

ESTRATÉGIAS PARA OTIMIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO CONJUNTO HABITACIONAL MIRACEMA EM MACAPÁ: Uma análise crítica e proposta de intervenção

José Rodolfo M. S. Brasil de Moraes¹

Jordanio Santos Sousa²

Gabriela Vitória Almeida Madeira³

Carlos Henrique da Silva Nery⁴

RESUMO

A pesquisa tem o intuito de identificar estratégias para otimização do conforto térmico no Conjunto Habitacional Miracema, em Macapá, uma região de clima quente e úmido. O problema analisado focou no uso inadequado dos materiais, que prejudicam o conforto térmico. O objetivo foi avaliar o desempenho térmico de diferentes materiais em modelos reduzidos de apartamentos. Foram desenvolvidos três modelos: argamassa comum, argamassa com Thermox e argamassa com isopor, todos com entradas de ar. As temperaturas externas, internas e ambiente foram monitoradas ao longo de cinco dias, no período da manhã, tarde e noite, utilizando o termômetro TD-955 ICEL Manaus. Os resultados indicaram diferenças relevantes entre os materiais. O modelo com Thermox apresentou redução média de 4°C na temperatura ambiente em relação à argamassa comum, sendo o mais equilibrado no controle térmico. O modelo com isopor destacou-se pela menor temperatura interna das paredes, enquanto a argamassa comum foi a menos eficiente. Concluiu-se que materiais inovadores e estratégias de ventilação natural são necessárias para habitações em Macapá, reduzindo o consumo energético e levando maior qualidade de vida.

Palavras-chave: Modelos Reduzidos. Eficiência Energética. Materiais Construtivos. Ventilação Natural.

STRATEGY FOR OPTIMIZING THERMAL COMFORT IN THE MIRACEMA HOUSING COMPLEX IN MACAPÁ: a critical analysis and intervention proposal

ABSTRACT

The research aims to find strategies for optimizing thermal comfort in the Miracema Housing Complex in Macapá, a region with a hot and humid climate. The problem analyzed focused on the inadequate use of materials, which impair thermal comfort. The objective was to evaluate the thermal performance of different materials in reduced apartment models. Three models were developed: common mortar, mortar with Thermox, and mortar with polystyrene, all with air inlets. External, internal, and ambient temperatures were monitored over five days, in the morning, afternoon, and evening, using the TD-955 ICEL Manaus thermometer. The results indicated relevant differences between the materials. The model with Thermox showed an average reduction of 4°C in ambient temperature compared to common mortar, being the most balanced in thermal control. The model with polystyrene stood out for the lowest internal wall temperature, while common mortar was the least efficient. It was concluded that innovative materials and natural ventilation strategies are necessary for housing in Macapá, reducing energy consumption and providing better quality of life.

Keywords: Reduced models. Energy Efficiency. Construction Materials. Natural Ventilation.

¹ Acadêmico concluinte do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá.

² Acadêmico concluinte do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá.

³ Acadêmica concluinte do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá.

⁴ Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ensino Superior do Amapá. Especialista em Engenharia de Estruturas Metálicas pela Faculdade Unyleya. Orientador.

1 INTRODUÇÃO

O conforto térmico e a eficiência energética são dois fatores cruciais para o desenvolvimento e manutenção de um ambiente habitacional saudável e sustentável. A interação destes fatores com o meio ambiente edificado, cria condições que possuam impacto direto sobre o conforto e sobre a produtividade do ocupante. Visto que, o conforto térmico tem papel importantíssimo como um aspecto fundamental para a qualidade de vida das pessoas, especialmente em regiões de clima quente e úmido, como é o caso da cidade de Macapá/AP, localizada em região tropical, essas condições climáticas exigem soluções arquitetônicas adequadas para garantir o bem-estar térmico dos moradores, sem comprometer o consumo de energia elétrica.

Muitos conjuntos habitacionais de Macapá não apresentam um desempenho térmico satisfatório, pois foram construídos sem levar em conta as características climáticas locais. Alguns dos problemas encontrados são: falta de ventilação natural, uso de materiais inadequados, excesso de radiação solar, ausência de vegetação, entre outros. Esses fatores contribuem para o aumento da sensação de calor e desconforto dos usuários, que recorrem ao uso de aparelhos de ar-condicionado para amenizar o problema.

No entanto, essa solução gera um alto consumo de energia elétrica, que representa um custo financeiro e ambiental elevado. Além disso, por ser um benefício de difícil aquisição para moradores de conjuntos habitacionais de convívio social, acaba que os cidadãos por terem baixas condições monetárias, muitas vezes não terão como possuir um aparelho condicionador de ar, portanto, passam assim por um calor mais intenso.

O conforto térmico influencia nas atividades diárias, na produtividade e no bem-estar das pessoas (Silva; Alucci, 2019). Assim, estudos sobre conforto térmico são indispensáveis para entender os efeitos do clima e as respostas do ser humano às variações climáticas. Existem diferentes modelos de conforto térmico, que tentam prever a sensação térmica dos indivíduos em função de variáveis ambientais e pessoais. Um dos modelos mais conhecidos é o PMV (Predicted Mean Vote), desenvolvido por Fanger na década de 1970, que se baseia no equilíbrio térmico do corpo humano (Niza; Broday, 2021).

