



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA ZONA SUL
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DENILSON ALVES CAVALCANTE

**ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE BLOCOS
CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, BLOCOS DE CONCRETO CELULAR E
PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS**

TERESINA

2024

DENILSON ALVES CAVALCANTE

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE BLOCOS
CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, BLOCOS DE CONCRETO CELULAR E
PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina zona sul.

Orientador: Prof. MSc. Fernando José Guimarães
Ferreira.

Coorientador: Prof. Dr. Wallison Angelim
Medeiros.

TERESINA

2024

Página reservada para ficha catalográfica que deve ser confeccionada após
apresentação e alterações sugeridas pela banca examinadora.

Deve ser solicitada ao (a) bibliotecário (a) do campus.

DENILSON ALVES CAVALCANTE

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO TÉRMICO ENTRE BLOCOS
CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, BLOCOS DE CONCRETO CELULAR E
PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina zona sul.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Fernando José Guimarães Ferreira (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Ailton Soares Freire
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Wallison Angelim Medeiros
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

AGRADECIMENTOS

Estou profundamente agradecido a Deus, a quem dedico minha eterna gratidão. À minha mãe, Maria José, e minhas avós, Maria Eugênia e Joelina Maria, pelo amor que sempre me proporcionaram, pela educação, sabedoria e confiança que depositaram em mim.

Agradeço aos meus amigos que me acompanharam durante minha jornada acadêmica: André, Andreza, Diovanna, Erick, Girleiane, Igor, Luís, Marco, Marcos, Mônica e Sabrina. Juntos enfrentamos diversos desafios durante a graduação, e sou grato por todo o aprendizado e incentivo que me proporcionaram, agindo como irmãos que me acolheram.

E, claro, à minha família, tias, tios e primos que sempre me deram apoio e motivação, permitindo que eu chegasse até aqui. Serei eternamente grato a todos que estiveram ao meu lado nessa caminhada acadêmica e na vida.

Agradeço ao meu orientador, Professor Fernando Guimarães, e a todos os docentes que desempenharam um papel fundamental na minha formação acadêmica. Um agradecimento especial ao Professor Ailton Freire por seu comprometimento, e ao Professor Wallison Medeiros, cujas valiosas contribuições e ideias enriqueceram meu trabalho. Também sou grato ao Professor Alisson Dias e ao engenheiro Marco Ferreira pela paciência, apoio e ensinamentos, para viabilizar esta pesquisa e demonstrando disposição em ajudar.

RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi avaliar o desempenho térmico dos sistemas de vedação usando os seguintes materiais construtivos: blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular e painel de EPS. Para avaliar o conforto térmico, o método simplificado e comparativo segundo ABNT NBR 15575-1 foi escolhido. Para comparar, foram criados protótipos. A análise revelou variações significativas na percepção térmica. Os resultados mostram que o bloco de concreto celular e o painel monolítico de EPS são mais eficientes, demonstrando melhor transmitância térmica e atraso térmico. De modo geral os quatro sistemas de vedação são úteis dependendo do tipo de clima, da tipologia da construção e características dos ocupantes.

***Palavras-chave:** Sistemas de vedação; Conforto térmico; Desempenho térmico.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the thermal performance of sealing systems using the following construction materials: ceramic blocks, concrete blocks, cellular concrete blocks and EPS panels. To evaluate thermal comfort, the simplified and comparative method according to ABNT NBR 15575-1 was chosen. To compare, prototypes were created. The analysis revealed significant variations in thermal perception. The results show that the cellular concrete block and the monolithic EPS panel are more efficient, demonstrating better thermal transmittance and thermal delay. In general, the four sealing systems are useful depending on the type of climate, building type and occupant characteristics.

Keywords: Sealing systems; Thermal comfort; Thermal performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Média dos resultados dos ensaios com bloco cerâmico.

Gráfico 2 - Média dos resultados dos ensaios com bloco de concreto.

Gráfico 3 - Média dos resultados dos ensaios com bloco de concreto celular.

Gráfico 4 - Média dos resultados dos ensaios com painel monolítico de EPS.

Gráfico 5 - Média dos ensaios dos protótipos.

Gráfico 6 - Média das temperaturas internas e externas dos protótipos ao final dos ensaios.

Tabela 1 - Resultados dos cálculos de resistência, transmitância e capacidade térmica dos protótipos.

Tabela 2 - Transmitância térmica de paredes externas.

Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas.

Quadro 1 - Dimensões dos protótipos.

Quadro 2 - Características dos materiais.

Figura 1 - Bloco cerâmico.

Figura 2 - Bloco de concreto.

Figura 3 - Bloco de concreto celular.

Figura 4 - Painel monolítico de poliestireno expandido (EPS).

Figura 5 - Reboco do painel de EPS.

Figura 6 - Construção do protótipo com bloco de concreto.

Figura 7 - Vedação das aberturas dos blocos de concreto.

Figura 8 - Vedação das aberturas dos blocos cerâmicos

Figura 9 - Protótipo fabricado com bloco de concreto celular.

Figura 10 - Protótipo fabricado com bloco de cerâmico.

Figura 11 - Disposição dos protótipos para análise.

Figura 12 - Pontos para aferição de temperatura.

Figura 13 - Aferição de temperatura.

Figura 14 - Termômetro químico.

Figura 15 - Câmera termográfica.

Figura 16 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco cerâmico.

Figura 17 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco de concreto.

Figura 18 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco de concreto celular.

Figura 19 - Aferição de temperatura em protótipo construído com painel monolítico de EPS.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos cálculos de resistência, transmitância e capacidade térmica dos protótipos.

Tabela 2 - Transmitância térmica de paredes externas.

Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
EPS	Poliestireno Expandido
Rt	Resistência Térmica
U	Transmitância Térmica
CT	Capacidade Térmica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	JUSTIFICATIVA.....	15
3	OBJETIVO.....	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1	MATERIAIS VEDAÇÃO.....	17
4.1.1	BLOCO CERÂMICO.....	17
4.1.2	BLOCO DE CONCRETO.....	18
4.1.3	BLOCO DE CONCRETO CELULAR.....	19
4.1.4	PAINEL MONOLÍTICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).....	20
4.2	CONFORTO TÉRMICO.....	21
4.3	DESEMPENHO TÉRMICO.....	22
4.3.1	RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	22
4.3.2	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA.....	23
5	METODOLOGIA.....	24
5.1	CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS.....	24
5.2	COLETA DE DADOS.....	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6.1	ANÁLISE SIMPLIFICADA.....	31
6.2	ANÁLISE COMPARATIVA.....	34
7	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de vedação de edificações, especialmente as paredes, assumem um papel crucial na determinação do desempenho térmico e do nível geral de conforto de uma estrutura. As paredes de alvenaria, sendo um método construtivo comum, têm sido objeto de extensas pesquisas para avaliar o seu impacto no conforto térmico.

Tavil (2004) analisou o comportamento térmico das paredes de alvenaria em Istambul, e chegou a conclusão que a configuração do sistema de parede influencia significativamente as cargas anuais de aquecimento e arrefecimento de um edifício. Outra análise comparativa realizada na região de Manipal, na Índia, demonstrou que a laterita, um tipo de unidade de alvenaria, apresenta eficiência térmica superior em comparação com blocos de concreto e lama (Abraham & Kudva, 2018).

Em regiões suscetíveis a grandes variações climáticas, como é o caso do Brasil, é essencial considerar a influência do desconforto térmico na disposição para o trabalho. É importante destacar que as condições térmicas dos ambientes não se limitam apenas ao clima, mas também ao calor gerado pelas atividades e equipamentos utilizados, bem como pelas características construtivas do ambiente e sua habilidade de manter condições internas adequadas para o conforto térmico das pessoas. Assim sendo, é frequente encontrar espaços de trabalho com temperaturas internas mais elevadas do que as externas (RUAS, 1999).

Segundo ANDRADE (2016), compreender os mecanismos de incidência, absorção e reflexão de energia é essencial para analisar a realidade térmica dos corpos e dos lugares. No caso das cidades, cujos espaços são construídos com materiais caracterizados por um comportamento desfavorável em termos de absorção de calor e troca de propriedades, estas considerações tornam-se essenciais.

De modo geral, o objetivo deste estudo foi analisar o comportamento térmico de paredes construídas com quatro diferentes tipos de materiais de vedação: blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular e painéis monolíticos de EPS e identificar qual dessas opções oferece o melhor desempenho frente às variações térmicas a que serão expostas.

2 JUSTIFICATIVA

Em Teresina, o conforto térmico é um desafio devido às condições climáticas extremas da região, com registros de altas temperaturas ao longo dos meses de agosto, setembro e outubro, a cidade apresenta valores térmicos que podem atingir a temperatura ambiente de 43°C (COSTA, 2010).

No entanto, a adoção de materiais adequados, técnicas de construção específicas e soluções de paisagismo pode mitigar os efeitos das altas temperaturas e melhorar significativamente a qualidade de vida dos habitantes. A pesquisa contínua e a implementação de tecnologias inovadoras junto à gestão adequada do conforto térmico são essenciais para garantir ambientes internos agradáveis e eficientes em termos energéticos. Além disso, contribui para a satisfação dos ocupantes e desempenhar um papel crucial na gestão energética dos edifícios (Kim et al.).

Segundo Elena Cattani *et al.* (2014), os sistemas de vedação eficientes são fundamentais para melhorar a eficiência energética e promover a sustentabilidade. Isolamento inadequado pode levar a um desperdício significativo de energia, com mais de 75% da energia de aquecimento e ar condicionado sendo perdida.

A justificativa da pesquisa reside no fato da cidade em questão apresentar condições climáticas desfavoráveis tornando o conforto térmico das edificações um grande desafio. Neste contexto, é essencial conceber vedações que garantam condições de conforto térmico para quaisquer que sejam as características climáticas do ambiente.

3 OBJETIVO

a) Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo analisar o desempenho térmico e a transmitância de calor nos sistemas de vedações de edificações com blocos cerâmicos, de concreto, de concreto celular e painéis monolíticos de EPS.

b) Objetivos específicos

- I. Elaborar um estudo bibliográfico sobre tipos de vedação com base em artigos, livros, trabalhos acadêmicos e NBR's relevantes;
- II. Analisar as propriedades dos diferentes tipos de alvenaria de vedação estudados e avaliá-los em termos de eficácia no desempenho térmico das edificações.
- III. Calcular a resistência e transmitância térmica dos materiais dos protótipos através da ABNT NBR 15220-2: 2022.
- IV. Comparar a utilização de alvenaria de vedação de blocos cerâmicos com blocos de concreto, concreto celular e painel monolítico de EPS, medindo o Índice de Temperatura, conforme as determinações da ABNT NBR 15575: 2024, para fins de isolamento térmico.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico, será possível aprofundar-se nas estratégias e nos materiais utilizados no estudo. O objetivo é facilitar a compreensão das questões relacionadas ao desempenho e ao conforto térmico nas edificações.

