

Otimização do conforto térmico em um apartamento do Edifício JK em Minas Gerais, Brasil

Optimizing thermal comfort in an apartment in the JK Building in Minas Gerais, Brazil

Júlia Amâncio Fonseca, Mestranda em Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

juliafonsecan@gmail.com

Raquel Diniz Oliveira, Doutorado em Engenharia de Estruturas, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

raqueldo@gmail.com

Número da sessão temática da submissão – [04]

Resumo

As mudanças climáticas trouxeram novos desafios para o setor da construção civil, com impactos particularmente significativos em edifícios históricos. A preservação dessas estruturas exige soluções que concilie o valor arquitetônico à melhoria do conforto térmico e a eficiência energética. Construções antigas, frequentemente erguidas em alvenaria maciça, são especialmente vulneráveis ao superaquecimento, principalmente no contexto do aumento das temperaturas e da maior frequência de eventos climáticos extremos. Nesse cenário, a simulação energética torna-se uma ferramenta importante para a compreensão do desempenho térmico e para orientar intervenções mais eficazes. Este estudo, realizado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do CEFET-MG, seguiu as diretrizes da norma brasileira NBR 15220 e utilizou o software EnergyPlus para avaliar o desempenho térmico de ambientes em um apartamento localizado no Edifício JK, um marco histórico em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Os resultados fornecem uma base para ações de retrofit que preservem a arquitetura original, ao mesmo tempo que melhoram as condições internas, contribuindo para a adaptação deste edifício a um clima em aquecimento.

Palavras-chave: Edifícios históricos; Eficiência energética; Requalificação de edifícios; Simulação energética

Abstract

Climate change has introduced new challenges to the construction sector, with particularly significant impacts on historic buildings. The preservation of these structures requires solutions that reconcile architectural value with improvements in thermal comfort and energy efficiency. Older constructions, often built with solid masonry, are especially vulnerable to overheating, particularly in the context of rising temperatures and the increasing frequency of extreme weather events. In this scenario, energy

simulation becomes an important tool for understanding thermal performance and guiding more effective interventions. This study, conducted within the Graduate Program in Civil Engineering at CEFET-MG, followed the guidelines of the Brazilian standard NBR 15220 and used the EnergyPlus software to evaluate the thermal performance of indoor environments in an apartment located in the JK Building, a historic landmark in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. The results provide a basis for retrofit actions that preserve the original architecture while improving indoor conditions, contributing to the adaptation of this building to a warming climate.

Keywords: *Historic buildings; Energy efficiency; Building retrofitting; Energy simulation*

1. Introdução

As mudanças climáticas têm imposto desafios crescentes a diferentes cenários da vida humana, e o setor da construção civil possui influência significativa nisto. Nesse contexto, o estudo do desempenho térmico e da eficiência energética das edificações, sobretudo no que se refere à conservação do patrimônio construído — geralmente composto por edificações mais antigas —, torna-se imprescindível (Zhao et al., 2025). Além disso, o aumento das temperaturas médias e a maior frequência de eventos climáticos extremos têm intensificado o risco de sobreaquecimento interno, afetando inclusive edificações históricas que, além de valor cultural, carregam relevância artística (Wang et al., 2025).

Como apontado por Dong et al. (2005), a construção civil é responsável por uma parcela significativa do consumo de energia e das emissões de gases de efeito estufa, evidenciando a importância de estudos voltados à eficiência energética e conforto térmico como parte de práticas sustentáveis no setor. Nesse sentido, Gomes et al. (2021) destacam a simulação energética como uma ferramenta fundamental para a análise do desempenho térmico de edificações, aplicável tanto em investigações de modelagem computacional quanto em projetos de otimização, assim como exemplificado por Zhou et al. (2019).

Isto posto, uma das principais vantagens dessas simulações, segundo Steadman et al. (2020), é a possibilidade de integrar dados geométricos e construtivos a estratégias de retrofit, fornecendo subsídios a políticas públicas voltadas para edificações mais confortáveis e eficientes — uma abordagem que alia sustentabilidade e bem-estar. Entre as ferramentas disponíveis, o software EnergyPlus tem sido amplamente empregado em pesquisas sobre eficiência energética e conforto térmico (Bontekoe et al., 2021). Entretanto, os resultados de soluções convencionais nem sempre atendem plenamente às condições de conforto, o que motiva a exploração de alternativas, como o isolamento interno, visando melhorias no desempenho térmico e na qualidade de vida dos usuários (Basinska et al., 2021).