Contudo, esse modelo apresenta limitações ao desconsiderar a adaptação do indivíduo às condições ambientais, podendo subestimar ou superestimar a realidade térmica. Por isso, pesquisas têm sido realizadas para identificar os limites de conforto em ambientes sem climatização e em condições naturais.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise crítica aos fatores climáticos, urbanísticos e arquitetônicos presentes na região, apresentando as principais entraves e perspectivas para a melhoria do conforto térmico dos conjuntos habitacionais. A partir disso, serão analisadas estratégias e ações que contribuirão para a qualidade de vida dos moradores e a eficiência energética e sustentabilidade das condições de moradia.

Assim, o problema de pesquisa que norteia este

trabalho remete ao seguinte questionamento: Quais estratégias podem ser utilizadas para otimização do conforto térmico no Conjunto Habitacional Miracema, em Macapá?

A hipótese deste trabalho é que usar diferentes materiais e técnicas de construção em três modelos reduzidos de apartamentos do Conjunto Habitacional Miracema poderá fazer uma grande diferença no conforto térmico. Acredita-se que os modelos que utilizam argamassa especial (Thermo-x) e revestimento de isopor oferecerão condições internas mais agradáveis em comparação ao modelo feito com argamassa comum. Com isso, espera-se que essas abordagens ajudem a melhorar a qualidade de vida dos moradores e tornem as habitações mais eficientes em termos de energia.

Objetiva-se com esse trabalho avaliar o desempenho térmico de cada modelo reduzido, por meio da instalação de sensores de temperatura que registrarão dados em diferentes horários ao longo de cinco dias. Esse monitoramento permitirá compreender como cada abordagem impacta as condições internas de temperatura.

Além disso, será feita uma análise dos dados coletados, comparando as temperaturas internas de cada modelo para verificar como os diferentes materiais e técnicas influenciam o conforto térmico dos moradores. Por fim, serão propostas intervenções e recomendações com base nos resultados obtidos, com o intuito de melhorar as condições de habitação e promover a eficiência energética no Conjunto Habitacional Miracema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONJUNTOS HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL

Segundo a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Governo do Estado de São Paulo, um conjunto habitacional é definido como o empreendimento onde o parcelamento do imóvel urbano, com ou sem abertura de ruas, é realizado para alienação de unidades habitacionais já edificadas pelo próprio empreendedor, em conformidade com o Provimento 37/2013 da Corregedoria Geral da Justiça do Estado de São Paulo (SEDUH-SP, 2013).

Os conjuntos habitacionais desempenham um papel crucial no combate ao déficit habitacional e na melhoria da qualidade de vida de muitas famílias. Autores como Santos (2018) e Pereira (2019) destacam a importância desses empreendimentos na redução das desigualdades sociais e no fortalecimento das comunidades. Eles proporcionam não apenas moradia, mas também uma base para o desenvolvimento comunitário e a inclusão social.

Santos (2018) argumenta que a promoção da habitação de interesse social é fundamental para garantir o direito à cidade e a inclusão social das populações mais vulneráveis. Já Pereira (2019) enfatiza que esses projetos habitacionais são essenciais para a criação de um ambiente urbano mais equilibrado e justo, onde todos os cidadãos tenham acesso a condições dignas de moradia.

Ferreira (2021) destaca que os conjuntos habitacionais também impulsionam a economia local através da geração de

empregos na construção civil e do aumento da demanda por serviços e comércio nas áreas atendidas. Macedo (2020) complementa essa visão ao apontar que o desenvolvimento sustentável promovido por esses empreendimentos contribui para a melhoria da infraestrutura urbana e a valorização das áreas circunvizinhas.

Os Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) no Brasil foram criados para garantir moradia adequada, além de acesso a serviços essenciais e, em algumas situações, espaços de lazer e equipamentos comunitários para populações de baixa renda. De acordo com Santos (2015), esses projetos possuem o objetivo de promover a inclusão social e aprimorar a qualidade de vida dos residentes. No entanto, como ressaltado por Oliveira (2018), a eficácia desses conjuntos enfrenta, frequentemente, dificuldades relacionadas à falta de manutenção e infraestrutura deficiente, além de desafios socioeconômicos.

Os Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS) costumam ser objeto de estudos por pesquisadores no âmbito do conforto térmico, uma vez que as condições ambientais das residências impactam diretamente o bem-estar e a qualidade de vida dos moradores. Conforme afirmam Cosenza e Rodrigues (2015), o conforto térmico é essencial, especialmente em moradias destinadas a famílias de baixa renda, que frequentemente enfrentam limitações estruturais e materiais que influenciam as condições de temperatura interna.

O principal desafio está na procura por soluções que ofereçam um ambiente termicamente confortável, levando em consideração a realidade socioeconômica das famílias atendidas. Estratégias de projeto, como a adequação da orientação das edificações, a escolha de materiais de construção apropriados, a ventilação natural e o isolamento térmico, são sugeridas como alternativas eficazes para aprimorar o conforto térmico nos CHIS (Rodrigues, 2018).

