

PAREDE ADIABÁTICA: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

ANDRADE, Telma; FREIRE, Tereza; NERY, Jussana
Instituto de Física; Faculdade de Arquitetura
Laboratório de Conforto Ambiental
Universidade Federal da Bahia

RESUMO

Para minimizar o efeito negativo da radiação solar incidente em superfícies verticais excessivamente expostas, foi idealizada e construída uma parede adiabática cujo desempenho térmico é analisado através de um estudo teórico-experimental.

ABSTRACT

An adiabatic wall was designed and constructed in order to minimize the negative effects of excessively exposed vertical walls to solar radiation in warm climates. Its thermal performance was analysed theoretically and through an experimental study.

INTRODUÇÃO

Em regiões de baixas latitudes, a maior intensidade da radiação solar incide em superfícies horizontais ou aproximadamente horizontais, como as coberturas das edificações. Sobre superfícies verticais, em função da sua orientação, pode chegar a incidir cerca de 40% do valor total recebido pelas superfícies horizontais cuidados no tratamento das superfícies verticais são requeridos para minorar as condições de desconforto térmico nestas regiões, em virtude da significativa quantidade de calor transmitido para o interior da edificação; a razão entre as áreas da parede e cobertura pode reforçar o cuidado neste tratamento.

Regionalmente, utiliza-se uma parede convencional de bloco cerâmico de seis furos (processo de fabricação, em geral, não homogêneo) revestido com argamassa de cimento, areia e caulim, que tem sido bastante difundida/aplicada, com poucas exceções, em edificações em geral. Acredita-se que o seu desempenho térmico parece atender às exigências dos ocupantes de edificações nestas regiões, premissa esta que deve ser examinada com critérios científicos.

Com a finalidade de reduzir a transmissão de calor para o ambiente interno através de superfícies verticais, excessivamente expostas à radiação solar, idealizou-se uma parede adiabática, que funciona como barreira a radiação térmica. O sistema projetado e construído baseia-se nos princípios de retirada de calor por convecção e no comportamento diferenciado dos materiais construtivos, frente à radiações de diferentes comprimentos de onda.

O EXPERIMENTO

O sistema construído é formado por uma parede dupla com câmara de ar, com orientação 78°NW, composta por 7 camadas, dispostas conforme a Figura 1: a camada 1, exterior, e camada 7, interior, são o reboco da parede com argamassa de traço 1:4 e espessura de 2 em; as camadas 2 e 6 são de alvenaria de bloco de 6 furos com 9cm de espessura; uma placa metálica galvanizada (óxido de zinco) constitui a camada 4 que subdivide o espaço interno em uma câmara de ar ventilada de 10 em, camada 3, e uma segunda câmara de ar semi-confinada, com mesma espessura, camada 5. As camadas 1 e 2 contém duas linhas de tijolos vazados, internamente telados que funcionam como

