

ESTUDO COMPARATIVO DO ISOLAMENTO TÉRMICO DE ALVENARIAS DE DIFERENTES ESPESSURAS EXECUTADAS COM BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS EM GURUPI-TO.

Marco Antonio Tonellotto¹, Ana Luiza Lago de Almeida², Pablo Henrique Dias Lima³, Clerson Dalvani Reis⁴

¹Estudante do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <marco1709@outlook.com>

²Estudante do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. Voluntária do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <analuzalagoalmeida@gmail.com>

³Estudante do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. Voluntário do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <pabloifto@outlook.com>

⁴Docente do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. Coordenador da pesquisa. e-mail: <clerson.reis@ifto.edu.br>

Resumo: Devido ao rigoroso clima quente da cidade de Gurupi-TO, as questões relacionadas ao conforto térmico nas edificações ganharam um papel de destaque uma vez que atuam diretamente no bem-estar de seus moradores e na eficiência energética desses ambientes. Todavia, assim como ocorre em grande parte das cidades brasileiras, a preocupação com tal fator se dá de forma tímida ficando restrita geralmente ao ambiente acadêmico. Uma das formas de elevar o desempenho térmico das habitações é por meio da escolha correta dos materiais principalmente das paredes e de seus respectivos revestimentos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar um comparativo do isolamento térmico proporcionado por paredes de blocos cerâmicos com espessuras variadas comercializados localmente. Assim, foi possível verificar que as paredes mais espessas registraram, em média, temperaturas até 7°C inferiores com taxas médias de variação consideravelmente menores do que aquelas de menor espessura.

Palavras-chave: eficiência, isolamento, paredes, temperatura

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Gurupi-TO apresenta clima quente com temperaturas altas que se estendem durante grande parte do ano. Neste aspecto, mesmo que o crescimento urbano se dê de forma lenta, o desmatamento de áreas verdes com o consequente aumento de áreas impermeáveis devido às pavimentações e edificações, contribuem para a elevação do desconforto térmico.

Dessa forma, o incremento das temperaturas no interior dos imóveis faz com que seja imprescindível a utilização de equipamentos de resfriamento que mitiguem o efeito nocivo do clima quente principalmente com o uso de condicionadores de ar, ventiladores e umidificadores que consomem razoável quantidade de eletricidade para seu funcionamento. Entretanto, é indubitável a necessidade social de se encontrar formas de diminuir o consumo mundial de energia não só pelos motivos financeiros, mas também porque a geração de energia, mesmo que limpa, acaba acentuando os impactos ambientais em um planeta cujo os recursos naturais estão cada vez mais escassos.

Uma das maneiras mais eficientes de racionalizar o uso de energia é por meio de projetos de edificações energeticamente eficientes, isto é, aquelas que possuam desenvolvimento arquitetônico voltado ao melhor aproveitamento da luz solar, incidência de ventos etc. Além disso, os materiais, quando escolhidos corretamente, podem produzir considerável aumento do desempenho térmico. Para

tanto, é essencial que os profissionais conheçam suas propriedades e assim elejam o seu melhor emprego diminuindo o coloquialmente chamado “calor” no interior das residências.

No entanto, Vuolo (2012), afirma que o calor é, na verdade, uma forma de energia que é transferida de um corpo quente para um corpo mais frio quando entram em contato térmico podendo ser produzida por meio de trabalho mecânico ocorrendo sua transmissão de três formas distintas: Condução, convecção e radiação. Neste contexto, pode-se citar a transmissão de calor como uma das mais importantes características quando da análise térmica pois acontece quando há energia em trânsito em razão de uma diferença de temperatura e suas propriedades incidem diretamente no conforto das habitações.

Intrinsicamente, o fluxo de calor ou taxa de fluxo de calor, segundo a NBR 15220 (2005), resulta da relação entre a quantidade de calor que passa por uma área por unidade de tempo e é essencial para a compreensão do comportamento térmico já que o calor é transportado, em geral, predominantemente por condução que ocorre, como especificado por Halliday e Resnick (2008), quando os átomos de um objeto vibram intensamente por causa da temperatura repassando as vibrações a outros átomos por meio de colisões. O fluxo de calor é adequadamente descrito pela lei de Fourier que, por sua vez, é dependente das características do aquecimento e dos materiais empregados na análise.