A compreensão e a implementação de estratégias para o conforto térmico nos CHIS são essenciais para reduzir os efeitos das condições climáticas desfavoráveis, oferecendo um ambiente mais saudável e acolhedor para as famílias de baixa renda. Entretanto, é fundamental que haja políticas integradas e investimentos contínuos para assegurar a eficácia dessas ações e fomentar um ambiente habitacional mais sustentável e inclusivo (Nunes Cosenza & Rodrigues, 2020).

2.2 CONFORTO TÉRMICO

De acordo com Lamberts et al (2005), o conforto térmico é definido como um estado mental que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve o indivíduo. Pode-se dizer ainda que conforto é um conceito amplo e quando associado ao ambiente construído reúne parâmetros de várias áreas de conhecimento: ergonomia, acústica, termodinâmica, luminotécnica, entre outras (Paulino, 1999). Tratando-se de um ambiente termicamente confortável, a ASHRAE Standard 55-92 define conforto como condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico.

Fanger (1970) propôs uma definição clássica de conforto térmico que enfatiza a percepção do indivíduo sobre as condições térmicas de seu ambiente. Ele afirmou que “o

conforto térmico pode ser definido como a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Isso destaca a natureza individualizada e subjetiva do conforto térmico, que transcende simples medidas físicas de temperatura.

Temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar incidente são as principais variáveis climáticas de conforto térmico. Guardam uma conexão estreita com o regime de chuvas, a vegetação, a permeabilidade do solo e as águas entre outras características locais (Frota; Schiffer, 2001).

A temperatura do ar, de acordo com Lamberts et al. (1997) é a variável ambiental mais conhecida e de mais fácil medição. Sua variação na superfície da terra resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de local para local, sendo esta taxa de aquecimento e resfriamento da superfície terrestre o principal fator determinante da temperatura do ar acima dela (Givoni, 1976).

Conforme este autor a umidade relativa do ar varia ao longo do dia e das estações do ano, mesmo com a pressão de vapor mantendo-se constante. Isso acontece devido às mudanças diárias e anuais na temperatura ambiente, que influenciam a capacidade do ar em reter vapor de água. Geralmente, a umidade relativa aumenta com a queda da temperatura e diminui com o aumento da mesma. Em locais com alta umidade, a radiação solar é absorvida e redistribuída pelo vapor de água e pelas nuvens na atmosfera, refletindo parte dela de volta para o espaço. A umidade do ar afeta diretamente o conforto humano ao interferir na capacidade da pele de evaporar o suor. É importante ressaltar que em ambientes com alta umidade relativa, evaporar o suor se torna mais difícil, aumentando a sensação de desconforto térmico (Lamberts et al., 1997).

Na microescala do clima, a luz do sol pode ser bloqueada pelos elementos naturais e pela topografia do terreno, sendo que as plantas têm um efeito diferente de outras barreiras na obstrução dela. Por exemplo, as árvores de folha caduca podem proporcionar sombra no verão, mas permitem a passagem do sol no inverno. Em áreas com vegetação, as plantas podem bloquear entre 60 e 90% da luz solar, resultando em uma significativa diminuição da temperatura do solo (Olgyay, 1963). Este estudo utiliza dados de radiação solar, baseados na latitude e temporada, calculados pelo software Luz Solar (Roriz, 1995).

A velocidade do ar, representado pela velocidade e direção dos ventos, varia consideravelmente em diferentes áreas climáticas. Essa variação é causada principalmente pela diferença de temperatura entre as massas de ar, o que leva o ar a se movimentar da região de alta pressão para a região de baixa pressão (Lamberts et al., 1997). O relevo do terreno é um fator local crucial que influencia o movimento do ar, podendo desviar, alterar ou direcionar esse movimento.

Conforme explica Villas Boas (1983), quando o ar em movimento entra em contato com obstáculos, a fricção resultante faz com que sua velocidade diminua e seu padrão de circulação seja modificado. Por isso, a velocidade e direção do vento são comumente medidas a uma altura de 10 metros nas estações meteorológicas. Preferencialmente, essas estações são

instaladas em áreas abertas, longe de obstáculos urbanos, já que a rugosidade da superfície pode afetar significativamente o movimento do ar (Lamberts et al., 1997). Mesmo com as mudanças nas áreas urbanas, a velocidade do ar continua sendo um elemento crucial para compreender a condição climática.

2.3 CONDICIONANTES CLIMÁTICOS

As características climáticas são imprescindíveis para uma boa análise e conhecimento das necessidades e prioridades a serem tomadas em determinadas regiões, haja vista, que em Macapá predomina condições bem desfavoráveis e específicas devido à sua localização próxima à linha do Equador. Isso resulta em um clima equatorial, com temperaturas altas e constantes ao longo do ano, além de um elevado índice de umidade e chuvas frequentes. Essas condições climáticas influenciam diretamente a biodiversidade local, desde as práticas agrícolas, até mesmo o planejamento urbano, exigindo estratégias adaptativas para o bem-estar da população.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), as condições climáticas predominantes na cidade de Macapá incluem ventos que tem direção principalmente ao nordeste, com variações que podem ir do noroeste ao leste durante o dia, o que ajudará no planejamento de um bom conjunto habitacional de interesse social "A ventilação natural é um dos recursos naturais mais eficazes, quando se busca obter conforto ambiental e eficiência energética das edificações." (Souza; Rodrigues, 2012).

