ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Influência dos Parâmetros Construtivos no Conforto Térmico de Edificações Residenciais em Belo Horizonte (MG)

The Influence of Construction Parameters on the Thermal Comfort of Residential Buildings in Belo Horizonte (MG)

Camila Carvalho Ferreira
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | camilaccferreira@yahoo.com.br
Annie Ludgero Queiroz Ribeiro
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | ludgeroannie@gmail.com
Lorena Lisboa Mattiazzo
UFMG | Belo Horizonte | Brasil | lorenalmattiazzo@gmail.com

Resumo

Com o crescimento urbano e a crescente demanda por moradias, garantir conforto térmico tornou-se crucial para melhorar a qualidade dos ambientes construídos. Este artigo analisa a adequação de parâmetros das normativas edilícias locais e nacionais e seu rebatimento no conforto térmico dos usuários de edificações em Belo Horizonte (MG). Para isso um edifício residencial multifamiliar foi modelado no EnergyPlus© com variações na composição e cores das paredes externas e área de aberturas, analisando as horas de conforto térmico resultantes em cada ambiente de permanência prolongada. Os resultados apontam que a absortância das fachadas e os tamanhos de abertura são importantes para obtenção do conforto, indicando a necessidade destes parâmetros serem devidamente considerados nas legislações. Outros resultados mostram a influência da composição das paredes no ganho de calor e que aberturas maiores requerem proteção solar para melhoria do conforto. Conclui-se que a permissividade apresentada nas legislações é insuficiente para garantir conforto, havendo incoerência entre recomendações construtivas e a realidade do cenário atual, evidenciando o desconforto por calor e consequente aumento no consumo de energia no setor residencial.

Palavras-chave: Normas. Legislações. Conforto térmico. Simulação computacional. EnergyPlus. Parâmetros construtivos. Eficiência energética.

Abstract

With urban growth and the increasing demand for housing, ensuring thermal comfort has become crucial to improving the quality of built environments. This article analyzes the adequacy of local and national building regulations and their impact on the thermal comfort of building occupants in Belo Horizonte, MG, Brazil. To this aim, a multifamily residential building was modeled in EnergyPlus©, with variations in the composition and color of exterior walls and window areas, analyzing the resulting thermal comfort hours in each long-stay environment. The results indicate that facade absorptance and window sizes are significant factors in

Como citar:
SOBRENOMEDOAUTOR, A. Template para a conferência ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

achieving thermal comfort, suggesting that these parameters should be appropriately considered in building regulations. Other findings show the influence of wall composition on heat gain and that larger windows require solar protection to improve comfort. It is concluded that the current legislative permissiveness is insufficient to ensure comfort, highlighting inconsistencies between constructive recommendations and the reality of the current scenario, which results in discomfort due to heat and consequently increases energy consumption in the residential sector.

Keywords: Standards. Legislations. Thermal comfort. Computational simulation. EnergyPlus. Construction parameters. Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

Dado o aumento da densidade populacional, a demanda crescente por habitação urbana e os desafios ambientais contemporâneos, a importância do conforto térmico nos ambientes construídos fica evidenciada. A eficiência energética nas edificações é crucial para melhorar a qualidade de vida, reduzir consumo e desperdícios de recursos. Fatores relevantes, como a absortância das fachadas, o tamanho das aberturas e o sombreamento das aberturas, são fundamentais para garantir residências confortáveis e energeticamente eficientes, influenciando o ganho de calor interno e a ventilação natural [1]. Um fato relevante neste contexto é que as legislações vigentes, que fundamentam o planejamento urbano, como o código de obras, raramente abordam aspectos referentes às demandas energéticas e ambientais [2].

O desconforto térmico nos edifícios é influenciado pelo acúmulo de carga térmica devido à exposição solar que, entre outros fatores, varia com a absortância solar das superfícies externas. Esta propriedade é a razão entre a energia solar absorvida pela superfície e a energia solar total incidente sobre ela [3]. As absortâncias da envoltória determinam o impacto da radiação solar nos ambientes, afetando diretamente a quantidade de energia que eleva as temperaturas internas [4]. Para a zona bioclimática 3, que inclui Belo Horizonte, a NBR 15.575 [5] recomenda transmitância térmica menor ou igual 3,70 W/m²K, para fachadas com absortância solar até 0,6. Para absortâncias superiores a 0,6, indica-se transmitância térmica menor ou igual a 2,5 W/m²K.

