

THERMAL BEHAVIOUR OF A POPULAR BUILDING WITH COMPOSITIONS DIFFERENT MATERIALS IN ROOF SYSTEM

Giceli Tabarelli, Liége Garlet, Felipe Hundertmark Batista, Maraysa Woloszyn, Joaquim C. Pizzutti dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil e Preservação Ambiental, Campus universitário –
Santa Maria/RS

giceli.t@gmail.com, liegeg9@gmail.com, felipehundertmarkb@gmail.com,
arq.maraysa@gmail.com, joaquimpizzutti@hotmail.com

Abstract. The study of the thermal behavior of buildings assists in projective decisions to reduce energy costs, highlighting the roof, mainly responsible for the increased thermal load in single-storey buildings. Thus, this study analyzed different compositions of materials in the roof system with variable solar absorptance (α) for a public housing 48,0m², located in Santa Maria/RS, Brazilian Bioclimatic Zone 2 (ZB2), according to the performance criteria of NBR 15575/2013 and thermal comfort of the adaptive method ASHRAE 55/2010. The analysis was performed by computer simulation with EnergyPlus software, setting three different models roof compositions, one with only cement tile and the other two with the same tile more air chamber formed by concrete slab or a PVC lining, varying himself to solar absorptance in low, medium and high, for analysis in typical summer and winter days. It was considered the ventilation 1 ren/h changes to 5 ren/hr or entering shading in window frames or both strategies if necessary. It was observed that all the roofs have reached the minimum winter performance, better situation in use of the concrete slab. In summer, just roof that includes the concrete slab $\alpha = 0,3$ and meets the minimum performance, but varying the absorptance, can reach it with the use of ventilation strategies or shading. The same occurs in the analysis of comfort, highlighting the similar behavior of roofing using slab with $\alpha = 0,3$ and 1ren/h or $\alpha=0,5$ and shading. Concluding that the solar absorptance is decisive in the performance of roofs and the use of concrete slab in its composition is the only option that meets the minimum performance ZB2, reaching the highest percentage of thermal comfort, and determining the use of ventilation and shading the thermal behavior of the building.

Keywords: Thermal behaviour, Roofing, Popular housing.

1. INTRODUÇÃO

Com o impacto da crise energética mundial acarretando num custo cada vez elevado para a climatização de edificações, a construção civil tem buscado reduzir a carga térmica de suas edificações.

Neste sentido, a cobertura das edificações ganha destaque, principalmente nas construções térreas, pois, é a principal responsável pelo aumento da carga térmica nos ambientes, já que possui a maior área exposta ao meio externo durante o maior período do dia [1].

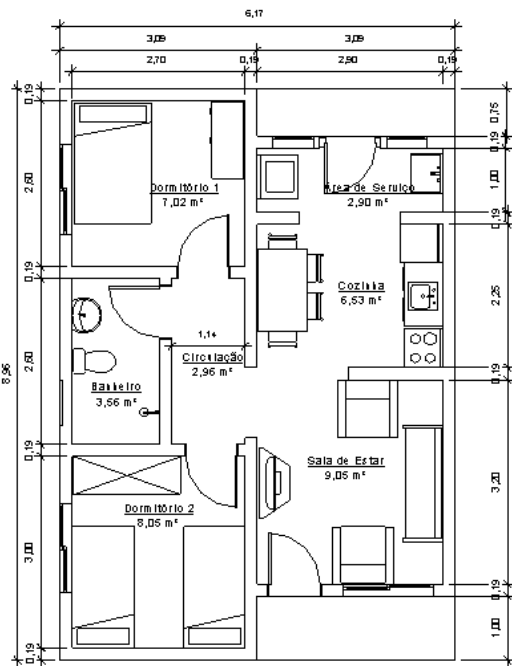
Também, devido ao grande déficit habitacional no Brasil, o desafio atual é a construção de residências populares com melhores condições de conforto e que atendam as normas de desempenho térmico. Em virtude disso, este trabalho analisou, através de simulação computacional, o comportamento térmico de uma habitação popular, considerando-se diferentes composições de materiais e de absortância solar no seu sistema de coberturas. A habitação está inserida na cidade de Santa Maria/RS, Zona Bioclimática Brasileira2. Consideraram-se as coberturas mais recorrentes de habitações populares na região, embora algumas não alcancem a classificação mínima exigida no método simplificado da NBR 15575 [2]. Foram analisados o desempenho térmico por meio da Ref. [2] e o conforto térmico pelo método adaptativo da ASHRAE 55 [3].