A temperatura na cidade ao longo do ano varia entre 23 °C à 35 °C, podendo atingir picos de até 38 °C durante o verão, ademais, a relação entre temperatura e umidade é crítica no planejamento climático, uma vez que ambos afetam diretamente o conforto humano e a eficiência energética das edificações. No que diz respeito à precipitação, observa-se que as chuvas alcançam um pouco mais de 400 mm no mês de maio. Entretanto, nos meses de agosto a novembro, a quantidade de precipitação não ultrapassa 100 mm, em climas com alta precipitação, como em Macapá é fundamental projetar sistemas eficientes de drenagem e telhados que minimizem o impacto das chuvas sobre as construções. A maior parte do ano em Macapá registra uma média de precipitação de aproximadamente 150 mm (PROJETEEE, 2018).

2.4 ARGAMASSA

A argamassa desempenha um papel crucial no conforto térmico de residências, principalmente em conjuntos habitacionais voltados para o interesse social. De acordo com Oliveira (2020), a relação água/cimento (a/c) na argamassa impacta não só a resistência, mas também a condutividade térmica do material. Relações a/c mais elevadas podem aumentar a porosidade da argamassa, resultando em uma maior capacidade de isolamento térmico (Silva et al., 2019).

As características térmicas da argamassa são fundamentais para a eficiência energética das construções. Pesquisas de Pereira e Santos (2018) indicam que argamassas que incorporam materiais isolantes, como vermiculita e

poliestireno, podem diminuir consideravelmente a transferência de calor pelas paredes. Isso se revela especialmente relevante em regiões com climas extremos, onde garantir temperaturas internas confortáveis é um desafio permanente.

Em conjuntos habitacionais de interesse social, a escolha de argamassas com boas propriedades térmicas pode contribuir significativamente para o conforto dos moradores. Como discutido por Rodrigues e Lima (2019), a implementação de técnicas de construção que utilizem argamassas termicamente eficientes é uma medida viável para melhorar a qualidade de vida em habitações de baixa renda, promovendo ambientes mais confortáveis e sustentáveis.

Segundo a ficha técnica do Thermo-X (2024), um tipo de argamassa térmica e acústica, sua aplicação em paredes e lajes proporciona significativas reduções de temperatura e melhoria no conforto ambiental das construções. Este produto é capaz de reduzir a temperatura interna de um ambiente em até 13°C quando comparado a rebocos convencionais, além de diminuir em até 75% o uso de sistemas de climatização como o ar-condicionado.

O Thermo-X, ao ser aplicado em paredes e lajes com grande incidência solar, pode demonstrar em escala reduzida sua capacidade de atenuar os impactos térmicos, contribuindo para a melhoria do conforto interno e, consequentemente, a qualidade de vida dos moradores. Essa abordagem experimental complementa os dados teóricos com observações práticas, proporcionando uma análise mais aprofundada sobre as melhores estratégias de intervenção arquitetônica no contexto de conjuntos habitacionais.

2.5 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

O isopor, conhecido tecnicamente como poliestireno expandido (EPS), é amplamente utilizado como isolante térmico devido às suas excelentes propriedades. O material se destaca por sua baixa condutividade térmica, o que impede a troca de calor entre ambientes, sendo altamente eficaz na redução de perdas térmicas (Silva et al., 2019).

Com uma estrutura leve e porosa, composta por cerca de 90% de ar, o isopor é fácil de manusear e instalar, além de ser um material durável que não sofre deterioração ao longo do tempo, garantindo um desempenho consistente em termos de isolamento térmico (Pereira; Santos, 2018). O isopor mantém suas propriedades térmicas mesmo em temperaturas extremas e não absorve água, o que o torna ideal para aplicações em ambientes úmidos (Oliveira, 2020).

3 METODOLOGIA

3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A natureza do trabalho é a pesquisa aplicada. Segundo Assis (2009), a pesquisa aplicada interessa-se pela aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos. Destina-se a aplicar os conhecimentos científicos para a solução dos mais variados problemas individuais ou coletivos. Concretiza-se por

meio das “ciências aplicadas” e “tecnológicas”.

De acordo com a abordagem será utilizado tanto quantitativa quanto qualitativa. Os métodos quantitativos, por suas possibilidades de réplica, pelo fato de adotarem procedimentos intersubjetivamente controláveis e por seu rigor de indicar margens de erro podem ocorrer na formulação da inferência, são aptos a dar sólidos fundamentos às descobertas e às hipóteses formuladas (Severino, 2014). “Na perspectiva qualitativa, o ambiente natural é a fonte direta de dados e o pesquisador, o principal instrumento, sendo que os dados coletados são predominantemente descritivos” (Creswell, 2007, p. 186). Numa pesquisa científica, os tratamentos quantitativos e qualitativos dos resultados podem ser complementares, enriquecendo a análise e as discussões finais (Minayo, 1997).

Quanto aos objetivos, o presente trabalho se caracteriza como um estudo exploratório que de acordo com Gil (1987, p. 41), “visa proporcionar maior familiaridade com a questão do problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. O estudo também se define como uma pesquisa descritiva, pois tem o objetivo de descrever um determinado fenômeno (GIL, 1987). Também se qualifica como explicativa que busca ampliar generalizações, definir leis mais amplas, estruturar e definir modelos teóricos, relacionar hipóteses em uma visão mais unitária do universo no âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica. (Lakatos; Marconi, 2011).