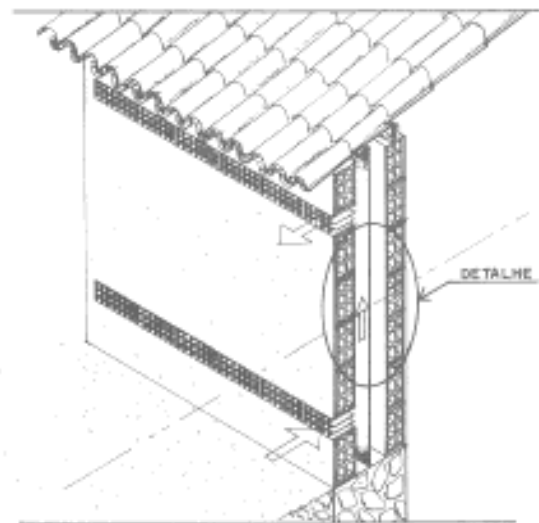


Figura 1A: Desenho esquemático da parede adiabática

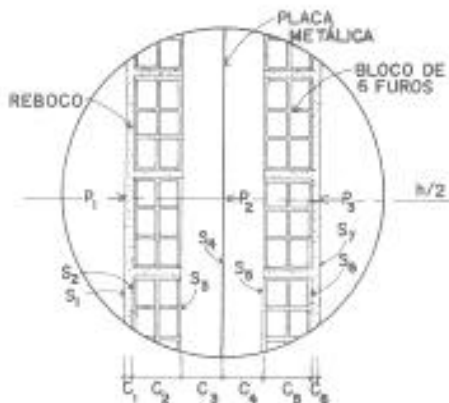


Figura 18: Detalhe construtivo da parede adiabática

C_1 a C_6 : Camadas que compõem a parede adiabática
 S_1 a S_7 : Superfícies das camadas
 P_1, P_2, P_3 : Pontos de medição

entrada e saída de ar- A Figura 1 representa o desenho esquemático do sistema e as Fotos 1 e 2 ilustram o sistema construído.

Utilizou-se a placa metálica por sua alta refletância à radiação de onda longa e conseqüente baixa emitância, com a finalidade de reduzir a transmissão de calor entre as duas superfícies paralelas da parede adiabática. Ao contrário dos metais, os materiais de construção usualmente empregados, absorvem radiação de onda longa.

Estimou-se, teoricamente, para um sistema similar sem ventilação, que apenas cerca de 5% da radiação incidente seriam transmitidos para o interior - Este percentual pode ser considerado significativamente baixo e adequado quando necessita-se evitar o ganho de calor. Este resultado foi obtido utilizando-se os valores dos coeficientes de reflexão, absorção, emissão e condutividade térmica dos

materiais envolvidos, encontrados em literatura pertinente (COSTA,1974; TURIK,1988; GIVONI,1976; FROTA,1988). Pressupõe-se que o sistema construído Apresenta desempenho superior ao estimado.

Objetivando-se quantificar o desempenho térmico da parede adiabática adotou-se uma metodologia de cálculo baseada em Holman (1976) e Mackey e Wright (GOMES,1962), utilizando-se dados das temperaturas superficiais externa e interna obtidos pelas medidores "in loco" do sistema construído e de uma parede convencional contígua

METODOLOGIA

Para o equacionamento da troca de calor entre as superfícies paralelas intermediadas pela barreira radiante, superfícies 3 e 5, construiu-se, para o período monitorado de 72 horas, a curva horária de temperatura Da superfície 3, a partir dos dados medidos.

Conforme Holman (1976), uma barreira de radiação não acrescenta ou retira calor do sistema, embora ofereça uma dada resistência A passagem de calor, e retarde a sua transmissão. O fluxo térmico, por radiação, entre a superfície 3 e esta barreira - superfície 4, deve ser precisamente o mesmo que aquele entre a barreira e a superfície 5, o que corresponde à transmissão de calor total.

A troca de calor por radiação entre superfícies planas, paralelas e infinitas, intermediada por barreira radiante, é calculada através da seguinte equação, (HOLMAN,1976):

$$q/A = \epsilon(T_3^4 - T_4^4)/(1/\epsilon_3 + 1/\epsilon_4 - 1) = \epsilon(T_4^4 - T_5^4)/(1/\epsilon_2 + 1/\epsilon_5 - 1) \quad (1)$$

onde:

σ : constante de Stefan-Boltzman: $4,96 \times 10^8$ (Kcal/m²K⁴)

T: temperatura absoluta (K)