Em contrapartida, o Código de Obras de Belo Horizonte [6], que rege obrigatoriamente os parâmetros construtivos permitidos na cidade, não estabelece indicações precisas para a absortância, não havendo qualquer limitação para o uso de cores escuras na envoltória das edificações. Assim, a legislação vigente tem viabilizado escolhas amplas de tipos e cores de materiais de novas construções, podendo intensificar o desconforto térmico e, consequentemente, os impactos climáticos do ambiente construído já consolidado.

Outro fator impactante no estabelecimento de condições termicamente satisfatórias em uma edificação é a ventilação natural, especialmente em climas quentes como os equatoriais e tropicais, este a qual a cidade se insere [1, 7, 8]. A NBR 15.575 [5] estabelece como critério no mínimo 7% da área do piso para o tamanho das aberturas, para a região em estudo. Quanto ao Código de Obras, o valor de referência indicado equivale a um sexto da área de piso (aproximadamente 16%). Entretanto, essas diretrizes podem ser insuficientes para o clima local, pois trabalha somente com

parâmetros mínimos [8]. Por sua vez, a NBR 15.220 [9] supera esses parâmetros pois indica a necessidade de sombreamento e adiciona referências de faixas de tamanhos das aberturas, além de recomendar proporções maiores, de 15% a 25% da área de piso.

A legislação local não define parâmetros para o conforto ambiental, apesar de enfatizar a necessidade de elementos construtivos sustentáveis, preservando recursos naturais e garantindo conforto térmico interno sem impactar o externo [6]. Destaca-se a necessidade de uma regulamentação mais expressiva dos parâmetros construtivos para garantir o conforto térmico adequado às residências, isso inclui a compatibilização do Código de Obras com as recomendações dadas por normas.

Este estudo visa colaborar com uma reflexão sobre a adequação de parâmetros selecionados das normativas edilícias locais e nacionais e seu rebatimento no conforto térmico dos usuários de edificações residenciais da cidade de Belo Horizonte, MG.

Esta pesquisa é resultante de um trabalho de iniciação científica voluntária.

METODOLOGIA

Para as análises propostas, foi utilizada como base uma edificação residencial multifamiliar de 11 pavimentos em Belo Horizonte, considerando quatro variáveis para fins de comparação: composição das paredes externas, absortância das fachadas, tamanhos das aberturas e presença ou ausência de sombreamento. A análise será baseada nas horas de conforto dos ambientes de permanência prolongada (espaços que acomodam indivíduos por longos períodos como sala e dormitórios) resultantes para cada caso, obtidas utilizando o *software EnergyPlus*© versão 23.1.0 para o período de um ano.

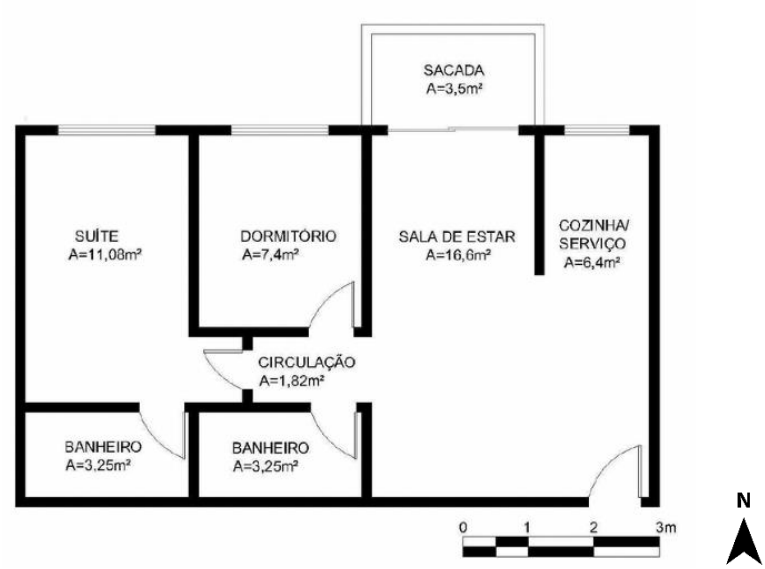
CLIMA

O clima de Belo Horizonte é caracterizado pela existência de duas estações distintas, um período de seca no inverno com temperaturas mais amenas e chuvoso no verão com temperaturas mais altas, com temperatura média anual de 22,1°C e total médio anual de chuvas de 1578,3 mm (INMET, 2020).

EDIFICAÇÃO REFERÊNCIA

A tipologia para estudo de caso representativo para Belo Horizonte é uma edificação residencial multifamiliar de 11 pavimentos (Figura 1). A edificação selecionada baseou-se nos estudos de autores como [10], [11] e [12], que se dedicaram à definição de edificações de referência para o setor residencial brasileiro. Cada unidade habitacional possui 50 m^2 em que cada cômodo foi representado como uma zona térmica, conforme a planta do pavimento tipo apresentada na Figura 1.

