

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica

ANÁLISE DA DENSIDADE DE FLUXO DE CALOR PARA DIFERENTES MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM FECHAMENTOS OPACOS HORIZONTAIS NA LATITUDE 30° SUL¹

ANALYSIS OF HEAT FLOW DENSITY FOR DIFFERENT CONSTRUCTION METHODS IN HORIZONTAL OPACIAN LOCKS IN LATITUDE 30 ° SOUTH

Marciele Buch Megier², Tenile Rieger Piovesan³, Leonardo De Ávila Fernandez⁴

¹ Projeto de pesquisa realizado no curso de engenharia civil da UNIJUI

² Acadêmico (a) do DCCEng - Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI no Curso de Engenharia Civil. E-mail: marcielemegier@hotmail.com

³ Professora. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade do Federal de Santa Maria, Professora do DCCEng-Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI nos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. E-mail: tenile.piovesan@unijui.edu.br

⁴ Acadêmico (a) do DCCEng - Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI no Curso de Engenharia Civil. E-mail: leonardopenocha@gmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo Lamberts et al (2014), a Arquitetura deve ser vista como um elemento que precisa ter eficiência energética. Diretamente ligada a esta ideia, tem-se a concepção de conforto térmico. Para a ASHRAE (2005), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. No momento em que o balanço de todos os traços de calor aos quais o corpo está submetido for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico.

Na construção civil existem diversos métodos construtivos para fechamentos opacos horizontais, que combinam diferentes materiais, tanto para o fechamento quanto para o revestimento, resultando em diferentes espessuras, o que interfere diretamente no fluxo de calor entre ambientes. Através da análise do fluxo de calor de diferentes combinações de materiais utilizados na construção, busca-se, através deste trabalho, determinar qual combinação terá a menor troca de calor entre ambiente interno e externo, visando o conforto térmico no verão e inverno sem a utilização de climatização no ambiente, gerando assim, conforto térmico.

FLUXO TÉRMICO E FECHAMENTOS OPACOS HORIZONTAIS

Conforme Frota e Schiffer (2007) tem-se diferentes combinações, com condutividade térmica (λ), espessura (L) dos materiais podendo ser variada a fim de condicionar uma análise também em função da espessura dos materiais. A relação entre estas variáveis resulta na resistência térmica (R) do material.

Segundo Lamberts et al (2014) com o valor da resistência térmica total, ou seja, de todos os materiais que serão utilizados na composição da parede, é possível calcular a transmitância térmica (U) e posteriormente é possível calcular a densidade de fluxo Q (W/ m²) de calor.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica

Um fator determinante nas condições de conforto térmico de um ambiente são as propriedades térmicas dos elementos construtivos escolhidos para compor o mesmo. Segundo Lamberts et al (2014), os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas. Para a análise de conforto térmico em estudo, considerou-se os fechamentos opacos, onde a transmissão de calor ocorre devido à diferença de temperatura interna e externa. Uma característica importante dos fechamentos é sua inércia térmica, pois o calor pode ser absorvido tanto do interior quanto do exterior do ambiente, dependendo de onde o ar possui maior temperatura, sendo que quanto maior a inércia térmica, maior o calor retido.

METODOLOGIA

A fundamentação do estudo parte da questão da eficácia e visa planejar uma residência com eficiência energética, considerando apenas conforto térmico, propondo uma temperatura interna sempre agradável (conforme conceitos apresentados por Lamberts et al (2014) e Frota e Schiffer (2007)), tanto no inverno quanto no verão, sem haver a dependência de aparelhos elétricos, tal como ar condicionado.

Com base em pesquisas e respeitando a norma NBR 15220-2/2003, foi realizada uma simulação de dados no editor de planilhas Microsoft Office Excel, utilizando os valores das características dos materiais analisados, obtidos através de pesquisa bibliográfica. Foram comparados diferentes métodos e combinações de materiais, visando determinar qual o melhor para vedação e revestimento de uma parede.