ϵ : emissividade

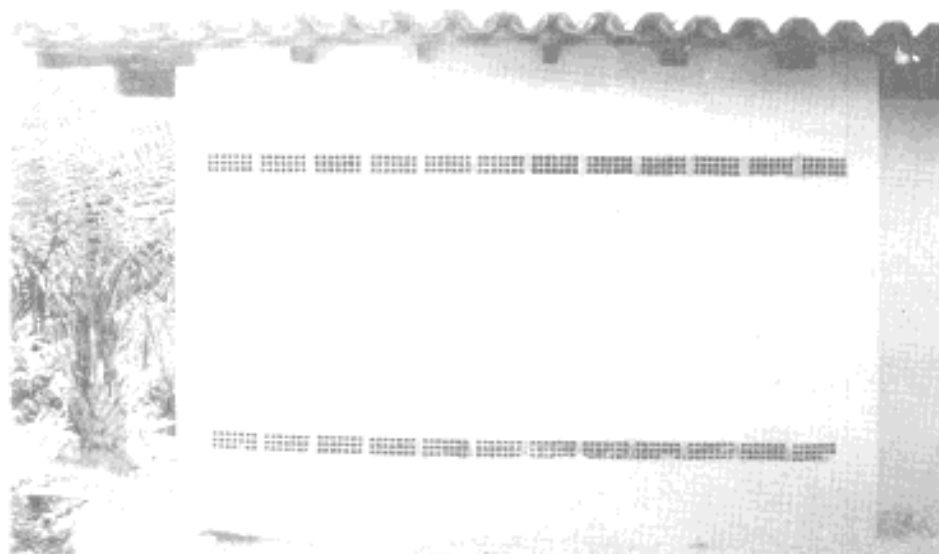


Foto 1: Vista frontal da parede adiabática

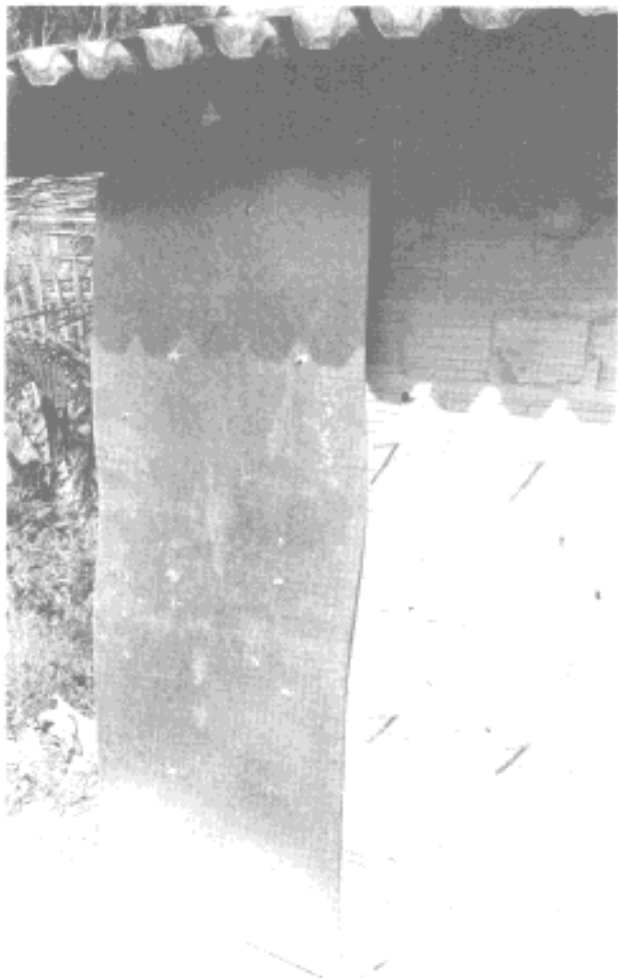


Foto 2. Detalhe construtivo da parede adiabática

Os materiais construtivos das superfícies 3 e 5 são iguais, com mesmos coeficientes de emissividade, ou seja, $\epsilon_3 = \epsilon_5$. Teoricamente, a única incógnita nesta equação é a temperatura superficial da barreira. Uma vez que é possível obter-se experimentalmente esta temperatura por meio de medição, a transmissão de calor pode, então, ser calculada

Medições "in loco"