Figura 1: Planta pavimento tipo de modelo residencial analisado.



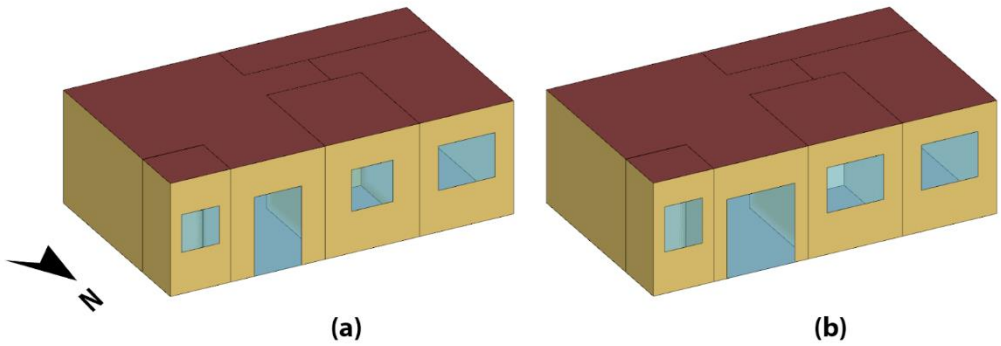
Fontes: [10]; [11] e [12].

CARACTERÍSTICAS TERMOFÍSICAS DO MODELO

No que diz respeito aos materiais, foram analisadas dois tipos de paredes externas, com propriedades termofísicas em acordo com a NBR 15.220 [9]. A primeira opção é composta por blocos cerâmicos revestidos interna e externamente com argamassa. A segunda opção tem como composição blocos de concreto, poliestireno expandido e placa de alumínio. As propriedades termofísicas dos materiais são encontrados na Tabela 1. A escolha das paredes foi baseada na intenção em analisar composições com características termofísicas distintas. A segunda opção de parede foi selecionada por apresentar características termofísicas bem distintas em relação à primeira, ainda que seja uma composição pouco utilizada.

Ambas estruturas tiveram a pintura externa variada entre tinta clara e escura com respectivas absortâncias de 0,3 e 0,7, a fim de testar a influência da absotância da fachada. Ainda, cada configuração foi testada em duas condições de ventilação diferentes: aberturas equivalentes a 16% (a) e 25% (b) da área do piso, conforme é mostrado na Figura 2, segundo exigências do código de obras de Belo Horizonte e recomendações de Mahoney.

Figura 2: Representação na modelagem dos tamanhos de abertura avaliados para o pavimento tipo da edificação referência



Fonte: as autoras.

As conformações levaram em consideração a utilização de mesma cobertura para o último pavimento da edificação, composta por laje pré-moldada de concreto e telha cerâmica. Para as demais lajes de piso entre pavimentos foi utilizada laje pré-moldada de concreto.

Foram considerados valores de resistência térmica da câmara de ar de 0,16 m²K/W para paredes e 0,21 m²K/W para a cobertura [9]. Nas aberturas foi utilizado vidro comum com espessura 3 mm e transmitância solar 0,84.

A partir dessas combinações, resultaram oitos simulações distintas.

Tabela 1: Características dos materiais utilizados nas simulações computacionais

Materiais	Composição por camadas	Absortância	Transmitância térmica [W/m²·K]	Capacidade térmica [kJ/(m²·K)]
Parede bloco cerâmico	Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14 x 19 x 29cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	0,3 e 0,7	1,85	161
Parede chapa metálica	Argamassa interna (2,5cm) Bloco concreto (14 x 19 x 39cm) Poliestireno (2,5cm) Placa alumínio composto (α)	0,3 e 0,7	2,63	320

Materiais	Composição por camadas	Absortância	Transmitância térmica [W/m²·K]	Capacidade térmica [kJ/(m²·K)]
Laje de piso concreto	Forro gesso (1cm) Laje pré-moldada - concreto 4cm, lajota cerâmica 7cm e argamassa 1cm. (12cm) Contrapiso (2cm) Piso cerâmico (0,75cm)	0,7	1,75	279
Cobertura telha cerâmica	Laje concreto - concreto 4cm, lajota cerâmica 7cm e argamassa 1cm. (12cm) Câmara de ar (5cm) Telha cerâmica	0,7	1,79	185

Fonte: as autoras.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL TERMOENERGÉTICA

Para a análise as simulações no programa *EnergyPlus*© versão 23.1.0 será utilizado o arquivo climático TMYx AP.835830, referente à estação Andrade Pampulha, Belo Horizonte [8]. A edificação foi modelada conforme as características e dimensões já apresentadas. Foram modelados os pavimento térreo devido o contato com o solo, o sexto pavimento em posição intermediária e o pavimento de cobertura. Os demais pavimentos foram considerados repetições do pavimento tipo , conforme prática já usualmente adotada nas análises de desempenho termo-energético de edificações multifamiliares, com o objetivo de simplificar o processo de simulação sem perder na representatividade e precisão das análises.