4.1 MATERIAIS DE VEDAÇÃO

A procura por construções que ofereçam elevado conforto térmico, alcançado através de estratégias passivas, demanda originalidade e inteligência na arquitetura, frequentemente necessitando reinventar o uso de materiais ou reavaliar soluções tradicionais (GHISLENI, 2022).

Doulos et al. (2004), afirma que as características dos materiais de construção no resfriamento passivo de áreas externas urbanas é fundamental, dado que suas características ópticas e térmicas, como albedo e emissividade, influenciam de maneira significativa na quantidade de radiação solar que é absorvida e liberada pelas superfícies dos edifícios e pelas infraestruturas urbanas.

Materiais com alta inércia térmica, como concreto, pedra e tijolo maciço, controlam as temperaturas internas absorvendo calor durante o dia e liberando-o durante a noite. Essa capacidade pode ser aproveitada em climas quentes, pois pode reduzir as temperaturas máximas internas durante o dia (PINHO, 2023). Eles também podem ajudar a "respirar" a residência e funcionar como uma barreira térmica, impedindo que o calor solar se acumule na casa (GHISLENI, 2022).

Como resultado, o desempenho térmico, a espessura e a cor dos materiais utilizados nos componentes do edifício, como paredes, janelas, pisos e portas, desempenham um papel vital na regulação da perda e ganho de calor do edifício (Yüksek & Karadayi, 2017).

4.1.1 BLOCO CERÂMICO

O bloco cerâmico de vedação é um objeto essencial de qualquer construção de alvenaria. A argila, que é seu componente básico, é utilizada pelo homem desde 4000 A.C. (VIANA, 2013)

Os principais benefícios do uso de bloco cerâmico como material de vedação, se comparado a sistemas mais modernos, incluem: grande durabilidade, custo unitário acessível, simplicidade na fabricação, eficiência como isolante térmico e acústico, além da desnecessidade de mão de obra especializada para sua instalação. (VIANA, 2013)

Figura 1 - Bloco cerâmico.



Fonte: <https://www.sertaozinhoconstrulider.com.br/p-bloco-ceramico-8-furos>. Acesso em: 20 de ago. 2024.

A disponibilidade em todo o território nacional e baixo valor de mercado tornaram o bloco cerâmico comum na construção civil, porém seu alto consumo energético na fabricação e utilização de recurso não renovável (argila) o torna inviável do ponto de vista sustentável. (ANDRADE, 2022)

4.1.2 BLOCO DE CONCRETO

O bloco de concreto é a unidade de alvenaria, constituído por mistura homogeneizada, usualmente composta por materiais como o cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo, água e aditivos, moldado por meio de vibração e prensagem simultâneas (SCHEIFER; CALLEJAS, 2021). Esse tipo de bloco apresenta resistência superior, principalmente quando comparados a outros materiais como a cerâmica. Essa característica resulta em menos desperdício de material e, conseqüentemente, menor geração de resíduos (INOVA CONCRETO, 2021).

Figura 2 - Bloco de concreto.



Fonte: <https://loja.tatu.com.br/produto/bloco-estrutural-19x39-12-mpa/>. Acesso em 20 de ago. 2024.

A utilização de blocos de concreto é uma prática frequente no setor da construção civil, sendo muito empregado na edificação de paredes, muros, fundações e diversas outras estruturas. Contudo, assim como ocorre com qualquer outro material de construção, o emprego de blocos de concreto traz consigo tanto benefícios quanto desvantagens.

Os blocos de concreto podem ser destinados a fechamento de vãos - bloco de vedação ou à sustentação das construções tendo função estrutural - blocos estruturais. Os blocos de vedação e estruturais feitos de concreto são fisicamente semelhantes e a forma de produção é a mesma. Entretanto os blocos estruturais possuem paredes mais espessas e maior resistência a compressão. Um fator importante que deve ser levantado é o potencial da utilização do bloco de concreto e a análise do benefício do uso desse material em substituição de outro elemento de alvenaria.

Dentre as características do bloco de concreto inclui a sua resistência à umidade, movimentação térmica e ação do vento; isolamento térmico e acústico; resistência à infiltrações de água pluvial e regulação do fluxo de vapor e da condensação (ANDRADE, 2022).

4.1.3 BLOCO DE CONCRETO CELULAR

O bloco de concreto celular autoclavado (CCA) é definido como concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e materiais ricos em sílica, granulados finamente de acordo com ABNT NBR 13438: 2021.

Figura 3 - Bloco de concreto celular.



Fonte: <https://www.obramax.com.br/bloco-concreto-celular-autoclavado-60x30x75cm-89131182/p>. Acesso em: 20 de ago. de 2024.

Os blocos de CCA possuem baixa condutividade térmica decorrente à sua baixa massa específica oriunda dos poros da estrutura interna. Como o CCA é incombustível, com composição completamente inorgânica, a sua resistência ao fogo com baixo índice de condutibilidade térmica torna-se elevada, inclusive superior aos blocos convencionais devido a maior concentração de matéria sólida e de água absorvida no seu interior (COSTA, 2016).

Com isso, a maior vantagem são suas ótimas características em todos os cenários, incluindo isolamento térmico eficiente, resistência ao fogo e isolamento acústico. O bloco de concreto celular autoclavado pode ser usado em todos os tipos de construção, incluindo construções residenciais, prediais, comerciais, industriais e institucionais, sendo usado tanto para alvenaria interna e externa como separação ou vedação (MORADIA, 2023).

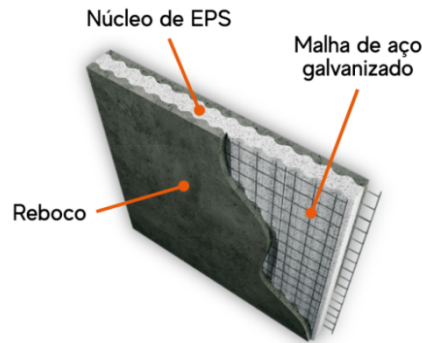
4.1.4 PAINEL MONOLÍTICO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Na construção de edificações, a busca por elementos de vedação que proporcionem um bom isolamento térmico e boa durabilidade conduziram à concepção de painéis tipo sanduíche. Mais tarde, esses painéis passaram a assumir, também, a função estrutural (BERTINI, 2002).

Os painéis com poliestireno expandido (EPS) surgiram num projeto italiano no início da década de 1980, por meio de uma empresa que se chamava Monolite, denominando, assim, o sistema como Método Monolite (VIANA, 2013). Segundo Bertoldi (2007), consiste em um sistema construtivo com painéis industriais, tipo

sanduíche, composto por um núcleo de poliestireno expandido e telas eletro soldadas, aliado ao processo de argamassa projetada.

Figura 4 - Painel monolítico de poliestireno expandido (EPS).



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3580738881-painel-monolitico-eps-para-construco-civil-preco-de-fabrica-_JM. Acesso em: 20 de ago. de 2024.

As principais vantagens do painel do sistema Monolite de EPS é seu excelente isolamento térmico, praticidade para instalar tubulações hidráulicas e elétricas, redução de desperdício na obra, leveza, facilidade e rapidez de montagem da parede (VIANA, 2013).

4.2 CONFORTO TÉRMICO

Conforme a ABNT NBR 15220: 2024, o conforto térmico consiste na satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Segundo Vieira (2021), a análise de conforto térmico se torna algo subjetivo, pois, também deve-se levar em consideração aspectos que variam de indivíduo para indivíduo.

Para Lamberts *et al.* (2015), diversos fatores que impactam o conforto térmico incluem aspectos humanos, como o metabolismo e a resistência térmica proporcionada pelas roupas, além de fatores ambientais, como a temperatura do ar, a temperatura radiante, a umidade e a velocidade do vento.

4.3 DESEMPENHO TÉRMICO

O uso de equipamentos de aquecimento e resfriamento nas habitações é cada vez maior, acompanhado de maior gasto de energia. Os elementos de vedação podem contribuir no desempenho térmico da edificação, proporcionando aos ambientes internos temperaturas agradáveis, entretanto, dependendo de sua aplicação, seus efeitos poderão ser contrários, gerando desconfortos e até aumento no consumo de energia (MEDEIROS, 2017).

A transferência de calor entre os ambientes internos e externos determina o desempenho térmico da edificação. A determinação de requisitos e critérios de desempenho térmico proporciona conforto aos usuários e economia com a redução de gastos para resfriamento e aquecimento, tornando possível adequar moradias às condições climáticas locais (MEDEIROS, 2017).

Segundo Bezerra (2003), a intensidade de fluxo de calor entre a face interna e externa de uma parede dependerá, entre outros fatores, da sua espessura, densidade e da capacidade calorífica do material. Além disso, materiais de baixa densidade possuem a capacidade de reduzir a transferência de calor devido ao ar contido em seus poros ter baixa condutividade térmica (LAMBERTS *et al.*, 2015).

A ABNT NBR 15575-1: 2024 determina um conjunto de requisitos e critérios de desempenho estabelecidos para a edificação ou seus sistemas. A ABNT NBR 15220-3: 2005, por sua vez, traz orientações sobre o desempenho térmico de residências unifamiliares de interesse social aplicáveis durante a etapa de projeto. Ao mesmo tempo em que se estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, são fornecidas recomendações sobre normas construtivas e estratégias detalhadas de condicionamento térmico passivo, levando em conta parâmetros e condições predefinidas.

4.3.1 RESISTÊNCIA TÉRMICA

Conforme Lamberts *et al.* (2015), a resistência térmica de um material é sua propriedade em resistir à passagem do calor. Quanto maior a espessura de um material, maior será a resistência que esse material oferece à passagem do calor.

Dessa maneira, para um material homogêneo a resistência térmica é calculada pela razão entre o valor da espessura do material e sua condutividade

térmica. Já a resistência térmica de um material heterogêneo é calculada pela soma das resistências térmicas de cada elemento componente desse material (LAMBERTS *et al.*, 2015).

4.3.1 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

Transferência de calor ao longo de um intervalo de tempo e por uma área unitária de um elemento ou componente estrutural, levando em consideração as resistências superficiais interna e externa, causada pela variação de temperatura entre dois ambientes distintos ABNT NBR 15575-1: 2024.

A transmitância térmica é a variável mais importante para avaliação do desempenho de fechamentos de ambientes. Considerada o inverso da resistência térmica, através desta variável pode-se avaliar o comportamento de um fechamento frente à transmissão de calor, tendo subsídios inclusive para comparar diversas opções de vedação (LAMBERTS *et al.*, 2015).