Primeiro determinou-se a condutividade térmica e a espessura dos materiais que seriam utilizados no comparativo. Posteriormente, foi possível conforme Lamberts et al (2014), obter a Resistência térmica (R) de cada material, dada pela equação 1. Para a continuação do cálculo utilizou-se a resistência térmica total, obtida através do somatório das resistências térmica dos constituintes e superficial externa e interna, conforme a equação 2.

$$\text{Equação 1: } R = L/\lambda \text{ [m}^2 \text{ K/W]}$$

$$\text{Equação 2: } R_T = R_{SE} + R + R_{SI}$$

Sendo:

RSE = Resistência superficial externa

RSI=Resistência superficial interna

R=Soma das resistências dos materiais que compõem a combinação.

Com o valor da Resistência térmica total, foi possível calcular a transmitância térmica (U), dada pela equação 3. E por fim calculou-se a densidade de fluxo de calor para o verão, conforme equação 4, e para o inverno, conforme equação 5, considerando incidência direta de sol na parede, durante o verão.

$$\text{Equação 3: } U = 1/R_T \text{ [W/ m}^2 \text{ K]}$$

$$\text{Equação 4: } Q = U (R_{se} \cdot I \cdot \alpha + (T_e - T_i))$$

$$\text{Equação 5: } Q = U(T_e - T_i)$$

Sendo:

Q=Densidade de fluxo de calor [W/ m²]

U=Transmitância térmica [W/ m² K]

Rse= Resistência superficial externa [m² K / W]

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica

I=Radiação solar (W)

α =absortividade da superfície externa do fechamento

Te= Temperatura externa do ambiente (°C)

Ti= Temperatura interna do ambiente (°C)

RESULTADOS

Conforme metodologia descrita, foram determinados alguns materiais, valor da sua condutividade térmica (λ), bem como a espessura, sendo parte destes industrializados com dimensões pré-definidas e outros estipulados de acordo com pesquisa, calculou-se a resistência superficial de cada material, conforme descrito na Tabela 01.

Nº	MATERIAIS	ESPESSURA L(cm)	λ	R
1	Bloco de Concreto	9	0,91	0,099
2	Argamassa de Cimento	1	0,85	0,012
3	Gesso	1,25	0,35	0,036
4	Azulejo	1,25	0,46	0,027
5	Porcelanato	0,5	0,4	0,013
6	Tijolo Maciço	9	0,72	0,125
7	Tijolo Furado	12,5	0,91	0,137
8	Paredes de Concreto	10	1,75	0,057
9	Granito	2,5	3,5	0,007
10	Lã de Rocha	4	0,04	1
11	Lã de Vidro	4	0,04	1
12	Ar	10	0,023	4,348

Fixando o valor de Rse (Resistência Superficial Externa) e Rsi (Resistência Superficial Interna), respectivamente 0,04 m²K/W e 0,13 m²K/W, conforme Lamberts et al (2014, p.59), foram calculadas a resistência superficial total e a transmitância térmica. A combinação de materiais utilizados como comparativo para a análise segue conforme a combinação feita na Tabela 02.

Tabela 02: Combinação dos materiais constituintes

Métodos Analisados:

- 1- Argamassa de cimento + Bloco de concreto + Argamassa de cimento
- 2- Argamassa de cimento + Tijolo maciço + Argamassa de cimento
- 3- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Argamassa de cimento
- 4- Tijolo maciço + Argamassa de cimento

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica

Métodos Analisados:

- 5- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Argamassa de cimento + Revestimento em Granito
- 6- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Lã de Rocha + Tijolo Furado + Argamassa de Cimento
- 7- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Ar + Tijolo Furado + Argamassa de cimento
- 8 - Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Argamassa de cimento + Revestimento cerâmico
- 9- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Argamassa de cimento + Revestimento em Porcelanato
- 10- Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Gesso

Para a radiação solar incidente no fechamento (I) foi adotado o valor de 715 W/m^2 , de acordo com Frota e Schiffer (2007), sendo considerada a Latitude 30° Sul (Região de Porto Alegre-RS). O valor considerado é da pior condição possível para a região no verão, considerando que a parede se localize a Oeste, no horário mais crítico de um dia de verão. Para obter-se o valor do fluxo de calor (Q), utilizou-se como temperatura do ambiente externo e interno valores fictícios de verão e de inverno, sendo, temperatura externa de verão 38°C , temperatura interna de verão 22°C , temperatura Externa de inverno 5°C e temperatura interna de inverno 20°C .