Um desses materiais diz respeito aos blocos cerâmicos que compõem o sistema construtivo de vedação mais comum da área de estudo. De acordo com Thomaz et al. (2009), eles são responsáveis não somente por formar geometricamente as paredes suportando as cargas impostas pela edificação (quando é o caso), mas também por garantir o isolamento acústico e térmico uma vez que suas áreas externas ficam profundamente expostas ao ambiente e suas condições climáticas.

Compreender o comportamento térmico e a transmissão de calor das alvenarias de blocos cerâmicos com espessuras distintas e quantificar suas respectivas capacidades isolantes, são fundamentais, segundo Silva (2003), para orientar engenheiros e arquitetos das vantagens técnicas que essas premissas podem prover às habitações quanto à economia de energia e ao bem-estar de seus usuários.

2 METODOLOGIA

Para a realização do estudo, foram executados protótipos de paredes de alvenaria cerâmica com os mesmos materiais e espessuras mais usuais das edificações da região, entretanto com dimensões reduzidas para a viabilização dos ensaios. Ao todo efetuou-se três diferentes modelos: P1, P2 e P3 com espessuras de projeto de 11, 16 e 21 cm respectivamente. Cada modelo contou com dois corpos de prova convencionando-se a todos largura e altura iguais a 60 cm. A quantidade de protótipos foi definida com

base na capacidade de armazenamento disponível inclusive para os materiais utilizados durante sua fabricação. O Quadro 1 apresenta suas características e as reais dimensões tomadas no ensaio.

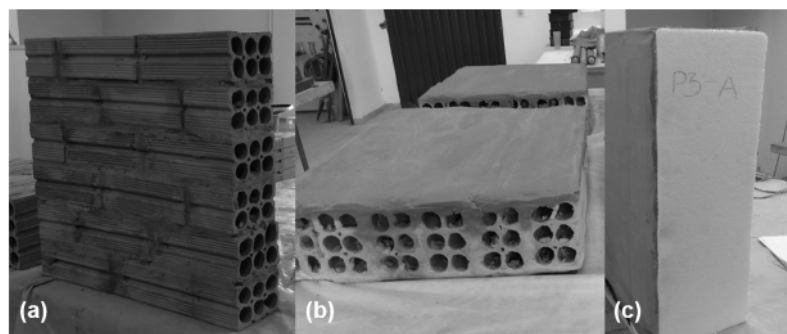
Quadro 1 – Caracterização das paredes utilizadas para a pesquisa

Nomenclatura	Dimensão (cm)	Blocos (cm)	Material	Quantidade de blocos	Assentamento
PI-A	62,1x57x11,1	9x19x24	Cerâmico	6 inteiros + 3 meios	Meia vez
PI-B	61x56,8x10,6	9x19x24	Cerâmico	6 inteiros + 3 meios	Meia vez
PII-A	61x58,2x16,6	9x14x24	Cerâmico	12 inteiros + 6 meios	Uma vez
PII-B	61,2x57,3x16,5	9x14x24	Cerâmico	12 inteiros + 6 meios	Uma vez
PIII-A	60x56,9x20,5	9x19x24	Cerâmico	12 inteiros + 6 meios	Uma vez
PIII-B	60,7x58,5x20,6	9x19x24	Cerâmico	12 inteiros + 6 meios	Uma vez

Fonte: autores, 2021.

Utilizou-se o mesmo traço (1:3) de cimento Ciplan Extraforte (CP-V) e areia lavada para a produção da argamassa de assentamento dos blocos e para os revestimentos externos, ambos com espessuras de aproximadamente 1 cm. Com o intuito de minimizar as perdas de transferência de calor para o ambiente e também para propor um cenário mais condizente com o real, as laterais dos corpos de prova foram vedadas com placas de EPS. A Figura 1 sintetiza as etapas que envolveram a construção dos modelos de paredes.

Figura 1 – Etapas de construção dos modelos de parede: (a) Assentamento dos blocos; (b) Revestimento; (c) Vedação nas laterais com placas de EPS.



Fonte: autores, 2021.

Para fazer o comparativo do desempenho térmico dos sistemas de paredes, coletou-se os dados de temperaturas das duas faces, a aquecida (face que recebia a fonte de calor diretamente) e a não aquecida dos seis protótipos possibilitando a geração de gráficos comparativos onde foram analisadas as diferenças. Os dados foram coletados por meio de termômetros de ponteira.