5 METODOLOGIA

O método escolhido é do tipo simplificado, que verifica o cumprimento dos requisitos e critérios para os sistemas de vedação, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, bem como o método de medição, que verifica o cumprimento de requisitos e critérios através de medições em edifícios ou protótipos construídos.

Para verificar o desempenho térmico dos protótipos, foram medidas as temperaturas internas, correspondentes à face aquecida voltada para o interior da estufa, e externas, no lado não aquecido. Esses dados foram comparados de acordo com as normas de desempenho térmico de edificações, conforme os métodos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-1 (2024). A condutividade térmica e a resistência térmica foram calculadas segundo a ABNT NBR 15220-1 (2024) para confirmar que o material de vedação atende aos requisitos mínimos.

5.1 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Para análise comparativa de desempenho térmico considerou-se como elemento construtivo a ser estudado paredes de vedação, desenvolvendo-se modelos, que pudessem representar de forma clara o seu desempenho.

Foram escolhidos materiais de uso comum em obras tanto de pequeno quanto de grande porte. Estes materiais foram escolhidos em virtude da facilidade da construção de protótipos, e por se tratar de um tipo de vedação que pode ser facilmente empregada em edificações da região.

Os protótipos foram construídos utilizando materiais como blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular, painéis de EPS, argamassa na proporção 1:3 e colher de pedreiro. A construção dos modelos ocorreu no laboratório de solos do Instituto Federal do Piauí, localizado na Zona Sul do Campus Teresina, ao longo de dois dias. Para dar início à análise foram requeridos mais sete dias para o processo de cura da argamassa. No quadro a seguir, estão detalhadas as dimensões dos protótipos:

Quadro 1 - Dimensões dos protótipos.

Material	Espessura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)
Bloco Cerâmico	9	19	19
Bloco de Concreto	14	19	39
Bloco de Concreto Celular	10	30	60
Painel Monolítico de EPS + Reboco de Argamassa	14	62	60

Fonte: Autor (2024).

Figura 5 - Reboco do painel de EPS.



Fonte: Autor (2024).

Figura 6 - Construção do protótipo com bloco de concreto.



Fonte: Autor (2024).

Figura 7 - Vedação das aberturas dos blocos de concreto.



Fonte: Autor (2024).

Figura 8 - Vedação das aberturas dos blocos cerâmicos.



Fonte: Autor (2024).

Figura 9 - Protótipo construído com bloco de concreto celular.



Fonte: Autor (2024).

Figura 10 - Protótipo construído com bloco de cerâmica.



Fonte: Autor (2024).

5.2 COLETA DE DADOS

Para realizar os ensaios foi utilizado duas estufas, cuja portas foram removidas de forma a garantir um melhor encaixe e vedação dos protótipos em frente a suas aberturas, como mostra as figuras abaixo:

Figura 11 - Disposição dos protótipos para análise.



Fonte: Autor (2024).

Entretanto, em determinadas situações, foi necessário a fixação da parede e a inserção de EPS entre a parede e a extremidade da estufa, em razão de algumas irregularidades e deficiências na construção.

As dimensões mínimas para todos os protótipos de parede são 55 cm de altura e 58 cm de largura para preencher completamente a abertura da estufa. Para ser considerada uma parede de vedação, o protótipo construído com painel de EPS foi a única parede a ser rebocada. Pois, é o único material cuja composição original não pode ser utilizada como vedação, já que os outros materiais podem funcionar como alvenaria de vedação mesmo sem reboco.

Para a definição da temperatura da estufa foi considerada a ABNT NBR 15575 (2024).

O dia utilizado para a análise deve corresponder a um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes. Como regra geral, recomenda-se repetir a análise no mínimo duas vezes (ABNT NBR 15575-1: 2024)

Com isso, tomou-se como referência CARVALHO (2004) para estabelecer a temperatura de aquecimento. Já que em um de seus ensaios, a temperatura máxima registrada na parede externa durante o período foi de 65,5 °C na Parede 1 da Cabine 1 em 20 de Outubro de 2003 às 15:00h (CARVALHO, 2004).

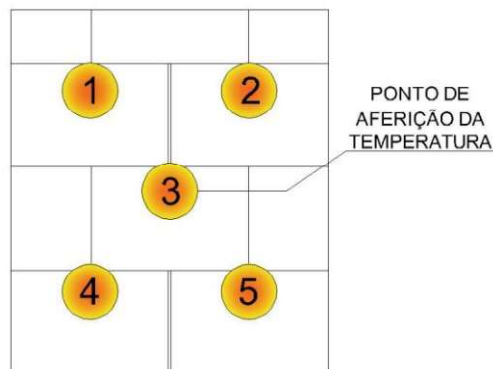
Para cada protótipo, foram realizados três ensaios, todos iniciados às 16 horas e com um tempo total de 5 horas. O tempo dos ensaios foi definido com base em experimentos anteriores, onde inicialmente foi adotada uma duração de 3 horas, mas essa não foi suficiente para identificar variações térmicas relevantes, também devido à falta de vedação nas aberturas dos blocos, conforme ilustrado nas figuras 7 e 8. Em seguida, foi testada uma duração de 6 horas, mas observou-se que, a partir

de 4 horas de ensaio, a temperatura do protótipo não apresentava grandes oscilações. Assim, estabeleceu-se a duração dos ensaios em 5 horas.

A aferição da temperatura foi realizada a cada 30 minutos. As temperaturas aferidas foram das paredes externas (face não aquecida), temperatura ambiente e temperatura da estufa.

Em cada parede foi definido 5 pontos de aferição de forma a manter um padrão para que não houvesse diferença entre as análises. Na figura 12 é demonstrado a localização dos pontos de aferição.

Figura 12 - Pontos para aferição de temperatura.



Fonte: Autor (2024).

Figura 13 - Aferição de temperatura.

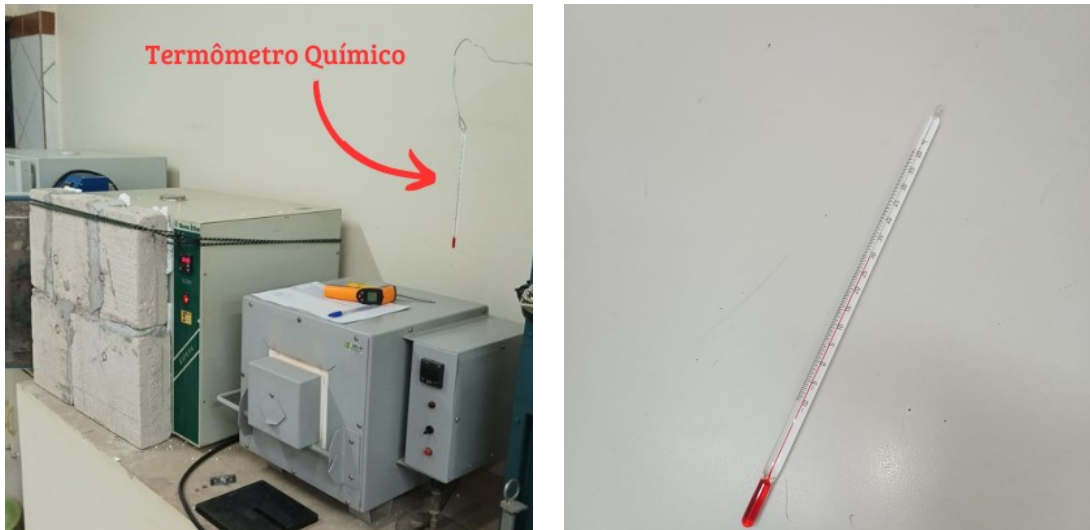


Fonte: Autor (2024).

Os equipamentos utilizados para a medição de temperatura dos protótipos incluíram um termômetro infravermelho e uma câmera termográfica para o lado não

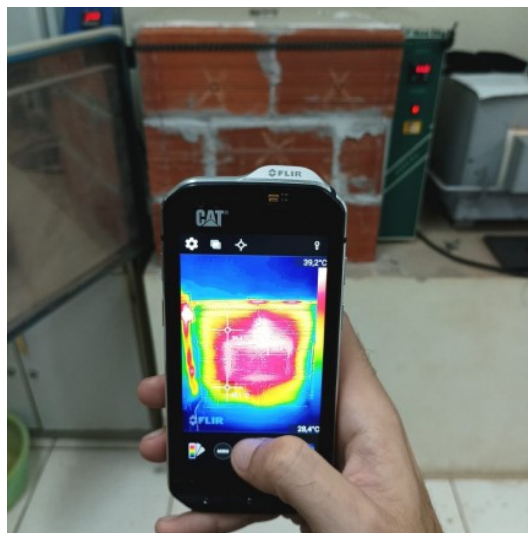
aquecido, termômetro da estufa para a região aquecida, e um termômetro químico para a temperatura ambiente do laboratório.

Figura 14 - Termômetro químico.



Fonte: Autor (2024).

Figura 15 - Câmera termográfica.



Fonte: Autor (2024).

Todas as análises foram iniciadas a partir das 16 horas e a cada análise teve duração de 5 horas sem interrupções, as aferições foram feitas a cada 30 minutos e foi coletado a temperatura da parede externa (face não aquecida), temperatura ambiente e temperatura interna da estufa.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISE SIMPLIFICADA

Para dar início ao procedimento normativo, foi feito um levantamento dos materiais empregados nos protótipos e suas respectivas espessuras.

As informações sobre condutividade térmica, calor específico e densidade de cada material foram estabelecidas de acordo com a ABNT NBR 15220-2 (2005), conforme apresentado na quadro 2.

Quadro 2 - Características dos materiais.

Material	Largura / Espessura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Densidade (Kg/m³)	Condutividade Térmica (W/m.K)	Calor Específico (J/Kg.K)
Bloco Cerâmico	0,09	0,19	0,19	1900	0,70	1000
Bloco de Concreto	0,14	0,19	0,39	2200	1,65	1000
Bloco de Concreto Celular	0,10	0,30	0,60	550	0,17	1000
Painel Monolítico de Poliestireno Expandido (EPS) (EPS Tipo 3) - NBR 10456	0,08	0,62	0,60	15	0,04	1420
Reboco (cimento e areia - Traço 1:3)	0,03	-	-	1800	1,00	1000

Fonte: Autor (2024).

Dessa forma, foram efetuados os cálculos da Resistência Térmica (R_t) de cada um dos materiais (conforme equação 1), para posteriormente determinar a transmitância térmica (U), equação 2.

A R_t é a razão da espessura do material pela sua condutividade térmica, com isso encontra-se a capacidade do material em reter calor.

$$R_t = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

Considerando uma unidade de área, por exemplo 1 m², do protótipo por sua R_t , obtém-se o valor que corresponde à U . O U representa a quantidade de calor transferida de um lado da parede para o outro. Quanto menor o resultado do cálculo,

melhor é o isolamento térmico.