Ademais, estudos recentes reforçam a relevância de intervenções que busquem conciliar a melhoria do desempenho térmico e energético com a preservação da arquitetura original (Zhao et al., 2025; Amorim et al., 2019). No caso de edificações históricas de alvenaria, tais ações são essenciais para garantir temperaturas internas adequadas mesmo diante das projeções de aquecimento global (Wang et al., 2025).

Diante disso, o trabalho apresentado é proveniente de uma pesquisa científica desenvolvida na disciplina de “Tópicos Especiais em Simulação Numérica de Problemas Termodinâmicos e Conforto Térmico”, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), com o objetivo de apresentar a simulação feita com base nas diretrizes da norma NBR 15220 (ABNT, 2005) e o software EnergyPlus, a fim de colaborar à melhoria do conforto térmico de alguns cômodos de um apartamento localizado em um edifício histórico da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

2. Materiais e Método

Em síntese, a metodologia deste trabalho consistiu no entendimento do conforto térmico

para melhorias parte de um apartamento situado no 9º andar do Edifício JK, Bloco A, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. O arquivo climático usado na simulação foi de formato “TMYx.epw” (EnergyPlus, 2025). O software utilizado para a simulação foi o EnergyPlus versão 9.6.0 e o SketchUp versão 17 foi o programa que possibilitou as visualizações do modelo tridimensional gerado.

2.1. Local de estudo

O Conjunto Habitacional Governador Juscelino Kubitschek, Conjunto JK ou Edifício JK, trata-se de dois blocos construídos na cidade de Belo Horizonte, projetados pelo arquiteto Oscar Niemeyer. O bloco A possui 23 (vinte e três) andares, enquanto o bloco B 36 (trinta e seis) andares. Na Figura 1 são mostrados os edifícios do Conjunto JK (UFMG, 2022).

O bloco A está localizado a latitude $19^{\circ} 55' 27''$ S e longitude $43^{\circ} 56' 47''$ O, aproximadamente. Na Figura 2 é exibida a planta completa do apartamento considerado para a simulação. Ressalta-se que, em primeira instância, foram adotados alguns cômodos deste apartamento para a simulação, sendo, respectivamente: sala, quarto 01, quarto 02 e corredor, uma adaptação da planta encontrada como disponível na internet.



Figura 1: Edifícios do Conjunto JK. Fonte: Arquivo pessoal (2025).

