forma, o projeto que manteve a cobertura inicial apresentou um desempenho muito próximo aos das tipologias 1 e 2 em relação à transmitância térmica, atendendo aos parâmetros indicados pelas duas normas aqui estudadas quanto a este requisito, porém quanto ao atraso térmico, as simulações constataram que nenhuma das coberturas está adequada, visto que atingiram um índice muito superior ao permitido pela norma.

É importante ressaltar que a utilização de materiais isolantes térmicos e acústicos, como as mantas de lã se rocha e fibra de vidro ou aglomerado de cortiça, tem-se revelado cada dia mais importante na construção, pela capacidade de aumentar a resistência térmica das soluções construtivas, sem, no entanto aumentar o peso da construção.

#### 4.3. Análise geral dos resultados

A análise das propriedades térmicas dos componentes do sistema steel frame, proposto para a edificação estudada, pelo cálculo simplificado não apresentou resultados satisfatórios, por isso antes de partir para a simulação computacional avaliamos a substituição dos materiais. Os elevados valores de atraso térmico apresentados foram aceitos visto que a maximização da inércia térmica é uma estratégia de condicionamento passivo.

Esperava-se que o aumento de densidade do isolante de 20 Kg/m<sup>3</sup> para 96 Kg/m<sup>3</sup> substituído ao projeto original resultasse em aumento da capacidade térmica ( $C_T = \sum e.c.p$ ), o que não aconteceu, já o valor de capacidade térmica apresentado com o acréscimo das placas estruturantes foi satisfatório, no entanto o atraso térmico aumentou consideravelmente.

O atraso térmico pode ser uma boa estratégia de condicionamento passivo, pois maximiza a inércia térmica ao acumular o calor nas paredes e coberturas, preservando as temperaturas mais elevadas nos ambientes internos.

### 5. CONCLUSÕES

O cálculo simplificado dos parâmetros térmicos dos componentes do sistema proposto para as HIS, através do programa Transmitância, permitiu a identificação do atendimento aos requisitos da Norma de Desempenho.

O sistema proposto para a HIS somente atendeu ao parâmetro capacidade térmica nas tipologias 3 e 4 onde foram simuladas as paredes acrescidas de 2 placas estruturantes aumentando a massa específica. O parâmetro atraso térmico requerido para as coberturas não foi atendido. As simulações 3 e 4 atendem a normativa, pois apresentaram valores de capacidade de 152 KJ/(m<sup>2</sup>.K) e de 148 KJ/(m<sup>2</sup>.K), respectivamente.

Observou-se que a inserção de placas proporcionou o aumento da capacidade térmica e o elevado atraso térmico benéfico durante os meses de inverno. Durante os meses quentes o atraso será atenuado através da ventilação, ou seja, maior número de renovações de ar.

Com a realização do estudo se comprovou que as escolhas projetuais são um processo contínuo. Cada decisão trará como consequência a revisão das demais. Conseguindo, assim, atender ao desempenho esperado.

Portanto, por se tratar de habitações populares, percebe-se que a maioria dos itens analisados está em conformidade com as normas utilizadas como referência para que se obtenha o mínimo de conforto em relação à edificação e a zona bioclimática de Passo Fundo, RS.

Assim sendo, a arquitetura sustentável também passa a ser conhecida como de alta eficiência energética, porque economiza e conserva a energia que capta, produz ou transforma no seu interior,

reduzindo, portanto, o consumo energético e a suposta poluição ambiental. É uma arquitetura pensada com o clima do lugar, com um desenho que permite tirar maior proveito das condições naturais do sítio, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575:2013: Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220:2005: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações, Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, V.M.D. de. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro (o caso de Natal/RN)**. Natal: EDUFRRN, 2001.
- FERREIRA, C. C.; PEREIRA, I. M. **Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas**. In: XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012. Anais. Minas Gerais: XIV ENTAC, 2012.
- GIGLIO, T. G. F.; BARBOSA, M. J. Aplicação de métodos de avaliação do desempenho térmico para analisar painéis de vedação em madeira. In: **Ambiente Construído**. v.6, n.3, p. 91-103. Porto Alegre: jul./set. 2006.
- GOMES, A.P. de. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing**, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2007.
- HENSEN, J.L.M. e LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Routledge, 2011, 512 p.
- LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010, V.1, 123 p.
- \_\_\_\_\_. **Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético**. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. V.4, 53 p.
- MENEZES, M. S.; KALIL, R. M. L.; CUNHA, E. G. Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo/RS. In: **XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Florianópolis, 2006. Anais. Florianópolis: XI ENTAC, 2006.
- OLIVEIRA, A.G. de. **Metodologia para avaliação do desempenho térmico em residências uni familiares no clima quente úmido**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- SANTOS, G. et. al. Avaliação da influência de diferentes fechamentos horizontais e verticais no desempenho termo-energético de um edifício educacional na cidade de Pelotas, RS. In: **XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído**, Brasília, 2013. Anais. Brasília: XII ENCAC, VIII ELACAC, 2013.
- SIQUEIRA, T. C. P. A. et al. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. In: Revista Escola de Minas, vol. 58, nº 2. Ouro Preto. Abr/Jun 2005.
- Software Transmitância. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/antigo/software/transmitancia.html>. Acesso em: mai. de 2014.
- SOARES, R. M. D.; ADAMS, B.; ULLMANN, V. Desempenho térmico de habitação social: Norma NBR 15.575. In: **Revista de Arquitetura IMED**, 5(2): 53-64. Passo Fundo: jul./dez. 2016.