As temperaturas superficiais das paredes adiabática e convencional foram medidas, por um período ininterrupto de 72 horas, com o auxílio de um termômetro superficial de bancada, nos pontos indicados na Figura 18. Simultaneamente foram medidas as temperaturas de bulbos seco e úmido, a temperatura de globo e a direção e velocidade do vento em postos situados nos ambientes interior e exterior às paredes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parede convencional

Aplicando-se a metodologia de Mackey e Wright (GOMES,1962), obtêm-se os valores para os coeficientes de amortecimento (μ) e tempo de retardo da onda de calor (ϕ) (Tabela 1),

utilizando-se os valores de condutividade térmica, densidade e calor específico considerados como os mais aproximados em função da especificação dos materiais' construtivos empregados (COSTA,1974; GOMES,1962; FROTA,1988; TURIK,1988). Os valores de μ e ϕ concordam com valores calculados e publicados em bibliografia pertinente (TURIK,1988).

PAREDE CONVENCIONAL	μ	ϕ (horas)
Metodologia: Mackey e Wright	0,24	3,66
Análise gráfica	0,23	1,00

Tabela 1: Coeficientes de amortecimento (μ) e tempo de retardo (ϕ) da parede convencional.

Através da observação das curvas resultantes das medições, observou-se uma nítida discordância entre os valores dos coeficientes de amortecimento e tempo de retarda calculados segundo Mackey e Wright. Alternativamente, desenvolveu-se uma análise gráfica para obtenção dos coeficientes com base nos dados reais.

Na Figura 2 são apresentadas as curvas horárias das temperaturas superficiais interna (T_{Si}) e externa (T_{Se}). Para aferição das amplitudes máximas das referidas curvas e conseqüente determinação gráfica dos coeficientes de amortecimento e de tempo de retardo (Tabela 1), foi assumido como eixo relativo de referência o valor de 26,1 °C, correspondente ao valor médio do intervalo de inversão do sentido do fluxo de calor o eixo de referência representa $T_{Se} = T_{Si}$.

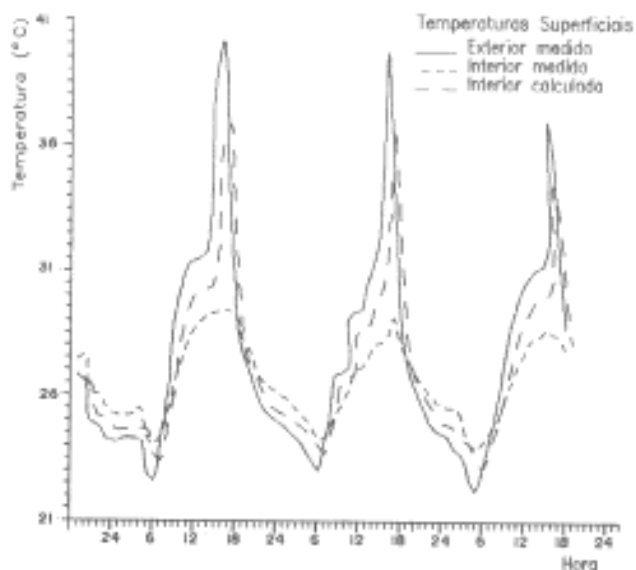


Figura 2: Curvas de temperaturas superficiais da parede convencional

Apesar da semelhança dos valores dos coeficientes de amortecimento obtidas com as referidas metodologias, a discrepância no tempo de retardo levou a adoção dos valores da análise gráfica, desprezando-se os resultados calculados através da primeira metodologia.

Com os coeficientes μ e ϕ selecionados, calculou-se a curva da temperatura superficial interna (Figura 2), que aproxima-se razoavelmente da curva construída com os dados medidos, com exceção dos horários de pico em cada dia analisado.