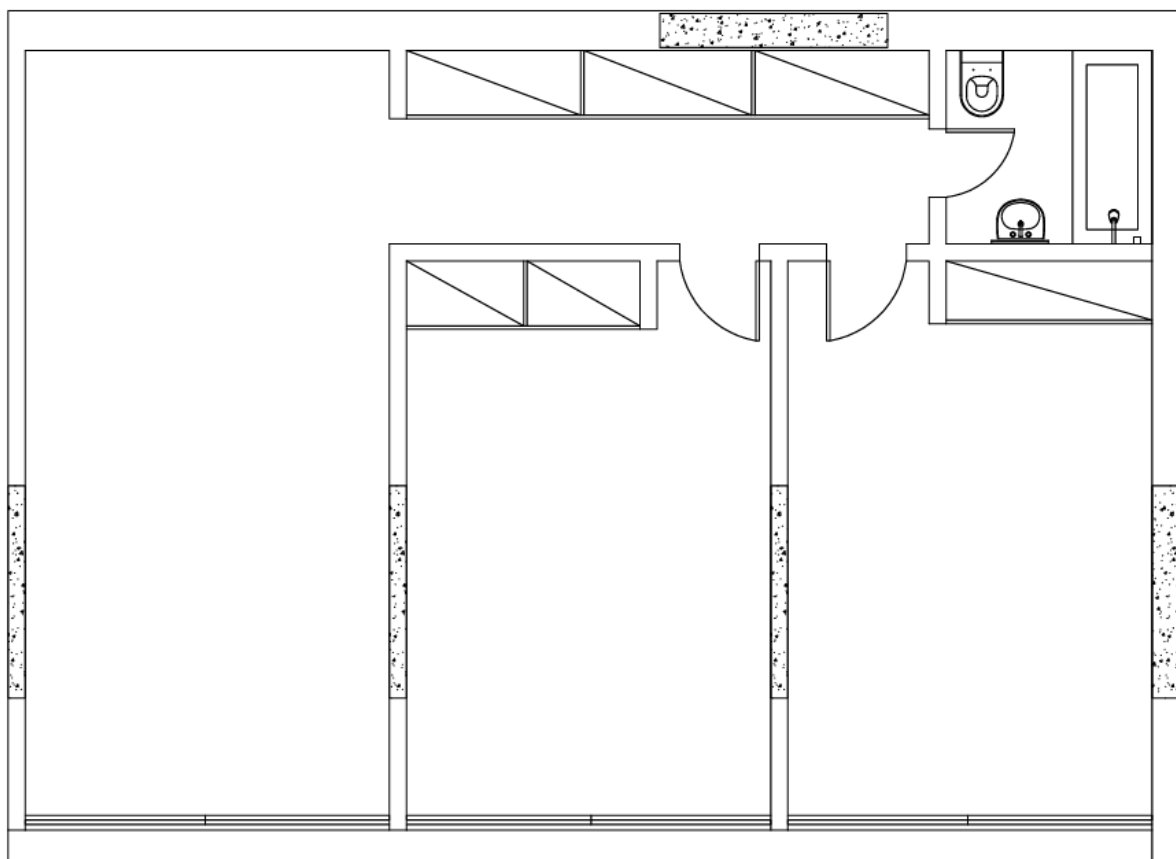


Figura 2: Planta base original completa do apartamento adotado como estudo de caso – escala gráfica: 1:50.
Fonte: (VIVA JK, 2021).

2.2. Condições climáticas e materiais

Para a simulação, foi utilizado o arquivo climático “BRA_MG_Belo.Horizonte-Pampulha.AP.835830_TRY.1995”, o qual possui dados climáticos da região onde o edifício histórico se encontra inserido. O edifício foi mantido com a orientação do norte estabelecido no arquivo de origem.

Para determinação dos materiais de construção, por se tratar de uma edificação reconhecida com o uso predominante em concreto (UFMG, 2022), a NBR 15220 (ABNT, 2005) foi consultada, mas o principal material de construção admitido foi o concreto.

2.3. Parâmetros admitidos para a simulação

Como mencionado, o software que auxiliou a visualização do arquivo tridimensional geral criado foi o SketchUp, como exibido na Figura 3. As Figuras 2 e 3 são semelhantes em termo de dimensões, a diferença existente entre elas é apenas a junção do corredor com o banheiro para uma única zona no arquivo de simulação. Em seguida, antes de se realizar a simulação, foram necessários definir alguns parâmetros no arquivo .idf, que é o formato para o

EnergyPlus.

Ao abrir a janela EP-Launch, deve-se selecionar o arquivo tridimensional salvo em formato .idf e clicar em “Edit IDF-Editor”, como demonstra a Figura 4. Em seguida, as autoras utilizaram o atalho do teclado “Ctrl+L” para que o EnergyPlus exiba os 37 parâmetros que devem ser visitados para ajustes e/ou criações de configurações para a simulação. Destes 37 itens, alguns já são provenientes de configurações do próprio programa. Para fins de possibilitar a reprodução da simulação feita, convém mencionar as abas abaixo para fins de orientações:

- Site:GroundTemperature:BuildingSurface – após o primeiro teste de simulação, notou-se que foram solicitados valores de temperaturas entre 15°C e 25°C.
- Material – configura-se o(s) material(is) que deverão ser considerados para a simulação.
- Zone – insere-se cada zona com o respectivo nome.
- BuildingSurface:Detailed – insere-se as configurações básicas de cada parede, piso e teto; para todas as zonas.
- FenestrationSurface:Detailed – insere-se os dados básicos para portas e janelas.
- People – configura-se o número de pessoas para cada zona principal. Para os quartos foram consideradas duas pessoas e para a sala 4.
- AirflowNetwork:MultZone:Surface – especifica-se o sistema de abertura para cada porta e janela, isto é, quando estarão abertas e quando fechadas.