O modelo de ponteira, é o termômetro digital máximo e mínimo interno e externo da Jprolab, com limitações de temperatura (interna -20°C até + 70°C e externa -50°C até + 70°C) no qual permite monitoramento simultâneo de duas temperaturas no visor sendo a parte superior referente à leitura do ambiente e a inferior do contato da ponteira, esta com 0,5 cm de diâmetro e 2 cm de comprimento. A Figura 2 apresenta o modelo citado.

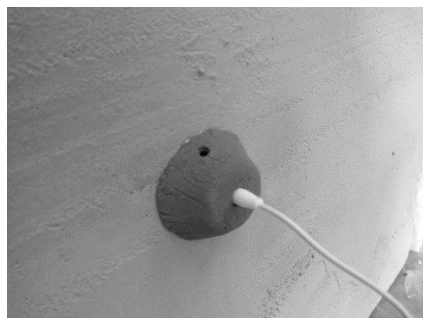
Figura 2 – Termômetro de ponteira



Fonte: autores, 2021.

As ponteiras foram acopladas nas faces aquecida e não aquecida com o auxílio de um suporte com formato de tronco de cone, conforme demonstrado na figura 3, com espessura de aproximadamente 1mm sendo o maior e o menor diâmetros de 5 cm e 3 cm respectivamente e altura de 2 cm, confeccionado manualmente com material cerâmico e dotado de um furo na parte superior para a circulação do ar quente com a finalidade de mitigar os efeitos de radiação e convecção os quais não foram considerados neste trabalho levando-se em conta apenas a condução. Já as ponteiras foram inseridas em orifícios de 0,5+0,2 cm de modo que houvesse um contato significativo entre sua superfície metálica e as faces do revestimento.

Figura 3 – Detalhe externo da ponteira acoplada na face não aquecida



Fonte: autores, 2021

Como fonte de calor utilizou-se um fogareiro elétrico com dois queimadores em espiral, com potência de 2000W, sendo 1000W para cada queimador que, dotados de termostato, mantiveram a temperatura sempre constante. Dessa forma, o equipamento foi disposto sobre uma estrutura de apoio improvisada com quatro blocos cerâmicos e duas cantoneiras de metal fixadas com cola quente. Assim, garantiu-se a estabilidade e a centralidade perante os corpos de prova a uma distância de 33 cm da face

aquecida dos elementos ensaiados. A fonte de calor fora configurada para a opção que forneceu a maior temperatura possível. Dados medidos com termômetro infravermelho indicaram temperaturas de cerca de 375°C no centro das serpentinas do equipamento.

Para o ensaio, deixou-se as ponteiros no mesmo ambiente até que atingissem a mesma temperatura. Em seguida, foram inseridas nas paredes, onde ficaram por mais cerca 20 minutos até que ambos medidores registrassem também a mesma marcação. Após, a fonte de calor fora acionada e as leituras das faces aquecidas e não aquecidas foram registradas por meio dos termômetros a cada 20 minutos até que o tempo estabelecido para o ensaio de 440 minutos fosse atingido.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

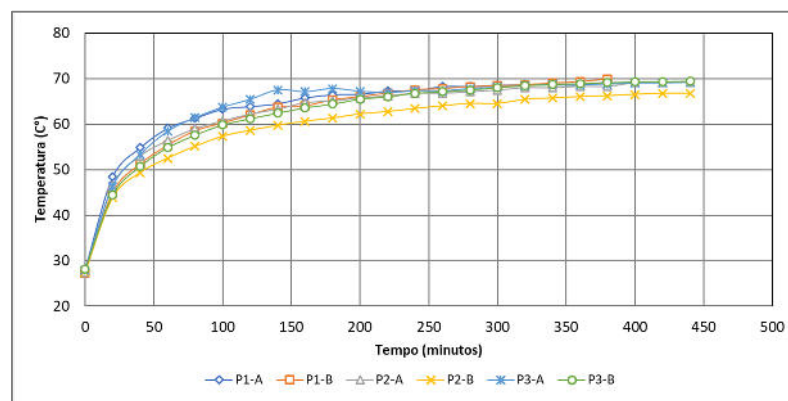
Em média, cada teste, isto é, o ensaio de cada corpo de prova, durou cerca de 7 horas e 20 minutos (440 minutos). A exceção se fez para as paredes do modelo P1 que, por limitações da aparelhagem para a medição de temperatura, teve de ser encerrado com 6 horas e 20 minutos (380 minutos) de duração.

3.1 FACE AQUECIDA

Para todos os corpos de prova ensaiados, a curva Tempo x Temperatura das faces aquecidas apresentou um comportamento extremamente similar ao que era esperado, isto é, um rápido aquecimento com significativas variações de temperatura durante as primeiras aferições até alcançar, nas verificações finais, uma marca constante com variações próximas de zero.