Parede Adiabática

Considerando-se que as duas primeiras camadas da parede adiabática apresentam comportamento similar à parede convencional, frente à transmissão de calor por condução, os coeficientes resultantes da análise gráfica desta parede foram utilizados para construir a curva de temperatura da superfície 3 da parede adiabática. Esta curva deve apresentar valores superestimados, considerando-se que (a) não foi estimada a retirada de calor por convecção na câmara de ar ventilada, e (b) a parede adiabática não apresenta reboco na faces internas das superfícies 3 e 5.

Os valores superestimados caracterizam uma condição mais desfavorável que a condição real. Sendo o principal objetivo em climas quentes, a redução da carga térmica no interior, o sistema construído vai certamente apresentar valores mais apropriados para a obtenção do conforto térmico no ambiente.

A transmissão de calor por radiação entre as superfícies 3 e 4, e 4 e 5 (que delimitam os espaços de ar), foi calculada a partir da equação 1, para resolver o problema de descontinuidade ocasionada pela presença da barreira radiante na parede adiabática.

Por simetria axial em relação à placa metálica (superfície 4) obteve-se a curva da temperatura na superfície 7, tendo sido aplicado o mesmo procedimento descrito para obtenção das temperaturas horárias na superfície 3. A Figura 3 mostra a curva assim calculada, e as curvas de temperatura da mesma superfície e da superfície externa, construídas com os dados medidos.

As curvas de temperatura superficial calculadas para as paredes convencional (Figura 2) e adiabática (Figura 3) ainda apresentam discrepância em relação ao amortecimento observado nas curvas medidas, indicando a necessidade de novas simulações, porém representando um avanço em relação à quantificação usualmente empregada. Os picos máximos das curvas de temperatura superficial externa da parede adiabática apresenta valores superiores aos picos de temperatura na parede convencional, devido à sombra projetada nestes momentos sobre a última parede. A parede adiabática encontra-se submetida às condições mais rigorosas de incidência da radiação solar.

Durante o procedimento experimental, todas as esquadrias permaneceram abertas para compatibilizar com o pressuposto da igualdade entre as temperaturas do ar na quantificação da transmissão de calor. A Figura 4, onde são apresentadas as curvas de temperatura de bulbo

seco no exterior e interior, e a temperatura na superfície 7, mostra que existe uma boa aproximação entre as temperaturas do ar, referenciando o pressuposto inicial.

A parede adiabática, como esperado, parece não ser afetada pelas variações de temperatura no exterior. Pode-se perceber na Figura 3 que os picos máximos, e mínimos das curvas medidas exterior e interior coincidem, sugerindo que o comportamento da curva de temperatura medida na superfície interior (superfície 7) deve-se à variação da temperatura do ar do ambiente interno. Como a condução de calor pelo ar é substancialmente pequena, a superfície 7 da parede adiabática, manteve-se com temperaturas inferiores à do ar.