Para uma avaliação mais precisa do impacto da ventilação no desempenho térmico, optou-se por simular a ventilação natural da edificação pelo "*Airflow Network*" do *EnergyPlus*©. Foi utilizado controle do modo de ventilação conforme a ASHRAE 55, considerando portas e janelas abertas somente quando as temperaturas internas estiverem acima dos níveis de conforto. Essa estratégia foi permitida durante 24h em todos os ambientes.

Quanto à perda de carga, coeficiente definido pela resistência ao fluxo de ar na entrada e saída das aberturas [14], foram adotados valores em função das esquadrias utilizadas. Para as janelas do tipo correr e nas portas cuja abertura é simples o coeficiente de descarga é representado por 0,6. As portas dos banheiros e de entrada foram mantidas sempre fechadas, e janelas dos banheiros consideradas abertas, permitindo o fluxo de ar em todo o período do ano.

A respeito dos parâmetros de entrada de cargas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), foi empregado o padrão mínimo descrito pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)

[15]. Considerou-se duas pessoas por dormitório e a sala utilizada por todos os habitantes, totalizando quatro pessoas. Considerou-se padrão de ocupação dos dormitórios de 0% durante o período de 08:00 às 22:00 e 100% a partir das 22:00 até as 08:00. Para a sala a ocupação variou com 50% de ocupação nos horários de 14:00 as 18:00; 100% das 18:00 às 22:00 e ocupação nula nas demais horas do dia.

AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO PELA ASHRAE 55

Como método de análise do conforto térmico nos ambientes, será utilizado o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 [13], considerando a aceitabilidade de 80% das horas em conforto (Tn±3,5°C).

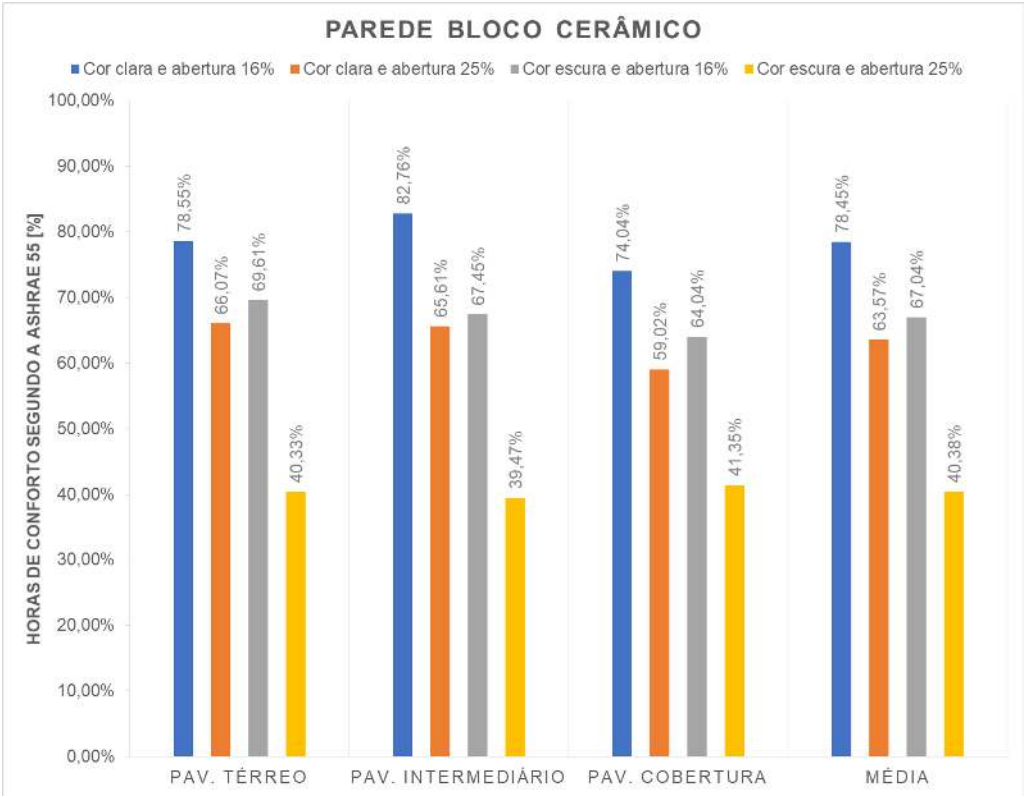
O cálculo da temperatura operativa e da temperatura de conforto do modelo adaptativo foram realizadas pelo próprio *software* de simulação. As horas de conforto resultantes foram utilizadas para a comparação do desempenho dentre as alternativas avaliadas.

RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em quatro gráficos, sendo um apresentando os resultados da simulação com parede de bloco cerâmico, sem veneziana, para as variações adotadas no tamanho das aberturas e na absortância das paredes externas. Outro para parede composta com chapa metálica, sob as mesmas condições. Nos últimos dois gráficos, são apresentados os resultados nas mesmas condições, desta vez considerando-se venezianas para proteção das aberturas.

Nos gráficos, a barra de cor azul é referente à combinação de cor clara com abertura de 16% de área efetiva de ventilação natural, a barra laranja refere-se à combinação de cor clara com abertura de 25% de área efetiva de ventilação natural, a barra cinza à combinação de cor escura com abertura de 16% e, por fim, a barra amarela à combinação de cor escura com abertura de 25%. O eixo vertical refere-se às horas anuais de conforto no ambiente em valores percentuais. O eixo horizontal mostra os resultados obtidos para os diferentes pavimentos da edificação e a média de todos os pavimentos.

Figura 3: Horas de conforto para parede bloco cerâmico com variações de abertura e pintura externa

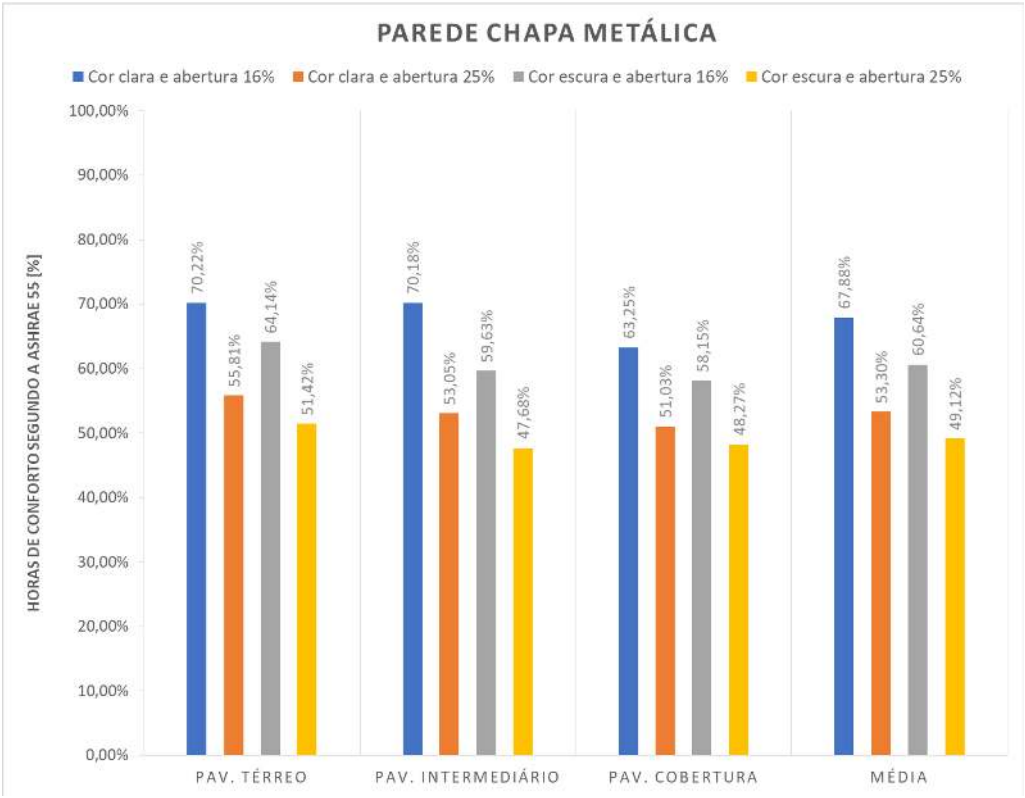


Fonte: as autoras.

Os resultados de horas de conforto para a parede de bloco cerâmico demonstraram um comportamento similar em todos os três pavimentos, embora com variações nos percentuais. O maior percentual de horas de conforto foi observado para o modelo com aberturas pequenas e absortância baixa (0,3), variando entre 74,0% e 82,8% entre os pavimentos. Em seguida, situou-se o modelo com o mesmo tamanho de abertura, mas com absortância alta (0,7), apresentando percentuais entre 64,0% e 69,6%. O menor percentual foi registrado para o modelo com aberturas grandes e absortância alta (0,7), variando entre 39,5% e 41,3%, devido ao aumento do ganho térmico por radiação. A diferença média entre a melhor e a pior condição de conforto foi de 38,1%, equivalente a aproximadamente 3337,6 horas.