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo é uma habitação popular, com área de 48,0 m², pé-direito de 2,65m e compreende uma sala, cozinha e área de serviço integradas, dois dormitórios e um banheiro, conforme a planta baixa demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – Planta baixa da habitação popular.



Para o estudo, foram comparados três modelos distintos de composições no sistema de cobertura, sendo um apenas com telha de fibrocimento e sem forro, outro com laje de concreto e o terceiro com forro de PVC, ambos com câmara de ar. Além disso, foram considerados três tipos de absorvância solar, conforme recomenda a Ref. [2]. Os demais elementos construtivos da habitação não foram alterados nos modelos simulados. Foram realizados processos distintos de análise para verão e inverno, resultando no total de 18 simulações. A especificação dos materiais e suas propriedades térmicas (transmitância térmica e capacidade térmica) podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades térmicas dos fechamentos.

Fechamento	U (W/m ² .K)	CT (kJ/m ² .K)
Parede (tijolo ceram. 14x19x29 c/ 2,5cm de reboco- ambas faces)	1,906	161,00
Piso (cerâmica + laje concreto de 15cm)	3,424	134,40
Cobert. telha fibrocimento 6mm	6,975	10,08
Cobert. telha fibroc. 6mm + forro de PVC 7mm	2,575	17,46
Cobert. telha fibroc. 6mm + laje de concreto 15cm	2,277	46,08

2.2 Análise segundo a NBR 15575/2013

Os índices de desempenho térmico dos modelos foram avaliados segundo a metodologia de simulação computacional da Ref. [2], com a utilização do *software EnergyPlus 8.3* e auxílio da interface gráfica do *Sketchup Make 15* com *plugin do OpenStudio*.

As análises foram feitas para os dias típicos de verão e de inverno da cidade de Santa Maria/RS, com características ambientais representadas pelo arquivo climático TRY. Segundo Flores [4], para o nível 2,5%, o dia típico de verão é 20/2, com horário crítico da temperatura externa às 15h, e o de inverno dia 9/7 às 5h.

Foram avaliados os ambientes mais críticos do ponto de vista térmico, no âmbito de permanência prolongada. E, adotada a taxa de ventilação dos ambientes em 1 ren/h.

Embora a Ref. [2] recomende variar a absorvância (α) à radiação solar das superfícies expostas (paredes e coberturas), em 0,3 para cores claras, 0,5 para cores médias e 0,7 para cores escuras, neste estudo, alterou-se apenas a da cobertura. Foi adotada a absorvância de 0,2 para as paredes externas, com intuito de interferir o mínimo possível nas análises destinadas às diferentes composições da cobertura.

Para os casos de não atendimento ao desempenho mínimo no verão, a Ref. [2]

orienta utilizar a taxa de ventilação 5 ren/h ou a inserção de proteção solar externa ou interna à esquadria do ambiente analisado, para um sombreamento mínimo de 50% ou ainda, ambas as configurações.

Os parâmetros de análise de desempenho da Ref. [2] estão relacionados à zona bioclimática em que está inserida a edificação. Para a ZB2 é necessária que, no verão, as temperaturas internas sejam menores os iguais às externas e, no inverno, maiores que 3 graus em relação às externas.

Além disso, a simulação para o dia típico de inverno considera a utilização das cargas internas (ocupação, iluminação, equipamentos), definidas de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R [5].

2.2 Análise do Conforto Térmico

A análise do conforto térmico foi realizada pelo método adaptativo proposto pela Ref. [3]. Ela relaciona as temperaturas médias mensais externas com as temperaturas internas para estabelecer limites aceitáveis de conforto em edificações naturalmente ventiladas, com atividade próxima à sedentária. Para estabelecer limites de 80% de aceitabilidade, a temperatura neutra deve estar entre $-3,2^{\circ}\text{C} \leq T_{oc} \leq 3,5^{\circ}\text{C}$. A Equação 1 define a temperatura operativa de conforto.

$$T_{oc} = 18,9 + 0,255T_{ext} \quad (1)$$

Em que:

T_{oc} = temperatura operativa de conforto

T_{ext} = temperatura mensal média externa

Para esta avaliação não foram consideradas cargas internas na edificação.