O estudo de caso é uma abordagem qualitativa que permite uma análise aprofundada de um fenômeno dentro de seu contexto real (Yin, 2015). Segundo Gil (2002), é ideal para investigar fenômenos complexos, como o conforto térmico em habitações, pois permite o uso de diversas fontes de dados, como questionários e observações.

De acordo com os procedimentos metodológicos a pesquisa será estudo de caso. Segundo Yin (2005), o estudo de caso é especialmente útil quando se deseja explorar questões complexas e multifacetadas, fornecendo uma compreensão holística do objeto de estudo. Esta metodologia é amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, educação, saúde e ciências sociais.

Para Merriam (1998), a investigação do fenômeno em seu ambiente natural permite uma compreensão mais rica e completa, considerando todas as variáveis e fatores que influenciam o objeto de estudo. Essa abordagem contextualizada é fundamental para capturar a essência do fenômeno e suas interações complexas.

No contexto deste trabalho, o estudo de caso foi

escolhido para analisar o conforto térmico em um conjunto habitacional de Macapá, uma cidade com condições climáticas extremas. A metodologia ajuda a entender como essas condições afetam o bem-estar dos moradores e a testar soluções térmicas para mitigar o desconforto térmico.

A construção de um modelo reduzido do apartamento, como sugerem Alves et al. (2019), permite simular as condições ambientais e testar intervenções práticas, oferecendo uma visão mais tangível. Este estudo de caso tem como objetivo analisar e propor estratégias para a otimização do conforto térmico no conjunto habitacional Miracema em Macapá.

Para isso, foi desenvolvido um modelo reduzido de um apartamento, com a aplicação de uma argamassa especial, chama thermo-x, para análise térmica. Além disso foi feito um questionário para levantamento de dados de como os moradores se sentem com o conforto térmico onde vivem.

3.1.2 Enquadramento Espacial – O Conjunto Habitacional Miracema

O Conjunto Habitacional Miracema, localizado em Macapá, Amapá, é um projeto importante voltado para a melhoria da qualidade de vida de seus moradores. Localizado na parte norte da cidade, este conjunto habitacional foi projetado para fornecer condições de vida confortáveis em uma região caracterizada por um clima quente e úmido (Governo do Estado do Amapá, 2019).

O projeto inclui diversas comodidades, como áreas de lazer e características de acessibilidade, garantindo que os moradores tenham acesso a serviços essenciais e espaços recreativos. Segundo o Secretário de Estado da Infraestrutura, Alcir Matos, o Miracema é um projeto muito grande com 2.000 unidades entre apartamentos e casas que tem de 38 a 44 m² cada. Além das moradias, ainda estão sendo construídas escolas, creches, unidade básica de saúde e de policiamento, terminal e ponto de ônibus.

3.2 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS

Foram construídos três modelos reduzidos de apartamentos, utilizando materiais normais, mas em dimensões menores. Cada modelo foi projetado para testar diferentes estratégias de conforto térmico (vide Figuras 1, 2 e 3 a seguir):

Figura 1 : Modelo 1 - Construído com isopor



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 2: Modelo 2 - Construído com argamassa comum



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 3: Modelo 3 - Construído com argamassa especial, thermo-x



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

3.3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Foram utilizados diversos materiais na construção dos modelos reduzidos, incluindo cimento, areia, água, tijolos e argamassa thermo-x. Além disso, foram empregados materiais de construção padrão, para garantir a representatividade dos modelos em relação às condições reais de um apartamento

Construção dos Modelos: Inicialmente, foi realizada a medição e corte dos materiais de construção nas dimensões reduzidas necessárias para os modelos. Em seguida, as estruturas de cada modelo foram montadas, e aplicou-se uma camada de 2 cm das argamassas e revestimentos específicos em cada um dos modelos, garantindo a uniformidade no experimento.

3.4 INSTRUMENTAÇÃO E MONITORAMENTO

Para monitorar as condições térmicas, foram instalados sensores de temperatura interna, além do uso do termômetro modelo TD-955 ICEL Manaus. As medições de temperatura foram realizadas três vezes ao dia—de manhã, à tarde e à noite—ao longo de um

período de cinco dias, assegurando uma coleta de dados abrangente das variações térmicas.