A comparação das variações no tamanho das aberturas indicou que as menores áreas proporcionaram melhores condições de conforto, com médias de 78,5% para aberturas pequenas, em contraste com 63,6% para aberturas grandes. No que diz respeito à absortância das paredes externas, as paredes claras exibiram médias de 78,5% e 63,6% de horas de conforto, enquanto as paredes escuras apresentaram médias de 67,0% e 40,4%.

Figura 4: Horas de conforto para parede revestida com chapa metálica com variações de abertura e pintura externa

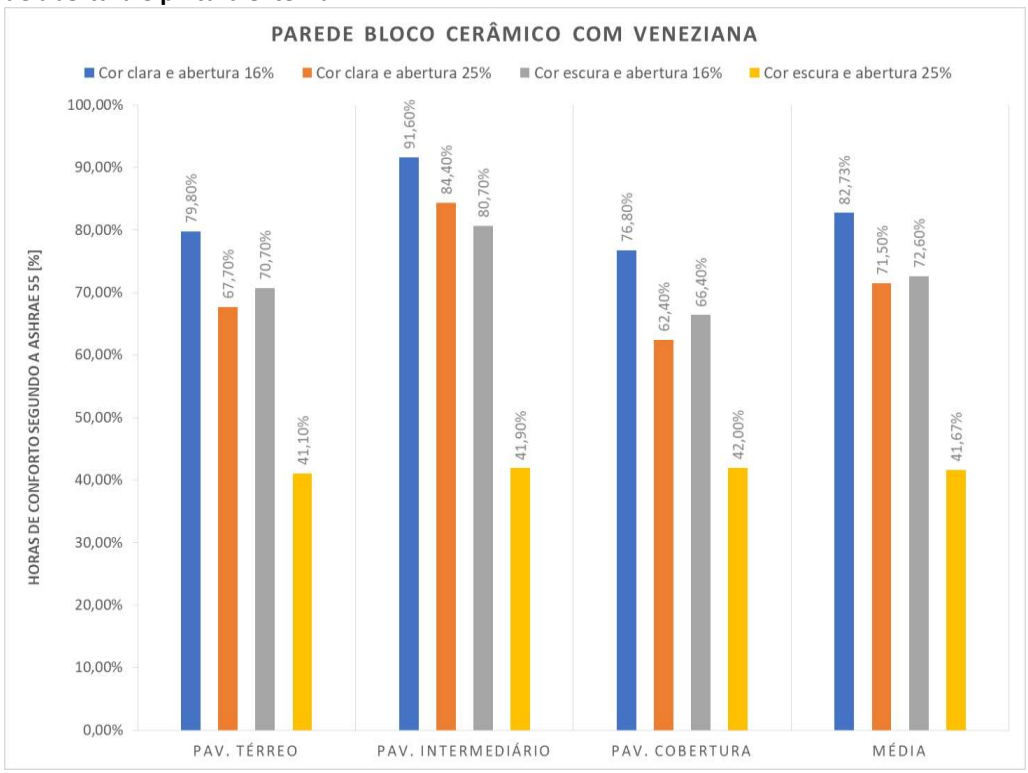


Fonte: as autoras.

Os resultados obtidos para a parede de chapa metálica demonstram comportamentos similares aos da parede de bloco cerâmico em relação às diferentes combinações de tamanho de abertura e absortância das paredes externas. As melhores condições de conforto térmico foram obtidas com a cor clara das fachadas e menor tamanho de aberturas, quando não há elementos de sombreamento, assim como na parede de bloco cerâmico. Este resultado indica a relevância do ganho térmico por radiação no modelo analisado, independente da composição das paredes externas.