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (2)$$

A capacidade térmica (CT) de cada material foi calculada. A qual é o resultado da multiplicação da espessura pela densidade e calor específico, e então dividido por 1000, pois a unidade de medida da CT é $\text{kJ}/(\text{m}^2).\text{K}$), conforme demonstrado pela equação 3:

$$C_t = \sum_{i=1}^n e \cdot c \cdot \rho \quad (3)$$

Os resultados dos cálculos conforme a ABNT NBR 15220-2 (2005) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos cálculos de resistência, transmitância e capacidade térmica dos protótipos.

Protótipo	Resistência Térmica (R) ($\text{m}^2.\text{K}$)/W	Transmitância Térmica (U) W/($\text{m}^2.\text{K}$)	Capacidade Térmica (C) kJ/($\text{m}^2.\text{K}$)
Bloco Cerâmico	0,299	3,35	171,00
Bloco de Concreto	0,255	3,92	308,00
Bloco de Concreto Celular	0,758	1,32	55,00
Painel Monolítico de Poliestireno Expandido (EPS) + Reboco	2,220	0,45	46,70

Fonte: Autor (2024).

Após efetuar os cálculos referentes à transmitância térmica e à capacidade térmica dos protótipos, os resultados foram analisados de acordo com a ABNT NBR 15575-4 (2013), a qual estabelece critérios para essas métricas em diversas zonas bioclimáticas, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância térmica (U) W/m².K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$ $U \leq 3,7$	$\alpha^a > 0,6$ $U \leq 2,5$

^a α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-4 (2013).

Através da ABNT NBR 15220-3 (2005), encontrou-se a zona bioclimática referente à cidade de Teresina-PI, que é a de número 7.

Considerando a absorptância igual ou inferior a 60% na face externa da parede e analisando os dados apresentados nas tabelas 1 e 2, constata-se que o protótipo do bloco de concreto foi o único que não cumpriu os requisitos de transmitância térmica. Possível causa deve-se ao fato do bloco de concreto ser o material com a maior condutividade térmica em comparação com outros materiais analisados.

Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas.

Capacidade térmica (CT) kJ/m².K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-4 (2013).

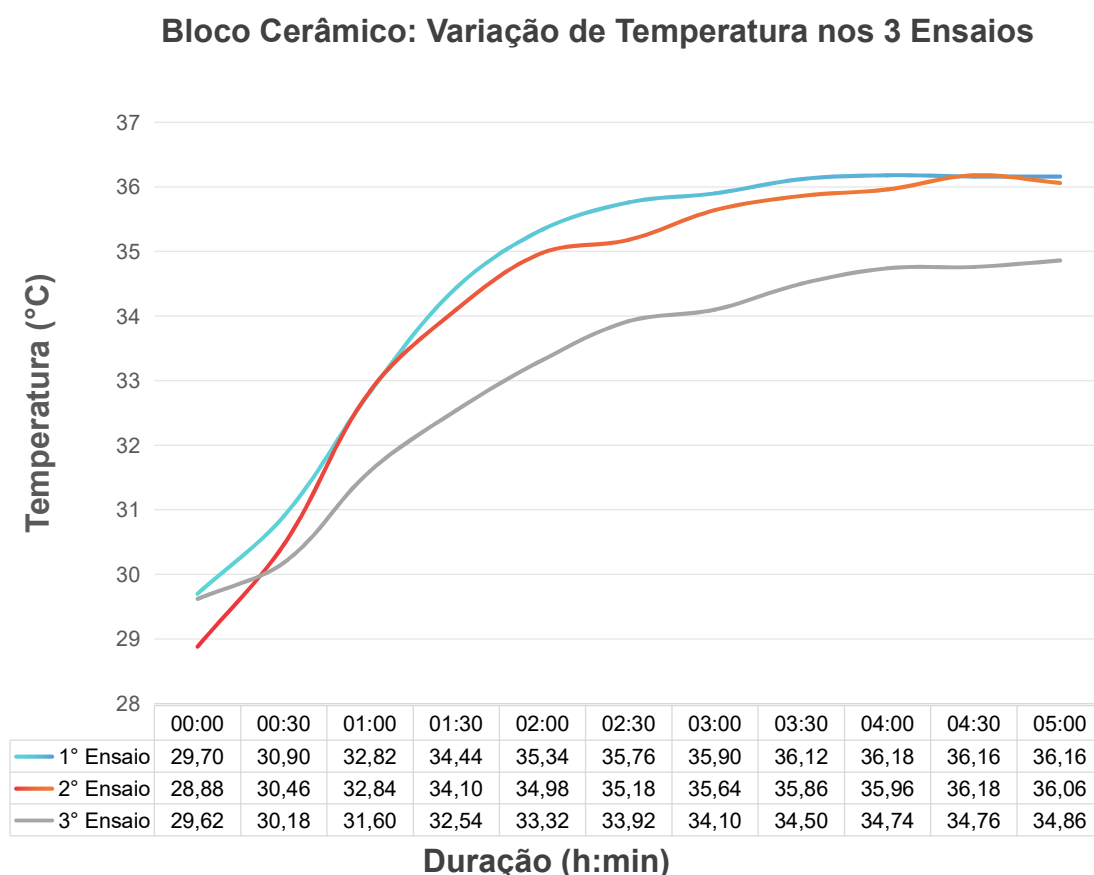
Em relação à capacidade térmica, os protótipos de bloco de concreto celular e painel monolítico de EPS com reboco não atenderam aos critérios exigidos. Ao comparar com a tabela 3, nota-se que o valor mínimo requerido é de 130 kJ/m².K, o que está bem distante dos resultados obtidos por ambos os protótipos.

Isso ocorre devido à capacidade térmica, que é a habilidade de absorver o calor do ambiente e retê-lo em sua estrutura, resultando na diminuição da temperatura do ar ao seu redor. Um exemplo disso são os sistemas em concreto aparente, que geralmente apresentam uma capacidade térmica bastante elevada. Isso se deve à composição desses materiais; o bloco de concreto celular, por possuir vazios, facilita a transferência de calor (CA2, 2021).

6.2 ANÁLISE COMPARATIVA

Nesta etapa, procede-se à análise dos resultados obtidos com os protótipos, conforme detalhado nos anexos, e apresentados nos gráficos a seguir. Cada gráfico ilustra a média de temperatura dos cinco pontos medidos no protótipo durante o período específico, indicando isso para cada ensaio realizado.

Gráfico 1 - Média dos resultados dos ensaios com bloco cerâmico.



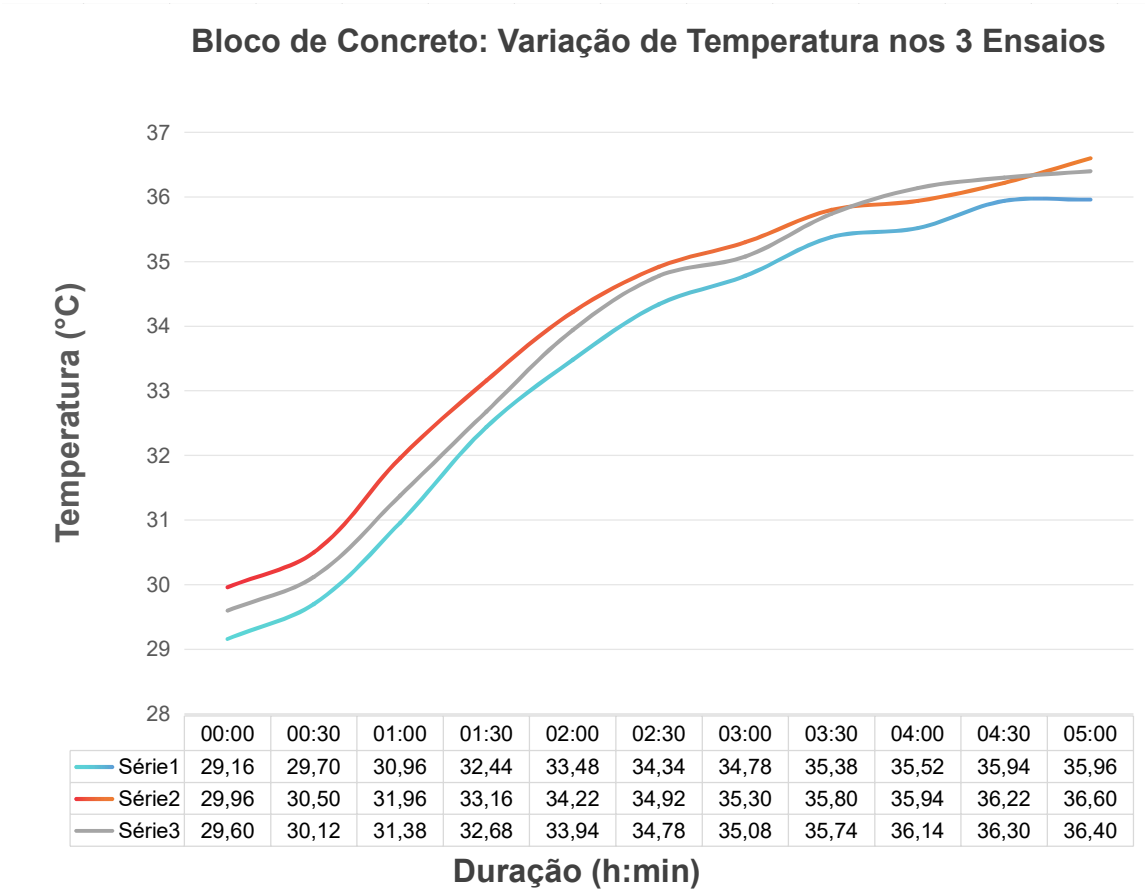
Fonte: Autor (2024).

Com base na avaliação do gráfico apresentado, observa-se que o bloco cerâmico obteve um desempenho superior no terceiro ensaio em relação aos anteriores. Isso pode ter ocorrido devido à mudança de estufa, já que as duas primeiras avaliações foram realizadas na mesma condição.

Também é possível notar que as temperaturas máximas não ocorrem simultaneamente. No entanto, o material mostra um aumento no início do experimento e, após três horas, mantém um nível constante, evidenciando uma

elevada capacidade térmica do material.

Gráfico 2 - Média dos resultados dos ensaios com bloco de concreto.