Devido aos corpos de prova estarem sujeitos às mesmas condições e possuírem poucas singularidades entre si, as curvas apresentadas no gráfico da figura 5 possuíram desempenhos semelhantes. Ressalta-se que devido às limitações dos termômetros de ponteira, a temperatura máxima nessas faces foi limitada a 70°C.

Figura 5-Variação da temperatura nas faces aquecidas dos corpos de prova com termômetro de ponteira

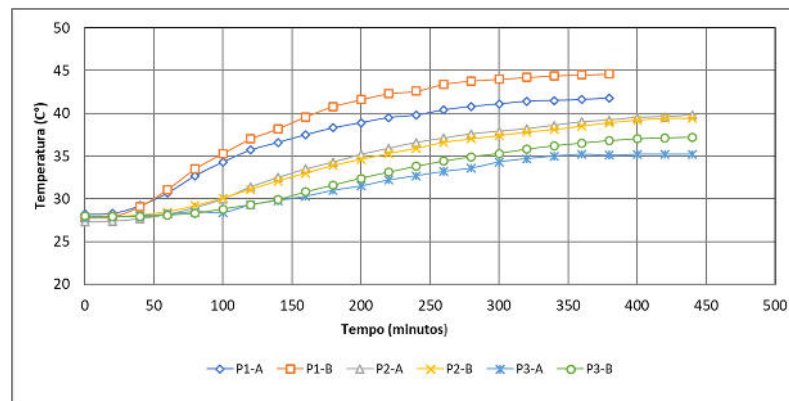


Fonte: autores, 2021

3.2 FACE NÃO AQUECIDA

É possível notar, conforme o gráfico abaixo, na figura 6, que para cada modelo de corpo de prova nas faces não aquecidas, existiu um período de tempo inicial ao qual não houve mudança de temperatura, em outras palavras, ela se manteve constante. Este intervalo de tempo foi tanto maior para os modelos de maior espessura.

Figura 6- Variação da temperatura nas faces não aquecidas de todos corpos de prova com termômetro de ponteira.



Fonte: Autores (2021).

3.3 COMPARATIVO

No gráfico acima é possível notar que este atraso térmico variou de aproximadamente 20 minutos para os modelos menos espessos até 60 minutos nos de maior espessura. Os dados coletados foram registrados e dispostos na tabela 1 que compila todas as informações coletadas na figura 6 com suas médias para os respectivos modelos além da temperatura ambiente aferida no instante da análise.

Tabela 1-Informações referentes às faces não aquecidas de cada corpo-de-prova (continua)

Modelo	Temperatura Máxima	Temperatura ambiente média	Taxa de variação (°C/min)	Início do aquecimento
P1-A	41,8°C	29,6°C	0,0413	Após 20 minutos
P1-B	44,6°C	29,5°C	0,0513	Após 20 minutos
Média P1	43,2°C	29,6°C	0,0463	20 minutos
P2-A	39,8°C	29,1°C	0,0313	Após 40 minutos
P2-B	39,4°C	29,3°C	0,0292	Após 40 minutos
Média P2	39,6°C	29,4°C	0,0303	40 minutos
P3-A	35,2°C	29,2°C	0,0197	Após 60 minutos

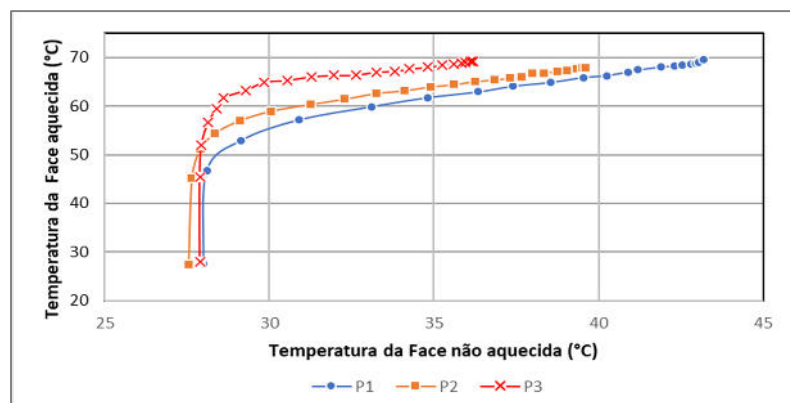
Tabela 1-Informações referentes às faces não aquecidas de cada corpo-de-prova (conclusão)

Modelo	Temperatura Máxima	Temperatura ambiente média	Taxa de variação (°C/min)	Início do aquecimento
P3-B	37,2°C	29,3°C	0,0247	Após 60 minutos
Média P3	36,2°C	29,3°C	0,0222	60 minutos

Fonte: Autores (2021).