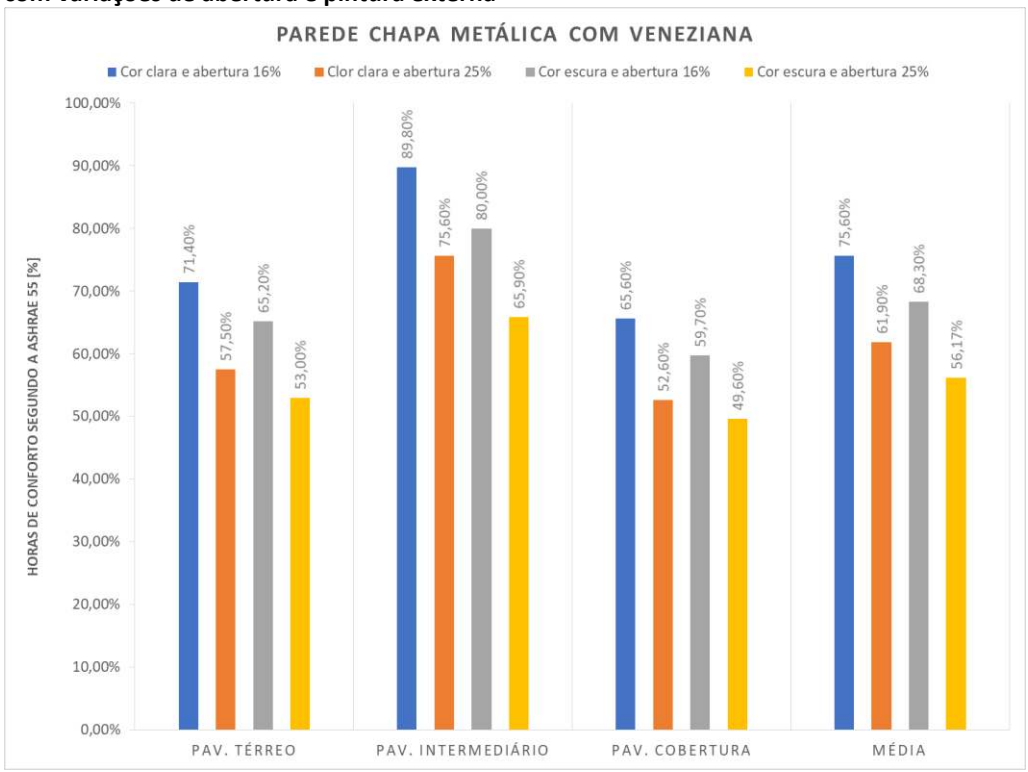
Comparando os dois tipos de parede avaliados, bloco cerâmico e concreto com poliestireno e placa metálica, constata-se que a parede de bloco cerâmico, com transmitância térmica superior e capacidade térmica inferior em relação à outra parede em análise, mais horas de conforto nas simulações. Em contraste, a parede de concreto e placa metálica, com transmitância térmica menor e capacidade térmica de maior, teve um desempenho inferior. Isso sugere que, embora a parede de concreto tenha transmitância térmica superior, esta não é suficiente para garantir o mesmo nível de conforto térmico que o bloco cerâmico.

Figura 5: Horas de conforto para parede bloco cerâmico com sombreamento e com variações de abertura e pintura externa



Fonte: as autoras.

Figura 6: Horas de conforto para parede revestida com chapa metálica com sombreamento e com variações de abertura e pintura externa



Fonte: as autoras.

Diante dos resultados obtidos, as simulações foram refinadas com a inclusão de elementos de sombreamento. Foi adotado o uso de venezianas com aletas horizontais inclinadas a 45° fixadas externamente à edificação. A escolha se deu pela fácil manutenção e ampla utilização na tipologia analisada. A partir dessas novas simulações, observou-se um aumento considerável nas horas de conforto, especialmente nos modelos com cores claras nas fachadas.

A análise geral dos resultados indica que a configuração mais favorável para o conforto térmico no modelo analisado é a com parede de bloco cerâmico, pintura externa clara, aberturas pequenas com elementos de sombreamento. Em contrapartida, a configuração menos favorável inclui parede de bloco cerâmico, pintura externa escura e aberturas de 25% da área do piso, sem elementos de sombreamento, resultando na piora da sensação térmica das residências.

Os resultados indicaram o impacto relevante no conforto térmico do ganho térmico por radiação no modelo analisado, apontando a relevância em se trabalhar com limitações deste ganho pelas aberturas e paredes externas. Desta forma, a falta de limitações para as cores das fachadas comprova os resultados explicitados. Há um crescente aumento na utilização de cores escuras das paredes externas de Belo Horizonte, responsáveis por intensificar o ganho de calor por radiação e o consequente desconforto dos ocupantes. Assim, há uma tendência na adoção do uso de equipamentos elétricos de ventilação e condicionamento de ar como forma de mitigação do desconforto. Isso incide diretamente na elevação dos níveis de consumo energético do país. Conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica [16], em 2022 o consumo de energia no setor residencial aumentou em 2% em relação a 2021, totalizando 30% da demanda por energia elétrica, atrás apenas do setor industrial, com 36,2%.