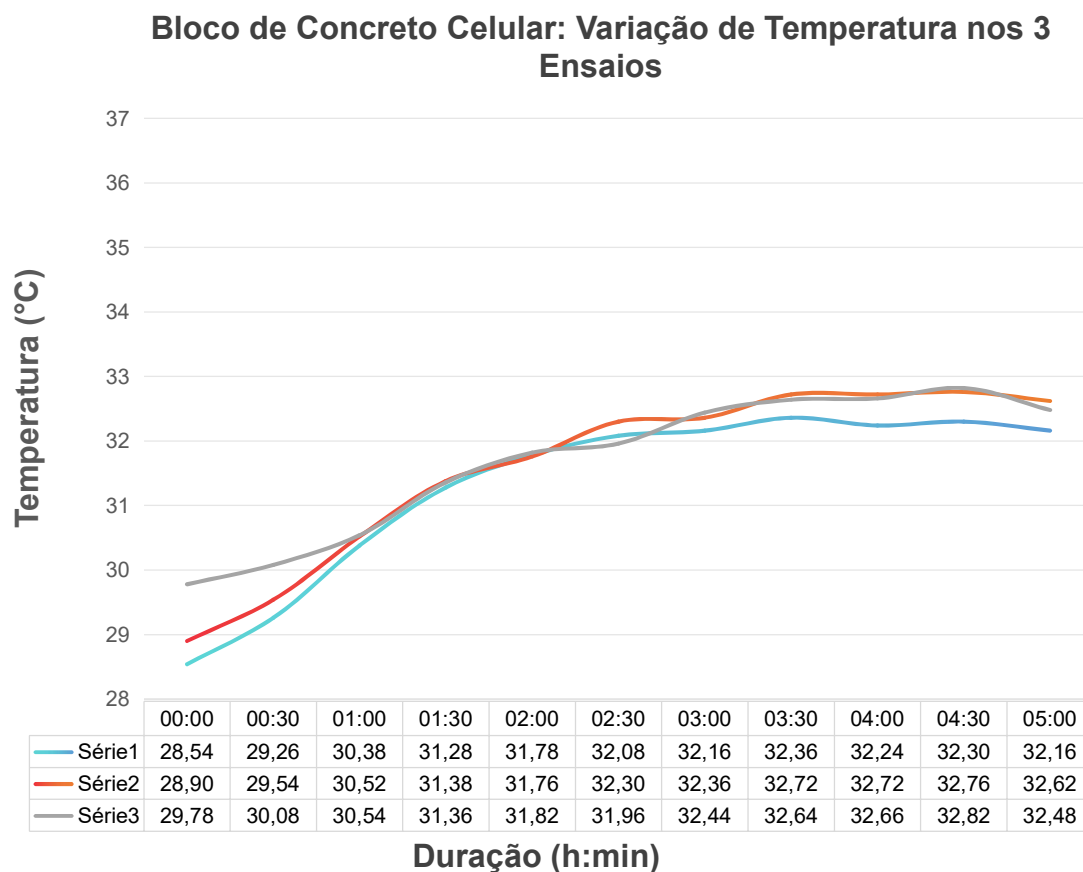


Fonte: Autor (2024).

O gráfico 2 apresenta a comparação dos testes realizados no protótipo de bloco de concreto. Observa-se que as variações entre os ensaios foram mínimas, indicando uma tendência nas temperaturas registradas na parede. Esse mesmo fenômeno pode ser observado nos experimentos realizados com blocos de concreto celular; apesar de utilizar estufas diferentes, os resultados obtidos nos três testes foram bastante parecidos.

Outro ponto notado foi o aumento contínuo da temperatura do protótipo até o final do teste, o que indica sua baixa resistência térmica, conforme já mostrado na tabela 1.

Gráfico 3 - Média dos resultados dos ensaios com bloco de concreto celular.

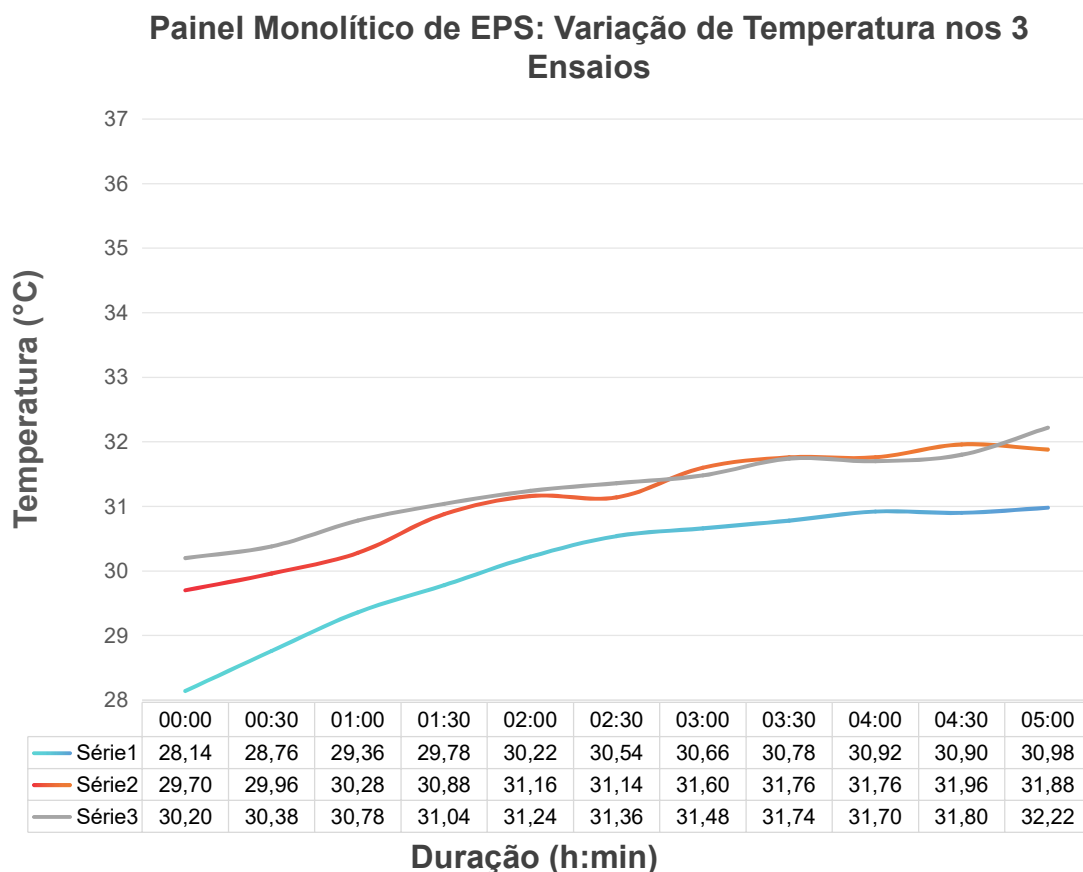


Fonte: Autor (2024).

Ao examinar o terceiro gráfico, é evidente que há pouca variação de temperatura na superfície da parede que não está exposta ao calor, evidenciando assim a eficácia do material em termos de isolamento térmico.

No que diz respeito ao protótipo de painel monolítico de EPS, os resultados do primeiro teste foram divergentes em relação aos testes subsequentes, embora a mesma estufa tenha sido utilizada. Contudo, a tendência de elevação da temperatura nas paredes mostrou-se semelhante aos outros experimentos, como mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 4 - Média dos resultados dos ensaios com painel monolítico de EPS.

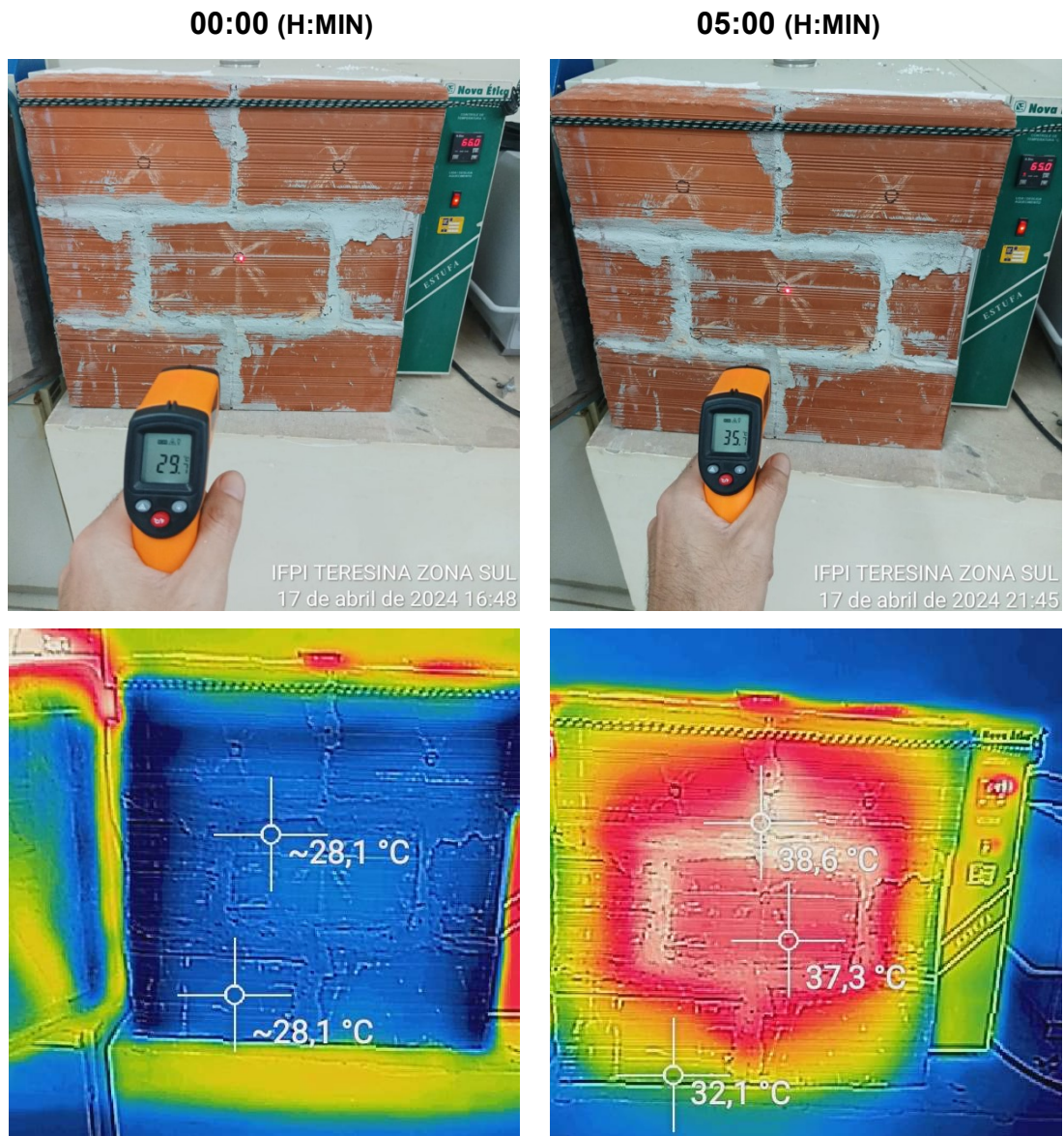


Fonte: Autor (2024).