3. RESULTADOS

A análise de desempenho térmico apresentou índices definidos como: mínimo (M), intermediário (I), superior (S) ou não atendeu (NA), conforme os Quadros 1 e 2.

Quadro 1. Desempenho térmico no verão.

VERÃO (20/02) - 15h - Temp. Ext. Máx. = 33,20 °C							
Tipo de Cobertura	Norma	α	Ambient e Crítico	Temp. Int. Máx. (°C)	Diferença de Temp. (°C)	Nível Desemp.	
telha de fibrocimento	1 Ren.	0,3	Sala	38,50	-5,30	N.A.	
		0,5	Sala	45,02	-11,82	N.A.	
		0,7	Sala	51,20	-18,00	N.A.	
	5 Ren.	0,3	Sala	36,88	-3,68	N.A.	
		0,5	Sala	41,51	-8,31	N.A.	
		0,7	Sala	46,03	-12,83	N.A.	
	1 Ren. + Somb.	0,3	Sala	37,97	-4,77	N.A.	
			Sala	43,94	-10,74	N.A.	
		0,5	Sala	49,6	-16,4	N.A.	
			Sala	36,53	-3,33	N.A.	
		0,7	Sala	40,81	-7,61	N.A.	
			Sala	44,94	-11,74	N.A.	
telha de fibrocimento + FORRO de PVC	1 Ren.	0,3	Dormit. 1	34,78	-1,58	N.A.	
		0,5	Sala	38,02	-4,82	N.A.	
		0,7	Dormit. 1	44,27	-11,07	N.A.	
	5 Ren.	0,3	Sala	34,21	-1,01	N.A.	
		0,5	Sala	36,4	-3,2	N.A.	
		0,7	Dormit. 1	39,81	-6,61	N.A.	
	1 Ren. + Somb.	0,3	Sala	34,08	-0,88	N.A.	
			Sala	36,90	-3,70	N.A.	
		0,5	Sala	39,42	-6,22	N.A.	
			Sala	33,77	-0,57	N.A.	
		0,7	Sala	35,67	-2,47	N.A.	
			Sala	37,42	-4,22	N.A.	
	telha de fibrocimento + LAJE de CONCRETO	1 Ren.	0,3	Dormit. 2	31,96	1,24	M
			0,5	Dormit. 2	33,61	-0,41	N.A.
			0,7	Dormit. 2	39,07	-5,87	N.A.
5 Ren.		0,3					
		0,5	Dormit. 2	33,18	0,02	M	
		0,7	Dormit. 2	35,99	-2,79	N.A.	
1 Ren. + Somb.		0,3					
			Dormit. 1	32,29	0,91	M	
		0,5	Dormit. 1	33,47	-0,27	N.A.	
		0,7					
			Dormit. 1	32,34	0,86	M	

Quadro 2. Desempenho térmico no inverno.

INVERNO (09/07) - 5h - Temp. Ext. Mín. = 2,47 °C						
Tipo de Cobertura	Norma	α	Ambient e Crítico	Temp. Int. Mín. (°C)	Diferença de Temp. (°C)	Nível Desemp.
telha fibrocimento	1 Ren.	0,3	Sala	6,43	3,96	M
		0,5	Sala	7,1	4,62	M
		0,7	Sala	7,75	5,27	I
telha fibroc. + FORRO PVC	1 Ren.	0,3	Sala	9,00	6,52	I
		0,5	Sala	9,5	7,02	S
		0,7	Sala	9,87	9,96	S
telha fibroc. + LAJE CONCR.	1 Ren.	0,3	Sala	11,09	8,62	S
		0,5	Sala	11,92	9,45	S
		0,7	Sala	12,70	10,23	S

Observa-se que, para o período de inverno, todas as coberturas atingem algum nível de desempenho, sendo a melhor situação no uso da laje de concreto. No verão, apenas a cobertura formada por fibrocimento e laje de concreto no $\alpha=0,3$ atende ao desempenho mínimo da Ref. [2] para qualquer nível de ventilação. A mesma cobertura com $\alpha=0,5$ somente atende a norma com 5 ren/h ou com 1 ren/h e sombreamento. No caso da $\alpha=0,7$ são necessárias 5 ren/h e sombreamento para atingir o mínimo de desempenho.