3.5 ANÁLISE DE DADOS

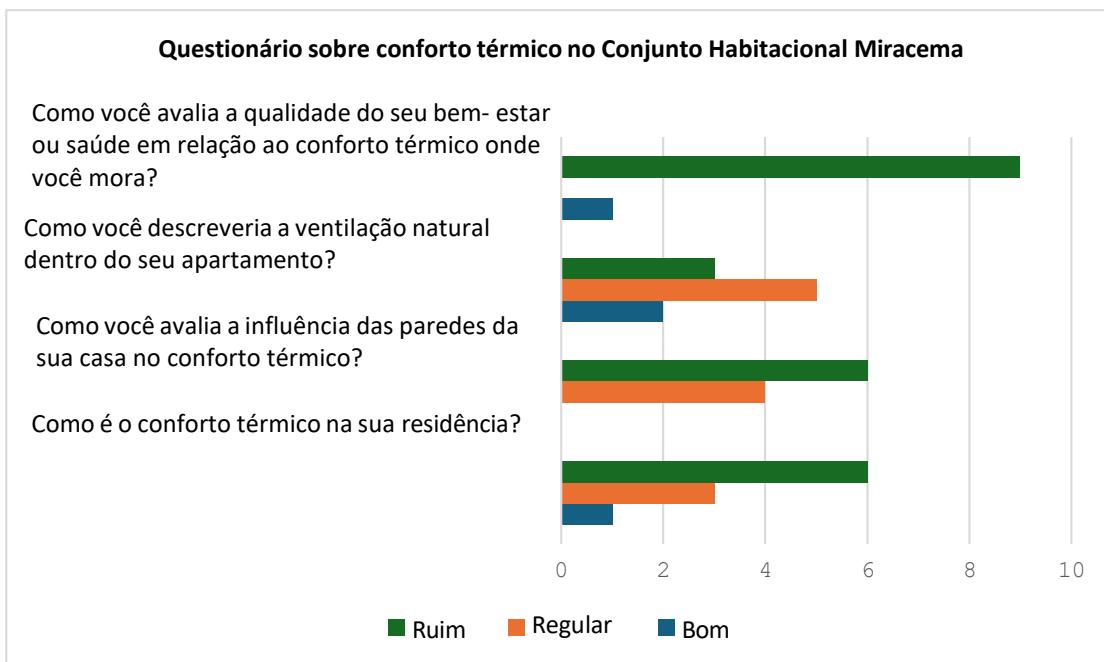
A análise de dados envolveu a coleta e comparação das temperaturas internas registradas pelos sensores nos diferentes modelos. Esta etapa permitiu a avaliação da eficácia de cada tipo de argamassa e das estratégias de ventilação natural aplicadas, fornecendo insights sobre o desempenho térmico das diferentes abordagens utilizadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO QUESTIONÁRIO

Elaborou-se um questionário (Gráfico 1) sobre conforto térmico com o objetivo de avaliar a percepção dos moradores do Conjunto Miracema. Foram entrevistadas dez pessoas, constatando-se que, em média, residem cinco indivíduos por apartamento, com idades compreendidas entre 18 e 45 anos.

Gráfico 1: Conforto térmico no Conj. Habitacional Miracema



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O gráfico acima evidencia que a maioria dos participantes, residentes no conjunto há pelo menos um ano, manifestou insatisfação em relação às condições de conforto térmico de suas moradias, destacando o impacto negativo dessas condições na saúde e no bem-estar dos moradores.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO ESTUDO EXPERIMENTAL EM ESCALA REDUZIDA

Para avaliar as estratégias de otimização do conforto térmico no Conjunto Habitacional Miracema, em Macapá, foram analisados os modelos reduzidos utilizando diferentes materiais construtivos: argamassa comum, argamassa com revestimento de Thermox e argamassa com isopor (figura 4).

Figura 4: Modelos reduzidos do estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 5: Termômetro TD-955 ICEL utilizado nas medições de temperatura



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os modelos em escala reduzida incluíam duas grandes entradas de ar para facilitar a medição das temperaturas internas e ambiente, simulando condições de ventilação cruzada. As medições das temperaturas foram realizadas em cinco dias consecutivos utilizando o termômetro modelo TD-955 ICEL Manaus, e os dados registrados nos períodos da manhã, tarde e noite.

As temperaturas externas e internas das paredes, bem como a temperatura ambiente, foram medidas, conforme descrito abaixo na Tabela 1:

Tabela 1: Resultados das temperaturas médias registradas

Temperaturas médias registradas nos cinco dias de estudo				
Modelo	Período	Temp. Externa (°C)	Temp. Interna da Parede (°C)	Temp. Ambiente (°C)
Argamassa comum	Manhã	47,6	36,8	37,9
	Tarde	53,7	36,9	40,0
	Noite	48,2	36,5	38,3
Thermox	Manhã	45,8	35,1	34,8
	Tarde	49,9	35,6	36,8
	Noite	46,2	35,0	35,2
Argamassa com isopor	Manhã	47,6	33,6	36,5
	Tarde	54,9	35,7	37,0
	Noite	48,4	34,4	36,8

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os resultados demonstraram que os materiais testados apresentaram diferenças significativas em relação à capacidade de atenuação do calor em ambientes internos. Além disso, o fato de os modelos reduzidos possuírem duas entradas de ar influenciou as temperaturas registradas. A ventilação cruzada promovida pelas aberturas ajudou a dissipar parte do calor acumulado, contribuindo para menores temperaturas internas em comparação com ambientes mais fechados.

4.2.1 Argamassa comum

O modelo com argamassa comum apresentou as maiores temperaturas internas e ambiente entre os três materiais testados, atingindo até 36,9°C na temperatura interna da parede e 40,0°C na temperatura ambiente durante a tarde. Isso evidencia que, mesmo com ventilação cruzada, a argamassa comum possui baixa eficiência térmica, sendo menos eficaz em reduzir o calor externo nos ambientes internos.