De outra perspectiva, as propriedades mostradas indicam que o material se destaca como um excelente isolante térmico. Isso ocorre porque seu coeficiente de condutividade térmica é inferior aos demais, assegurando assim que o material demore mais para elevar sua temperatura.

As ilustrações a seguir mostram como as paredes reagem ao serem aquecidas. As temperaturas registradas são do primeiro teste realizado para cada protótipo, e as aferições documentadas referem-se ao início e ao término do experimento, ou seja, com zero horas e após cinco horas.

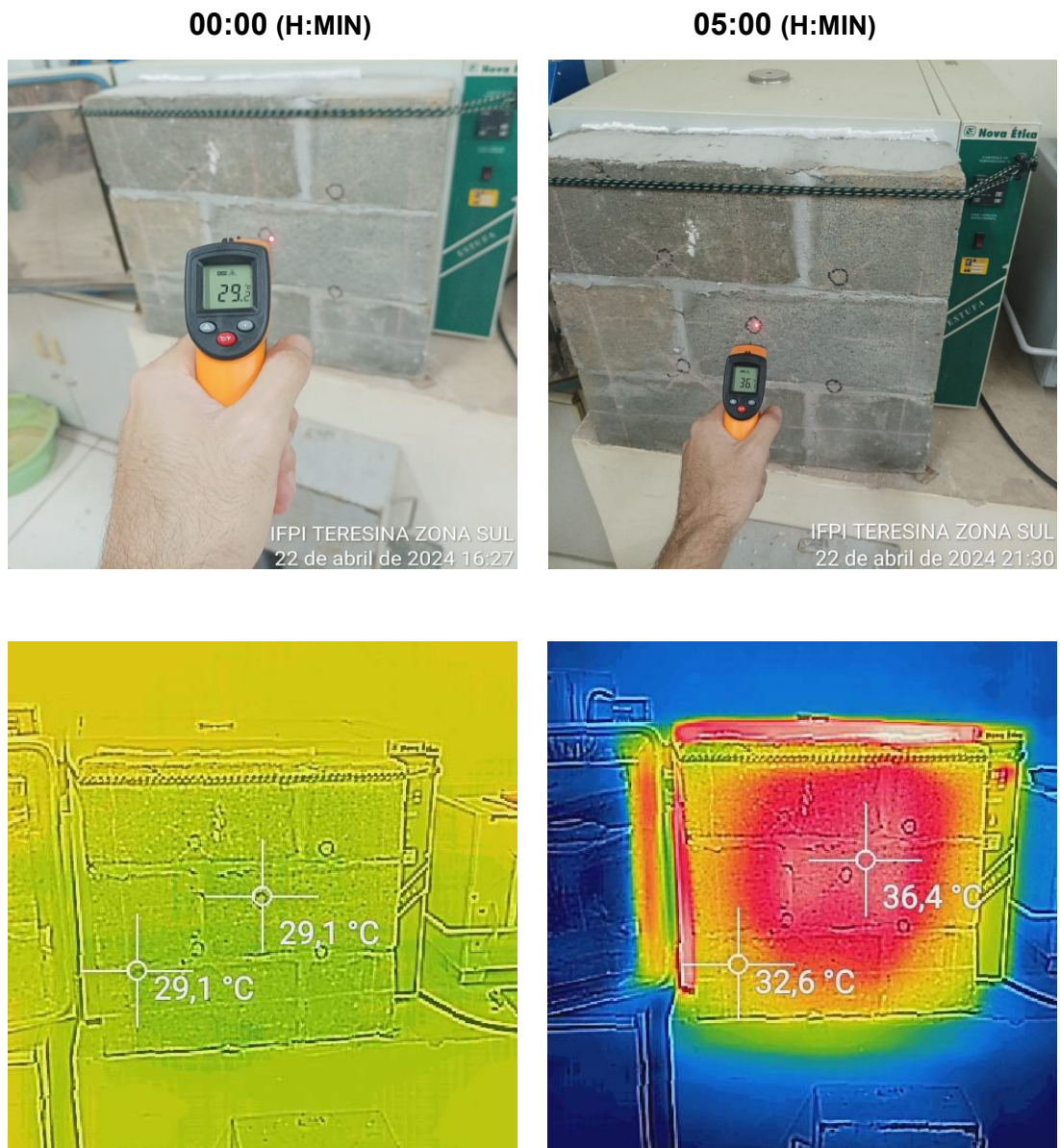
Figura 16 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco cerâmico.



Fonte: Autor (2024).

A figura 16 exibe a área de aquecimento da parede com bloco cerâmico. Ao examinar a imagem, notou-se que as temperaturas mais elevadas se localizam na região central do protótipo, enquanto as juntas apresentam os maiores índices de aquecimento.

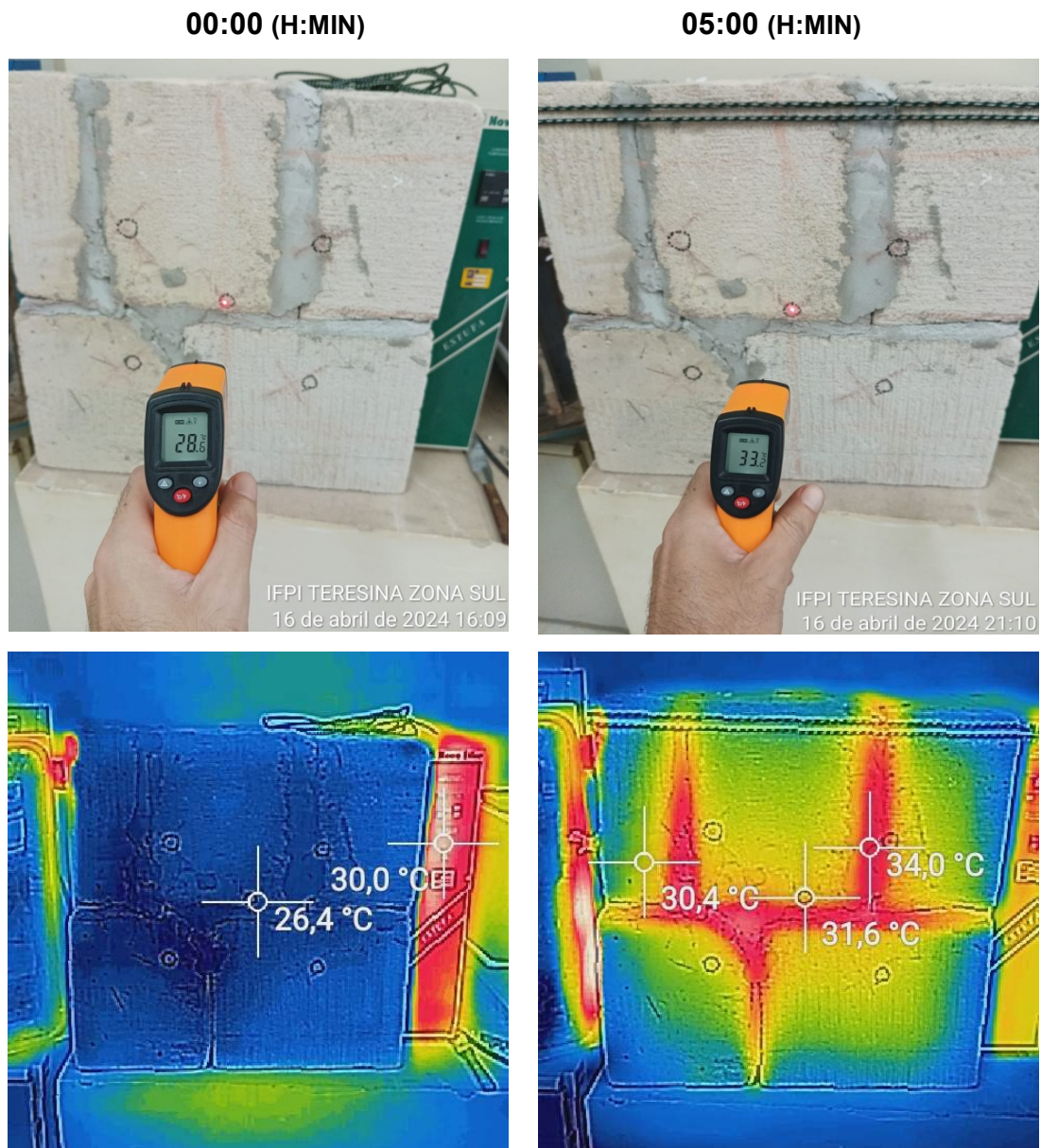
Figura 17 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco de concreto.



Fonte: Autor (2024).

O protótipo utilizando bloco de concreto apresentou uma resposta semelhante àquele feito com bloco cerâmico no que diz respeito à zona de aquecimento; entretanto, mostrou uma menor variação entre o bloco e a junta.