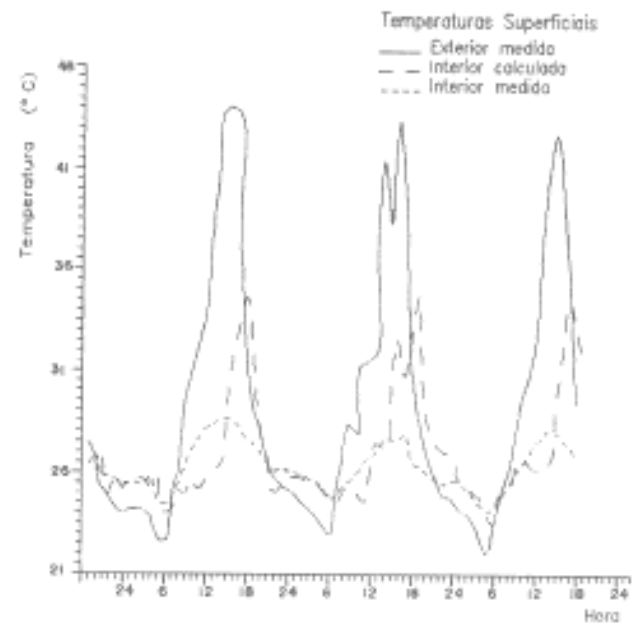


Figura 3: Curvas de temperaturas superficiais da parede adiabática

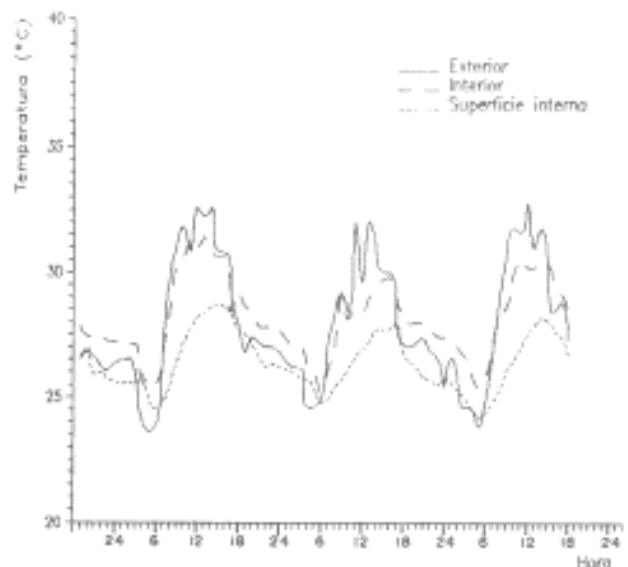


Figura 4: Curvas de temperaturas de bulbo seco e superficial da parede adiabática

Esta condição indica que a superfície 7 atua como um sumidouro de energia, retirando calor do ambiente interno e favorecendo a capacidade de perda de calor dos usuários por radiação, melhorando as condições de conforto térmico

CONCLUSÃO

As curvas de temperatura medidas nas superfícies externa e interna desta parede sugerem que o sistema apresenta desempenho mais eficaz que o resultado obtido pelos cálculos.

Deve-se chamar a atenção às três simplificações introduzidas, a saber: (1) temperatura do ar interior assumida como igual a temperatura do ar exterior, (2) as faces internas das superfícies interiores da parede adiabática não foram revestidas com reboco, e (3) desprezou-se a retirada de calor por convecção do sistema. Quantificar esta convecção é objetivo de uma etapa subsequente neste trabalho,

Os instrumentos utilizados nas medições "in loco" introduzem desvios considerados desprezíveis frente às simplificações adotadas nos procedimentos.

O sistema construído reduz significativamente a transmissão de calor do exterior para o ambiente interno, comprovando-se a eficácia de sua aplicação em climas quentes.

O efeito benéfico produzido sobre o conforto térmico dos usuários, pelo comportamento da parede adiabática fica evidenciado pela análise gráfica e cálculos desenvolvidos

Observa-se que a parede comportou-se, no caso estudado, como um sumidouro de energia.

AGRADECIMENTOS

Registro Fotográfico: fotógrafo Manu Dias
Desenhos: estagiário André Luís Cardoso Santos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 COSTA, E. C. da "física aplicada à construção: conforto" 2ª ed. São Paulo. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Blücher.1974

2. FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. "Manual de conforto térmico" São Paulo, Nobel. 1988

3 GIVONI, B- "Man, climate and architecture", London, Applied Science Publishers Ltd, Second Edition, 1976.

4 GOMES, R.J. "Condições climáticas da envolvente dos edifícios para habitação" Lisboa. Ministério das Obras Públicas. LNEG.

5 HOLMAN, J- P. "Heat transter", NeW York. McGraw-Hill Book Company, Fourth Edition, 1976.

6 TURIK, N. "Estabelecimento de exigências de desempenho higrótérmico da envolvente de habitações populares térreas: estudo aplicado à casa COHAB Tipo RS 16-1. 3~42" (Dissertação de Mestrado UFRGS, 1985)_ Porto Alegre. CIENTEC. 1988.