Tabela 03: fluxo de calor de cada combinação

Nº	RT	U	α (alfa)	I	q (W/m ²) Verão	q (W/m ²) Inverno	q (W/m ²) Variação
1	0,26	3,42	0,2	715	74,27	-51,29	125,57
2	0,32	3,14	0,2	715	68,19	-47,09	115,28
3	0,33	3,02	0,2	715	65,64	-45,33	110,97
4	0,31	3,26	0,2	715	70,8	-48,9	119,7
5	0,34	2,96	0,2	715	64,25	-44,37	108,63
6	1,47	0,68	0,2	715	14,79	-10,22	25,01
7	4,82	0,21	0,2	715	4,51	-3,11	7,62
8	0,36	2,79	0,2	715	60,66	-41,89	102,55
9	0,34	2,91	0,2	715	63,25	-43,68	106,93
10	0,35	2,82	0,2	715	61,21	-42,27	103,48

O ar possui baixa condutividade térmica, apenas 0,023, a menor dentre os possíveis isolantes térmicos analisados. Por não ser um material industrializado e com dimensões definidas, é possível variar a espessura da camada de ar que se deseja utilizar para isolamento térmico, o que interfere nos resultados, possibilitando o dimensionamento de uma camada que atenda às

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica

necessidades do ambiente.

Como a Resistência é calculada através da divisão da espessura pela condutividade térmica, quanto maior a espessura e quanto menor a condutividade térmica, maior será a Resistência e consequentemente mais estável será o fluxo de calor. Apesar da condutividade térmica do tijolo furado ser brevemente maior que a do tijolo maciço e igual a de blocos de concreto, o tijolo furado apresenta espessura consideravelmente maior que os demais materiais de vedação analisados, resultando em uma maior resistência térmica. Como as dimensões de tijolos e blocos são definidas de fábrica, a análise considerou os mais usuais em obras.

Todas as combinações analisadas utilizaram argamassa de cimento, portanto pode-se concluir que esta não teve grande influência nos resultados obtidos.

Após toda análise pode-se verificar que, desconsiderando o custo de implantação, o método construtivo que apresentaria melhor eficiência térmica, por apresentar menor variação do fluxo de calor, seria o que se utilizaria de Argamassa de cimento + Tijolo Furado + Ar + Tijolo Furado + Argamassa de cimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que ao analisar a absorção de calor de cada material e a sua condutividade térmica, é possível calcular o fluxo de calor entre o ambiente externo e interno de uma residência, desta forma podendo determinar os materiais mais indicados na construção de um imóvel quando se pensa o conforto térmico.

Torna-se interessante esta informação quando se visa criar a construção ideal, de forma a economizar energia futura em aquecimento ou resfriamento do ambiente interno. Cabe um estudo mais profundo, para executar uma análise mais completa, que considere toda uma residência e não apenas uma parede, além de ser necessária a análise de viabilidade econômica.

Palavras-Chave: Transmitância, Conforto, Construção, Ambiente

Keywords: Transmittance, Comfort, Construction, Environment

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE, Handbook of fundamentals. **American society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, New York. USA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, ano. 2003.

FROTA A.B., SCHIFFER S. R. **Manual de conforto térmico**: 8ª edição, Studio Nobel, São Paulo: 2007.

LAMBERTS R., DUTRA L., PEREIRA F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**: 3ª edição. Eletrobrás/Procel: 2014.