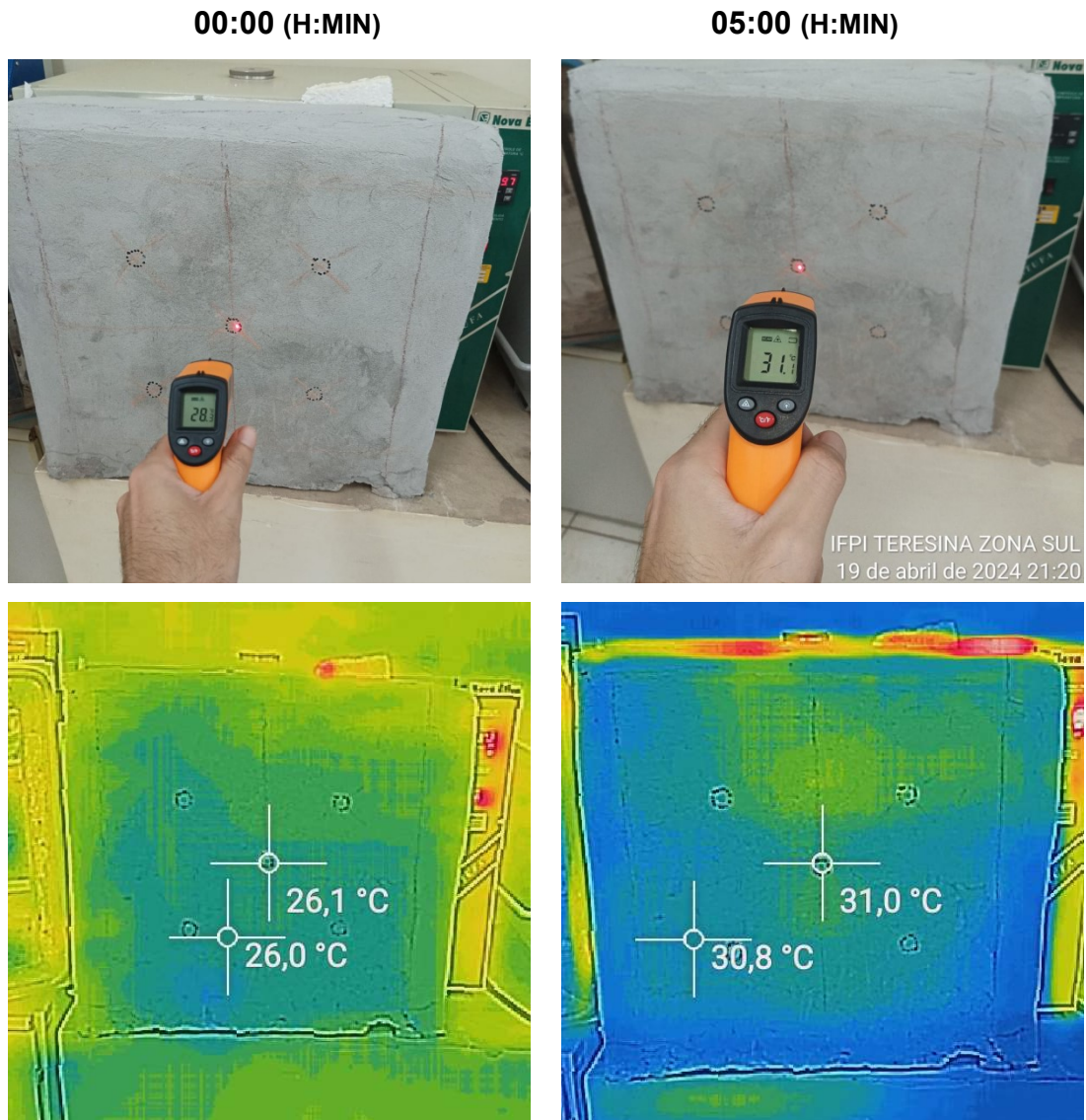
Figura 18 - Aferição de temperatura em protótipo construído com bloco de concreto celular.



Fonte: Autor (2024).

A área de aquecimento na parede feita com bloco de concreto celular mostrou-se similar aos outros blocos anteriormente examinados. Contudo, em razão da elevada condutividade térmica da argamassa, é possível notar uma variação de temperatura de até 4 °C, evidenciando que as juntas representam as áreas mais relevantes para o incremento da temperatura.

Figura 19 - Aferição de temperatura em protótipo construído com painel monolítico de EPS.

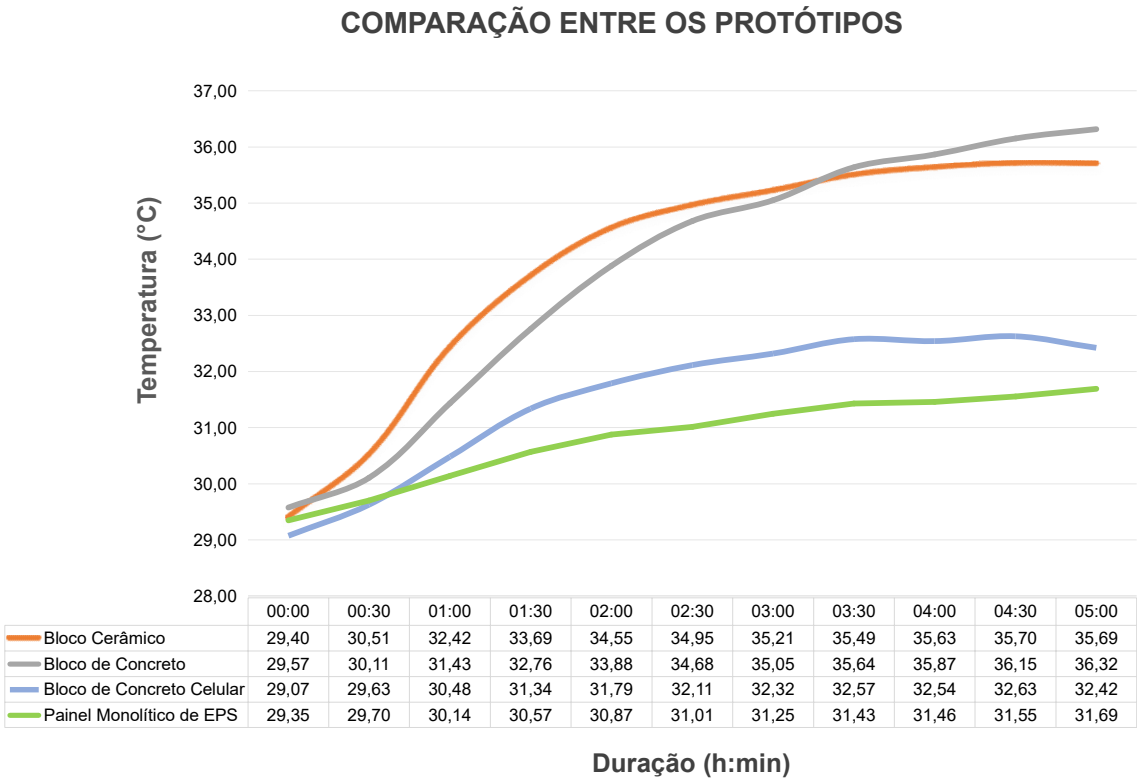


Fonte: Autor (2024).

Ao contrário dos outros protótipos, a parede com painel de EPS mostrou uma distribuição de aquecimento homogênea, evidenciando uma maior eficiência na distribuição da temperatura.

No gráfico 5, é apresentada a média dos três ensaios realizados em cada parede, seguida de uma comparação com os demais protótipos. É possível notar as variações na elevação da temperatura dos protótipos, decorrentes das distintas características dos materiais empregados.

Gráfico 5 - Média dos ensaios dos protótipos.

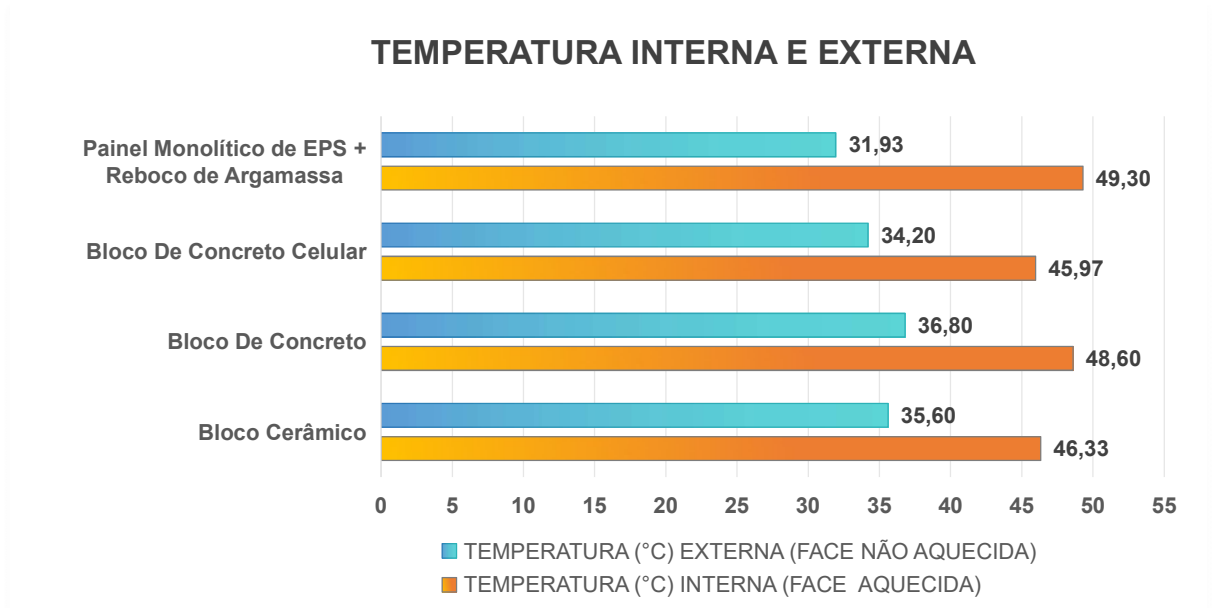


Fonte: Autor (2024).

Pode-se observar que os protótipos de bloco cerâmico e de bloco de concreto exibem curvas parecidas; contudo, o protótipo do bloco de concreto registra uma temperatura máxima superior. Em contrapartida, os protótipos de concreto celular e do painel de EPS demonstraram ser mais eficientes em relação à resistência térmica.

No gráfico 6, observa-se de maneira evidente a eficácia da parede composta por painel de EPS e blocos de concreto celular, devido aos resultados alcançados. Esses resultados mostram uma diferença térmica significativa entre as superfícies interna e externa, quando comparadas às demais paredes.

Gráfico 6 - Média das temperaturas internas e externas dos protótipos ao final dos ensaios.



Fonte: Autor (2024).

Embora as variações de temperatura sejam semelhantes, os blocos de concreto e de concreto celular possuem características distintas. Isso porque, sob a mesma temperatura de aquecimento, o bloco de concreto celular demonstrou índices térmicos inferiores, indicando que ele é um isolante térmico mais eficaz.

7 CONCLUSÃO

Ao estudar os sistemas de vedação, é possível identificar e implementar soluções eficientes que minimizem a troca de calor entre o ambiente interno e externo. Isso inclui a seleção de materiais isolantes adequados, a utilização de técnicas de instalação corretas e o projeto de detalhes construtivos que garantam uma vedação eficiente.

As análises conduzidas demonstram que, apesar das diferenças observadas nos gráficos apresentados anteriormente, todas as alvenarias examinadas possuem características térmicas que as tornam adequadas para uso como elementos de vedação. É importante ressaltar que a resistência térmica de cada alvenaria varia conforme as propriedades dos materiais empregados em sua produção.

Ao realizar os cálculos das resistências e transmitâncias térmicas, foi possível notar as variações entre os materiais. O protótipo composto por blocos cerâmicos se destacou por atender a todas as normas estabelecidas, enquanto o protótipo de blocos de concreto atendeu apenas ao critério de transmitância térmica. Os protótipos de bloco de concreto celular e o painel monolítico de EPS não atenderam aos requisitos de capacidade térmica, mas merecem ser considerados, pois se sobressaíram nos ensaios, revelando-se os mais eficazes em termos de isolamento térmico.

Apesar de não serem métodos construtivos utilizado com frequência em Teresina-PI, a busca por novos meios de construir de forma sustentável trazendo maiores benefícios em relação ao melhor conforto térmico, a parede com bloco de concreto celular e a parede construída com painel de EPS demonstram-se ser uma alternativa bastante viável levando em consideração algumas das técnicas construtivas mais utilizadas em nosso país.