Quadro 3. Conforto térmico adaptativo.

Tipo de Cobertura	Norma	α	FRIO	CALOR	CONFORTO
telha de fibrocimento	1 Ren.	0,3	37,1%	17,3%	45,6%
		0,5	27,1%	30,0%	42,9%
		0,7	20,7%	39,3%	40,1%
	5 Ren.	0,3	37,1%	17,3%	45,6%
		0,5	32,0%	25,0%	43,1%
		0,7	25,9%	32,5%	41,5%
	1 Ren. + Somb.	0,3	38,6%	15,0%	46,5%
		0,5	30,0%	26,3%	43,7%
		0,7	23,8%	34,1%	42,0%
	5 Ren. + Somb.	0,3	40,3%	13,2%	46,5%
		0,5	33,7%	22,0%	44,3%
		0,7	29,2%	29,6%	41,2%
telha de fibr. + FORRO de PVC	1 Ren.	0,3	38,6%	8,8%	52,6%
		0,5	32,4%	19,3%	48,2%
		0,7	25,8%	32,2%	42,0%
	5 Ren.	0,3	38,6%	8,8%	52,6%
		0,5	36,9%	15,0%	48,0%
		0,7	32,3%	22,2%	45,5%
	1 Ren. + Somb.	0,3	41,0%	6,8%	52,2%
		0,5	36,2%	14,0%	49,7%
		0,7	32,0%	20,8%	47,2%
	5 Ren. + Somb.	0,3	42,4%	7,5%	50,1%
		0,5	39,2%	12,3%	48,5%
		0,7	36,2%	16,2%	47,5%
telha de fibr. + LAJE de CONCRETO	1 Ren.	0,3	40,5%	3,4%	56,1%
		0,5	35,9%	8,6%	55,5%
		0,7	30,4%	24,0%	45,6%
	5 Ren.	0,5	39,1%	7,5%	53,4%
		0,7	35,5%	13,2%	51,3%
	1 Ren. + Somb.	0,5	40,0%	3,7%	56,4%
		0,7	37,4%	6,4%	56,3%
	5 Ren. + Somb.	0,7	42,1%	4,9%	53,0%

Na análise do conforto térmico adaptativo, entre as três absorptâncias estudadas, pode-se confirmar que as situações de maior conforto são as coberturas que utilizam laje de concreto, com taxa de desconforto por calor muito inferior ao frio. O uso do forro de PVC é uma situação intermediária de conforto entre

a presença de laje ou sem câmara de ar, como visto no Quadro 3. Percebe-se também que a configuração com laje e $\alpha=0,7$ há maior desconforto por calor do que por frio. O mesmo caso para $\alpha=0,5$ em coberturas que não possuem câmara de ar.

Concluiu-se ainda que a estratégia de sombreamento alcançou níveis de conforto um pouco maiores que o aumento no número de renovações de ar, e que o nível de conforto é relativamente igual para cobertura com laje de concreto que tenham $\alpha=0,3$ e 1ren/h ou com $\alpha=0,5$ e sombreamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, observou-se que a absorptância solar é decisiva no desempenho de coberturas e o uso da laje de concreto em sua composição é a única opção que atende a Ref. [2] para a ZB2, além de ser opção de maior percentual de conforto térmico. O sombreamento das aberturas e a ventilação mostraram-se determinantes no comportamento térmico da edificação.

REFERÊNCIAS

- [1] S. B. Büttner. “Avaliação de desempenho térmico e energético de coberturas em clima tropical continental”. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [2] ABNT. “NBR 15575 – Edificações habitacionais: Desempenho”. Rio de Janeiro, 2013.
- [3] ASHRAE. “Ansi/Ashrae 55: Thermal environmental conditions for human occupancy”. Atlanta, GA, 2010.
- [4] M. G. Flores. “Geração da base climática de Santa Maria - RS - Para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações”. Dissertação. UFSM. Santa Maria, 2014.
- [5] INMETRO. “Requisitos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R”. Brasil, 2012.