CONCLUSÕES

Dada a importância do conforto ambiental na concepção das edificações urbanas, este trabalho visou colaborar com uma reflexão sobre a adequação de parâmetros selecionados das normativas edilícias locais e nacionais e seu rebatimento no conforto térmico dos usuários de edificações residenciais em Belo Horizonte, MG.

As simulações e análises mostraram que a variação na composição e absortância solar das fachadas, tamanhos das aberturas e presença de elementos de sombreamento têm impacto importante no desempenho térmico das edificações. Para o edifício multifamiliar estudado, fachadas de menor absortância solar indicaram melhor situação de conforto térmico, resultados similares ao encontrado na literatura [1, 3]. Entretanto, a legislação municipal [6] não apresenta limitações sobre esse parâmetro, o que sugere a implementação de restrições ao uso de cores escuras nas fachadas.

Em estudos semelhantes, [17] revelam desempenho superior na composição de paredes de alvenaria em comparação às de concreto armado para a zona bioclimática representativa de Belo Horizonte. Esses resultados, reforçam as conclusões realizadas a partir das composições de paredes avaliadas, congruentes também com resultados obtidos nos trabalhos de [1] e [3].

Adicionalmente, a área de abertura recomendada pela NBR 15.220 [9] (15% a 25% da área do piso) pode não ser a mais indicada para o conforto térmico sem

sombreamento adequado, em função do aumento da incidência de radiação solar direta no ambiente. Portanto, a restrição no tamanho das aberturas, quando não há sombreamento, é necessária para evitar o desconforto por calor.

A inclusão de venezianas como elemento de sombreamento mostrou-se eficaz, especialmente quando combinadas com fachadas de coloração clara, aumentando consideravelmente o conforto térmico. A entrada de ventilação natural e controle de luz solar permitidos por esses elementos reduz a utilização de sistemas de climatização mecânica em habitações e o consumo de energia associado.

Conclui-se que as regulamentações municipais e normativas relacionadas à construção civil necessitam de revisão e atualização levando em conta esses e demais estudos a fim de minimizar o desconforto dos ocupantes e consumo energético no setor residencial. Implementar parâmetros mais adequados pode minimizar significativamente o desconforto dos ocupantes e reduzir o consumo energético das edificações. Para tal, estudos adicionais se fazem necessários para complementação e aprofundamento deste trabalho, principalmente considerando mais variações de modelos referenciais e sistemas construtivos para compreender de forma abrangente os fatores que influenciam o conforto térmico.

Cita-se como limitações do presente estudo: a amostra foi restrita a um tipo específico de edificação, a variação das características construtivas analisadas reduzida e o estudo ter focado em um único clima.

REFERÊNCIAS

[1] FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A. D.; CARLO, J. C. **Variáveis de influência no desempenho térmico de edificações em regime transiente.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, 12, 2021. p. e021023.

[2] BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. D.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos.** Maceió: UFAL, 2007.

[3] DORNELLES, Kelen. **Absortância Solar de Superfícies Opacas: Métodos de Determinação e Base de Dados para Tintas Látex Acrílica e PVA.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

[4] GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT**. **NBR 15.575**: Edifícios Habitacionais: Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

[6] PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. *LEI Nº 9725, DE 15 DE JULHO DE 2009.* **Regulamentado pelo Decreto nº 13.842/2010. Institui o Código de Edificações do Município de Belo Horizonte e dá outras providências**. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-belo-horizonte-mg. Acesso em: 28 de abril de 2024.

[7] FERREIRA, C. C.; ASSIS, E. S. D.; MARQUES, C. L. O Impacto do Tamanho das Aberturas no Conforto de Ambientes Naturalmente Ventilados. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022.

[8] BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C.. **Introdução à ventilação natural.** Maceió: UFAL, 2 ed, 2006.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT**. **NBR 15.220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.

[10] SORGATO, M. J. **A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 260. 2015.

[11] TEIXEIRA, C. A. et al. **Levantamento das características de edifícios residenciais brasileiros.** Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, p. 87. 2015.

[12] TELLES, C. D. P. **Proposta de simplificação do RTQ-R.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 118. 2016.

[13] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2017.

[14] SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

[15] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Regulamento Técnico da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais.** RTQ-R. 2012. Portaria n.18, de 16 de Janeiro de 2012.

[16] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa De Pesquisa Energética - EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023: ano base 2022.** ed. maio/2023. p. 4.

[17] FERREIRA, C. C.; PEREIRA, I. M. Avaliação do desempenho térmico de habitação de interesse social de acordo com a NBR 15575, para as diversas zonas bioclimáticas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 14., 2012. Anais [...]. Juiz de Fora: ANTAC, 2012.