4.2.2 Thermox

O modelo revestido com Thermox obteve resultados melhores em relação à argamassa comum, com uma redução média de 4°C na temperatura ambiente e de até 1,3°C na temperatura interna das paredes. Durante os períodos da tarde, a temperatura ambiente foi registrada em 36,8°C, enquanto a interna atingiu 35,6°C. A ventilação cruzada potencializou os benefícios térmicos do material, melhorando a sensação térmica nos espaços internos.

4.2.3 Argamassa com isopor

Este modelo se destacou por apresentar as menores temperaturas internas, especialmente nas paredes internas, com registros de 33,6°C durante a manhã e 35,7°C à tarde. A ventilação cruzada somada às propriedades isolantes do isopor

contribuiu para a maior eficiência térmica. Apesar disso, a temperatura ambiente ficou levemente superior à do modelo Thermox, indicando que, embora eficaz nas paredes, o isopor pode não ter efeito tão significativo na troca térmica do ar interno.

4.2.4 Influência das entradas de ar

A presença de duas entradas de ar nos modelos reduziu o acúmulo de calor, proporcionando temperaturas ambiente menores em comparação com estruturas hermeticamente fechadas. Isso demonstra que, além das propriedades dos materiais, o design arquitetônico que favoreça a ventilação natural pode ser uma estratégia eficaz e acessível para otimizar o conforto térmico em habitações populares.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo confirma que diferentes materiais e técnicas de construção influenciam diretamente o conforto térmico em habitações localizadas em regiões de clima quente e úmido, como Macapá. A aplicação de materiais inovadores, como a argamassa Thermox e o revestimento com isopor, apresenta resultados positivos na melhoria do conforto térmico interno. A ventilação cruzada demonstrou ser uma estratégia eficaz, aumentando os efeitos isolantes dos materiais e reduzindo as temperaturas internas e ambientes.

As análises também reforçam a desvantagem do uso exclusivo de argamassa comum em regiões mais quentes, destacando a necessidade de substituir ou complementar com materiais mais eficientes. Entre os materiais avaliados, o revestimento com Thermox apresentou um desempenho equilibrado, com redução perceptível tanto nas temperaturas internas das paredes quanto na temperatura ambiente, especialmente quando associado à ventilação cruzada garantida

pelas aberturas nos modelos.

Por sua vez, o modelo com isopor mostrou uma excelente capacidade de isolamento térmico, reduzindo de forma expressiva as temperaturas nas superfícies internas. Contudo, seu impacto na temperatura ambiente foi um pouco menos eficaz, sugerindo que sua principal contribuição está no controle do calor nas paredes. Já a argamassa comum, amplamente utilizada em construções populares, demonstrou limitações importantes, mesmo com o auxílio da ventilação cruzada, o que reforça a necessidade de repensar sua aplicação ou de complementá-la com materiais mais eficientes.

Esses resultados mostram que soluções simples e acessíveis, como a ventilação natural planejada, quando

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.; SANTOS, T. (2021). **Design Passivo e Conforto Térmico: Práticas Sustentáveis em Arquitetura**. Universidade de Arquitetura e Urbanismo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 7730: **Ergonomia das condições ambientais de trabalho - Determinação da necessidade de ventilação para o conforto térmico do homem**. Rio de Janeiro, 1994.

CARVALHO, A. L.; NOGUEIRA, V. (2022). Soluções de Eficiência Energética para Edifícios Residenciais. **Revista de Sustentabilidade e Eficiência Energética**, 15(4), 12-2.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

FANGER, P. O. **Princípios de conforto térmico**. São Paulo: Blucher, 2008. Disponível em: <https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/principios-de-conforto-termico-9788521204470>. Acesso em: 26 nov. 2023.

FERNANDES, L. C. **Diagramas de apoio ao projeto baseados na ideia do conforto térmico adaptativo**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 11, p. e020030, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/USUÁRIO/Downloads/rcruschel,+e020030-8657295-VFinal%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUÁRIO/Downloads/rcruschel,+e020030-8657295-VFinal%20(2).pdf) Acesso em: 01 dez. 2023.

FERREIRA, J. Impactos Econômicos de Conjuntos Habitacionais. **Jornal de Economia Urbana**, 2021. Disponível em: https://www.academia.edu/15257483/Impactos_econ%C3%B4micos_do_programa_habitacional_Minha_Casa_Minha_Vida_sobre_a_ind%C3%BAstria_da_constr%C3%A7%C3%A3o_civil_e_de_materiais. Acesso em: 04 de junho de 2024.

FROTA, A. B., & SCHIFFER, S. T. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: ProLivros, 2001.

combinadas com tecnologias construtivas inovadoras, pode transformar o conforto térmico em habitações populares. Além de melhorar a qualidade dos ambientes internos, essas estratégias têm um impacto direto na redução do consumo energético associado à refrigeração, promovendo maior sustentabilidade e bem-estar para os moradores.

No contexto específico de Macapá, caracterizado por altas temperaturas e clima úmido, intervenções como essas são essenciais para tornar os conjuntos habitacionais mais adaptados às necessidades locais, representando um avanço significativo em direção a uma construção mais eficiente e humana.

GIL, A. C. **Estudo de caso e a investigação dos fenômenos sociais**. São Paulo: Atlas, 2002. GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1976.