É importante destacar que o município de Teresina-PI apresenta uma significativa variação de temperatura entre o dia e a noite. Assim, abordar os desafios relacionados ao conforto térmico por meio dos materiais empregados nos sistemas de vedação deve ser considerado, uma vez que as questões ambientais e o consumo de energia elétrica são aspectos relevantes.

REFERÊNCIAS

1. ABRAHAM, R. A.; KUDVA, P. L. **A comparative study of masonry units for energy efficient building construction with focus on thermal comfort with a case study**. Urbanization Challenges in Emerging Economies. **Anais...**Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2018b.
2. ANDRADE, P.M. **Análise Comparativa Entre Bloco Cerâmico, Bloco de Concreto e Bloco de Concreto Celular em Alvenarias de Vedação**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/31784/4/EntregaN2PedroMartinsAndrade.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2023.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438**: Blocos de concreto celular autoclavado - Requisitos – Rio de Janeiro, 2021.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**: Desempenho Térmico de Edificações - Desempenho Parte 1: Definições, símbolos e unidades – Rio de Janeiro, 2005.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho Térmico de Edificações - Desempenho Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica — Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD) – Rio de Janeiro, 2022.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações - Desempenho Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – Rio de Janeiro, 2005.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais – Rio de Janeiro, 2024.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE – Rio de Janeiro, 2021.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas – Rio de Janeiro, 2021.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10456**: Materiais de construção — Propriedades térmicas — Dados para uso em projetos – Rio de Janeiro, 2022.
11. BERTINI, A. A. **Estruturas tipo sanduíche com placas de argamassa projetada**. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

12. BERTOLDI, Renato Hercílio. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
13. BEZERRA, L.A.C. **Análise do Desempenho Térmico de Sistema de Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2003. 64p.
14. CA2. **Capacidade Térmica - Entenda esse Conceito de Conforto Ambiental** -. Disponível em: <<https://ca-2.com/capacidade-termica-entenda-esse-conceito-de-conforto-ambiental/>>. Acesso em: 11 ago. 2024.
15. CATTANI, E.; FERRANTE, A.; GULLI, R. **Integrated design strategies for envelope skins: user-driven adaptive design solutions to improve sustainability and energy efficiency in social housing**. The Sustainable City IX. **Anais...**Southampton, UK: WIT Press, 2014.
16. COSTA, Odivan de. **Estudo de viabilidade técnica: Alvenaria de Vedação com Blocos Cerâmicos Vazados na Horizontal versus Alvenaria de Blocos de Concreto Celular Autoclavados**. 2016. 16 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mba Gerenciamento, Tecnologia e Qualidade da Construção Civil, Instituto de Pós-graduação - Ipog, Porto Alegre, 2016.
17. COSTA, Renato Sérgio Soares. **Riscos socioambientais e ocupação irregular em áreas de enchentes nos bairros: Olarias, Poti Velho, Alto Alegre, São Francisco e Mocambinho - Teresina (PI)**. 2010. 175 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.
18. CARVALHO, Sílvia Maria de Góes. **Análise do Desempenho Térmico de Coberturas em Casca**. [s.l: s.n.].
19. DOULOS, L.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. **Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials**. Solar energy (Phoenix, Ariz.), v. 77, n. 2, p. 231–249, 2004.
20. GHISLENI, C. **Estratégias passivas de conforto térmico aplicadas em projetos residenciais**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/957595/estrategias-passivas-de-conforto-termico-aplicadas-em-projetos-residenciais>>. Acesso em: 26 ago. 2024.
21. INOVA CONCRETO. **Características dos blocos de concreto: o que merece sua atenção?**. Disponível em: <<https://inovaconcreto.com.br/blog/caracteristicas-dos-blocos-de-concreto/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.
22. Kim, Y., Shin, Y. & Cho, H. **Influencing factors on thermal comfort and**

- biosignals of occupant-a review.** J Mech Sci Technol 35, 4201–4224 (2021).
23. LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: Saraiva, 2015.
 24. MEDEIROS, G. Á. N. **AVALIAÇÃO DE PAREDES SANDUÍCHE EM ARGAMASSA ARMADA COM NÚCLEO DE EPS.** Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13749>>. Acesso em: 8 ago. 2024.
 25. MORADIA, S. I. M. **BLOCO DE CONCRETO CELULAR NA CONSTRUÇÃO!** Disponível em: <<https://simoradia.com/bloco-de-concreto-celular-na-construcao/>>. Acesso em: 21 jun. 2023.
 26. PINHO, N. L. **Manual do conforto térmico: Conheça estratégias para seu projeto.** Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/conforto-termico/>>. Acesso em: 28 ago. 2024.
 27. RUAS, A. C.. **Avaliação de conforto térmico: contribuição a aplicação prática das normas internacionais.** 1999. 78 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<https://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/176253>>. Acesso em: 20 maio 2024.
 28. SCHEIFER, D. M.; CALLEJAS, I. J. A. **Caracterização física e mecânica de blocos de concreto com incorporação de areia de resíduo de construção civil.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 26, n. 4, 2021.
 29. SETIC-UFSC. **Portal Virtuhab.** Disponível em: <<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/bloco-de-concreto/>>. Acesso em: 20 maio. 2024.
 30. TAVIL, A. Thermal behavior of masonry walls in Istanbul. **Construction and building materials**, v. 18, n. 2, p. 111–118, 2004.
 31. VIANA, Saulo Augusto de Oliveira; ALVES, Élcio Cassimiro. **Análise de Custo e Viabilidade Dentre os Sistemas de Vedação de Bloco Cerâmico e Drywall Associado ao Painel Monolite EPS.** Rio de Janeiro: Abpe, 2013. 13 v.
 32. VIEIRA, A. P. M. **Análise Comparativa Térmica entre Sistemas de Vedação Constituídos por Paredes Sanduíche em Concreto com Núcleo de EPS, Alvenaria de Vedação de Blocos de Concreto e Tijolos de Solo Cimento com Adição de Argila Expandida para Fins de Conforto Térmico.** Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/8595>>. Acesso em: 8 ago. 2024.
 33. YÜKSEK, I.; KARADAYI, T. T. **Energy-efficient building design in the context of building life cycle.** Em: YAP, E. H. (Ed.). Energy Efficient Buildings. Londres, England: InTech, 2017.

ANEXO – RESULTADO DOS ENSAIOS REALIZADOS

Etapa 1

Quadro 2: 1º ensaio com protótipo de bloco cerâmico.

BLOCO CERÂMICO											
PONTOS DE AFERIÇÃO	HORÁRIO										
	00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00
	17:16	17:46	18:16	18:46	19:16	19:46	20:16	20:46	21:16	21:46	22:16
TEMPERATURA (°C)											
P1	28,9	30,4	32,7	33,9	34,9	35,2	35,6	35,9	35,9	36,0	36,0
P2	29,0	31,2	33,7	34,6	35,4	35,4	35,7	35,9	36,0	36,2	36,0
P3	28,7	30,5	32,8	34,1	34,9	35,0	35,5	35,6	35,7	35,9	35,9
P4	28,9	29,9	32,4	34,0	35,0	35,4	36,1	36,3	36,6	36,8	36,7
P5	28,9	30,3	32,6	33,9	34,7	34,9	35,3	35,6	35,6	36,0	35,7
TEMP. AMBIENTE	29,3	29,6	29,7	29,9	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
TEMP. ESTUFA	30,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0

Quadro 3: 1º ensaio com protótipo de bloco de concreto.

BLOCO DE CONCRETO											
PONTOS DE AFERIÇÃO	HORÁRIO										
	00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00
	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30
TEMPERATURA (°C)											
P1	29,2	29,5	30,6	32,1	33,2	34,2	34,7	35,4	35,6	36,0	36,1
P2	29,2	30,0	31,4	32,8	33,9	34,7	35,2	35,7	35,7	36,1	36,2
P3	29,2	29,9	31,3	32,7	33,8	34,8	35,2	35,7	36,0	36,4	36,4
P4	29,1	29,5	30,6	32,3	33,3	34,1	34,6	35,3	35,5	35,9	35,9
P5	29,1	29,6	30,9	32,3	33,2	33,9	34,2	34,8	34,8	35,3	35,2
TEMP. AMBIENTE	29,0	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5
TEMP. ESTUFA	30,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0

Quadro 4: 1º ensaio com protótipo de bloco de concreto celular.

BLOCO DE CONCRETO CELULAR											
PONTOS DE AFERIÇÃO	HORÁRIO										
	00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30	03:00	03:30	04:00	04:30	05:00
	16:10	16:40	17:10	17:40	18:10	18:40	19:10	19:40	20:10	20:40	21:10
TEMPERATURA (°C)											
P1	28,6	29,2	30,2	31,1	31,6	31,8	31,9	32,3	32,0	32,1	32,0
P2	28,6	29,4	30,6	31,4	32,0	32,4	32,5	32,6	32,5	32,5	32,3
P3	28,4	29,2	30,7	31,9	32,5	33,1	33,0	33,5	33,1	33,4	33,4
P4	28,4	29,1	30,0	30,9	31,2	31,4	31,6	31,6	31,8	31,7	31,4
P5	28,7	29,4	30,4	31,1	31,6	31,7	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7
TEMP. AMBIENTE	28,0	29,4	29,3	29,4	29,5	29,3	29,2	29,2	29,0	29,0	29,1
TEMP. ESTUFA	38,2	65,0	65,0	65,0	64,9	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0

Quadro 9: 2º ensaio com protótipo de painel monolítico de EPS.

Etapa 3

Quadro 10: 3º ensaio com protótipo de bloco cerâmico.

[illegible]

Quadro 11: 3º ensaio com protótipo de bloco de concreto.

[illegible]

Quadro 12: 3º ensaio com protótipo de bloco de concreto celular.

[illegible]

Quadro 13: 3º ensaio com protótipo de painel monolítico de EPS.

[illegible]

Quadro 14: Temperaturas internas e externas dos protótipos ao final dos ensaios.

PROTÓTIPO	Nº DO ENSAIO	TEMPERATURA (°C)	
		EXTERNA (FACE NÃO AQUECIDA)	INTERNA (FACE AQUECIDA)
Tijolo Cerâmico	1º	36,10	45,20
	2º	35,90	48,90
	3º	34,80	44,90
Bloco De Concreto	1º	36,40	47,20
	2º	37,10	49,30
	3º	36,90	49,30
Bloco De Concreto Celular	1º	33,40	45,50
	2º	34,50	46,30
	3º	34,70	46,10
Painel Monolítico de EPS + Reboco	1º	31,30	49,30
	2º	31,80	50,00
	3º	32,70	48,60