Em complemento, a figura 7 ilustra melhor o comportamento das médias de aquecimento das faces não aquecidas dos três modelos levando-se em conta a temperatura registrada no seu lado oposto.

Figura 7-Variação média da temperatura nas faces não aquecidas dos três modelos concebidos com base nas marcações das faces aquecidas.



Fonte: autores, 2021

Cada anotação nas curvas apresentadas pelo gráfico da figura 7 representa um intervalo de medição, isto é, aquele obtido a cada 20 minutos e relaciona simultaneamente a média das temperaturas registradas na face aquecida dos protótipos de um mesmo modelo de corpo de prova com aquela registrada naquele exato instante para a face não aquecida dos respectivos elementos.

Pôde-se observar que, em geral, até os primeiros 40 minutos (duas primeiras averiguações) embora a temperatura ao lado aquecido tenha aumentado substancialmente, no lado oposto, porém, não houve uma variação significativa. Isto ocorreu pois, em um primeiro momento, as características dos materiais imediatamente adjacentes ao lado aquecido forneceram determinada resistência e impediram que a energia térmica migrasse por condução de imediato e com a mesma intensidade ao lado oposto. É visível também que durante as etapas finais dos testes, o incremento das temperaturas para todas as faces não aquecidas apresentou variações bem menos expressivas em relação àquelas registradas anteriormente aproximando-se do regime estacionário, ou seja, quando a distribuição das temperaturas dentro de um corpo não mais varia com o tempo notando-se, então uma estabilidade dos registros. A

tabela 2 resume os percentuais de variação da temperatura para os três modelos ensaiados durante a análise com base em todos os correspondentes valores apresentados na figura 7 e obtidos pela razão entre a temperatura registrada na face não aquecida por aquela assinalada no lado aquecido durante uma mesma aferição.

Tabela 2-Quantificação da porcentagem de variação da temperatura da face aquecida para a face não aquecida.

Modelo	% máxima de variação de temperatura	% mínima de variação de temperatura	% média de variação de temperatura
P1	62,07%	54,02%	59,69%
P2	58,28%	50,93%	55,24%
P3	52,24%	45,96%	49,86%

Fonte: Autores (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos comparativos obtidos por meio dos dados dos ensaios, conclui-se que o modelo P3, isto é, aquele mais espesso foi capaz de apresentar um aquecimento inicial mais lento bem como registrar uma temperatura final na face não aquecida em média 19,3% inferior àquela constatada ao seu par P1. Isto se deve, em teoria, ao fato de que os modelos de maior densidade apresentam maior resistência térmica indicando que nem toda a energia absorvida no lado aquecido é capaz de ser transmitida ao seu lado oposto. As paredes do modelo P2 (medianamente espessas) apresentaram comportamento intermediário e as do P1 (menos espessas), em termos de isolamento térmico, apresentaram os piores resultados.

É natural também pensar que a utilização de alvenarias mais espessas poderia acarretar em custos mais elevados na construção de uma habitação uma vez que requereriam mais materiais ou mesmo reforços das estruturas para sua estabilidade. Todavia, esta premissa não pode ser tomada como uma verdade absoluta já que para cada caso haveria a necessidade de um estudo térmico específico que levaria em conta as necessidades de seus moradores além da precificação da energia elétrica, incidência solar no ambiente, manutenção dos equipamentos arrefecedores etc. Porém, com estas quantificações, cabe aos engenheiros e arquitetos averiguar a viabilidade econômica dessas intervenções para prover melhor conforto aos seus usuários e diminuir o consumo desnecessário de eletricidade.

REFERÊNCIAS

VUOLO, José Henrique. **A física do calor**. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em < <http://fap.if.usp.br/~vvuolo/APOSTILAS/fiscalor.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2020.

HALLIDAY D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. 9.ed. São Paulo: LTC, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

THOMAZ, Ercio et al. **Código de práticas nº 1: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT–Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

SILVA, Margarete Maria De Araújo. **Diretrizes Para O Projeto De Alvenarias De Vedação**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde01032004150128/publico/DissertacaoMargarete.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2020