GOVERNO DO ESTADO DO AMAPÁ. **Com áreas de lazer e acessibilidade, estrutura do Conjunto Miracema oferece qualidade de vida aos moradores**. 2019. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/noticia/1912/com-areas-de-lazer-e-acessibilidade-estrutura-do-conjunto-miracema-oferece-qualidade-de-vida-aos-moradores>. Acesso em 01 de dezembro de 2024.

HUMPHREYS, M.; NICOL, F.; ROAF, S. **Adaptive Thermal Comfort: Foundations and Analysis**. [s.l.] Routledge, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2011.

LAMBERETS, R. et al. **Conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1997.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: ProLivros, 2005.

NIZA, I. L.; BRODAY, E. E. **Modelos de Conforto Térmico: uma breve revisão de literatura nos últimos 10 anos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11., 2021, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: ABEPRO, 2021. p. 1-13. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358415439_Modelos_de_Conforto_Termico_uma_breve_revisao_de_literatura nos_ultimos_10_anos. Acesso em: 26 nov. 2023.

MACEDO, L. **Desenvolvimento Sustentável em Áreas Urbanas**. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, Curitiba, v. 13, n. 2, mai./ago. 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd/article/view/9776>. Acesso em: 04 de junho de 2024.

MATOS, R. **Habitação de Interesse Social**. PUC Goiás. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1076/1/CADERNO%20FINAL_TCC_RODOLPHO%20MATOS.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education.** San Francisco: Jossey-Bass, 1998.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde.** São Paulo: Hucitec, 1997.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Habitação de Interesse Social.** Ministério das Cidades, 2023.

MOREIRA, P.; COSTA, E. (2018). **Isolamento Térmico em Edificações: Impacts na Eficiência Energética.** Jornal de Engenharia e Tecnologia Sustentável, 7(2), 23-39.

NUNES COSENZA, C. A.; RODRIGUES, E. A. N. **Conforto térmico em habitações de interesse social.** Belo Horizonte: UFMG, 2015.

NUNES COSENZA, C. A.; RODRIGUES, E. A. N. **Políticas integradas e sustentabilidade em habitações sociais.** Belo Horizonte: UFMG, 2020.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism.** Princeton: Princeton University Press, 1963.

PAULINO, A. **Conforto em ambientes construídos.** Rio de Janeiro: Editora Ergonomia, 1999.

PEREIRA, Elson Manoel. **Estado, planejamento e habitação no Brasil entre as décadas de 1960 e 1980: a forma urbana conjunto habitacional no quadro da crítica ao movimento moderno.** 2019. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

PEREIRA, J. F.; SANTOS, M. L. **Uso de materiais isolantes na argamassa para eficiência energética.** Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2018.

RODRIGUES, C.; MENDES, A. (2020). **Eficiência Energética em Edifícios: Conforto Térmico e Sustentabilidade.** Editora Sustentável.

RORIZ, A. **Luz Solar: Software para Cálculo de Radiação Solar.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

SANTOS, A. **Direito à Moradia e Inclusão Social.** Editora Habitar, 2018

SEDUH-SP. **Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Governo do Estado de São Paulo.** Provimento 37/2013 da Corregedoria Geral da Justiça do Estado de São Paulo, 2013.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Cortez, 2014.

SILVA, Ana Paula; OLIVEIRA, Luiz Fernando M. de. **Conforto térmico em espaços públicos abertos: estudo de caso no centro histórico de São Luís (MA).** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 1-16, jan./abr. 2020.

SILVA, A. C.; SANTOS, E. A.; LAMBERTS, R. **Avaliação de modelos preditivos de conforto térmico em escritórios no clima subtropical brasileiro.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 461-478, out./dez. 2020.

SILVA, Ana Paula; SOUZA, João Carlos; OLIVEIRA, Maria Clara. **Análise da qualidade do ar em Fortaleza: um estudo de caso.** Ambiente Construído, Porto Alegre, ANTAC, 2020. v. 20, n. 4, p. 457-472. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000400457>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SILVA, Ana Paula; SOUZA, João Carlos; OLIVEIRA, Maria Clara. **Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados.** Ambiente Construído, Porto Alegre, ANTAC, 2020. v. 20, n. 2, p. 391-406. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200391>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SILVA, M. J.; PEREIRA, L. A. (2019). **Tecnologias para a Sustentabilidade Energética em Construções.** Revista Brasileira de Engenharia Sustentável, 12(3), p. 45-58.

SOUZA, M. S. (2016). **(Des) conforto térmico e qualidade de vida em conjuntos habitacionais.** In: Anais do Pluris 2016. [S.I.]: [s.n.]. Disponível em: Paper830.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

VILLAS BOAS, F. **Circulação do ar e conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Editora Clima, 1983.

PROJETEEE. **Dados de precipitação anual em Macapá.** 2018. Disponível em: http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=AP++Macap%C3%A1&id_cidade=bra_ap_macaap-alcolumbre.intl.ap.820980_inmet. Acesso em: 27 de outubro de 2024.

PEREIRA, J. F.; SANTOS, M. L. **Uso de materiais isolantes na argamassa para eficiência energética.** Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2018.

RODRIGUES, A. G.; LIMA, S. C. **Técnicas de construção e o conforto térmico em habitações de interesse social.** Recife: Editora Habitação, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2015