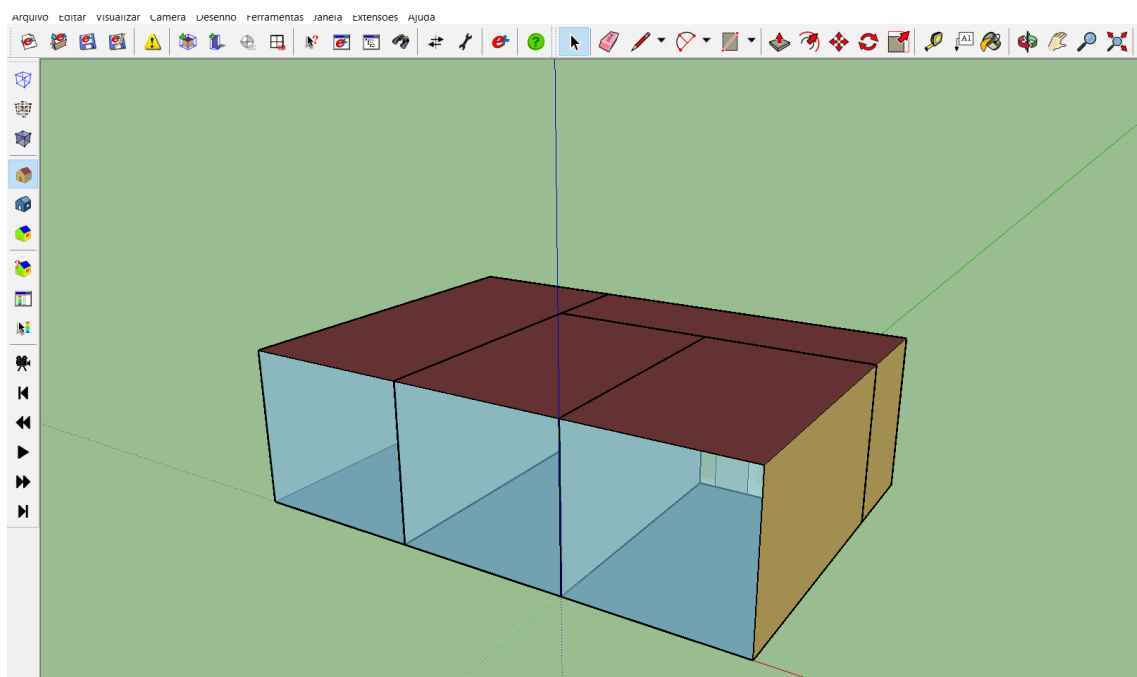


Figura 3: Modelo tridimensional criado para a simulação. Fonte: Sketchup (2025).

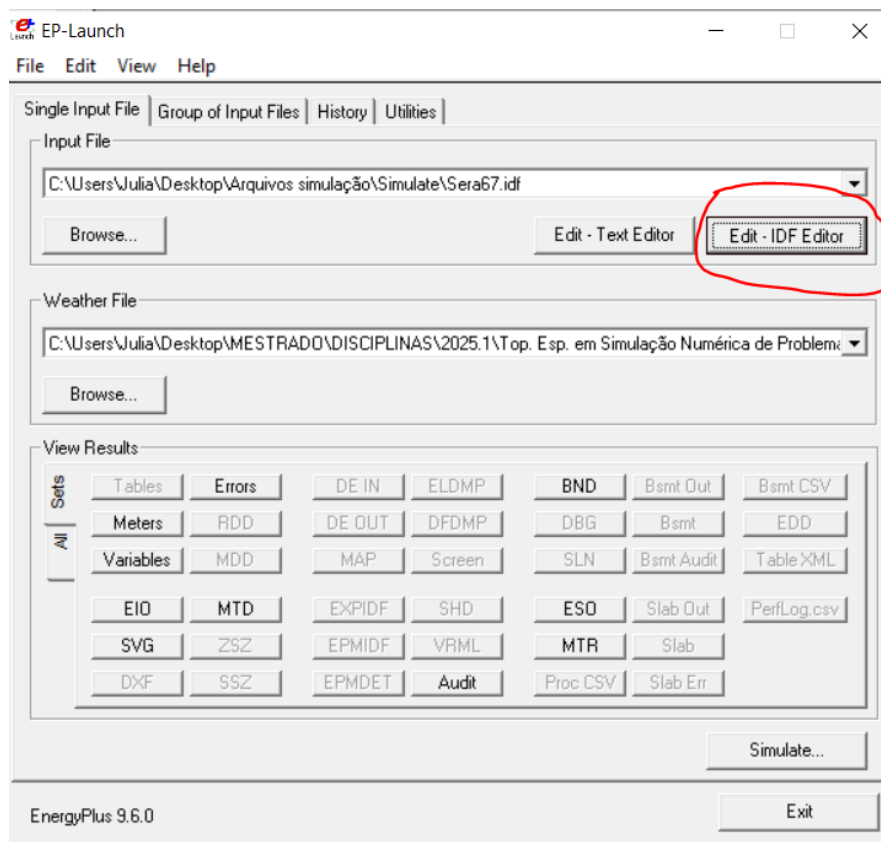


Figura 4: Janela inicial para edições em arquivo .idf. Fonte: EnergyPlus (2025).

3. Validação e Análise dos Resultados

Após a simulação, os dados foram organizados de forma visual. O estudo feito por Carlucci et al. (2020) recomendam não tratar o edifício como um espaço térmico homogêneo e essa recomendação foi seguida com a criação de 4 zonas para o estudo de caso, sendo elas: quarto 01, quarto 02, sala e corredor. Na Figura 5 são exibidas as porcentagens de desconforto por frio, desconforto por calor e conforto para as 3 zonas principais: quarto 01, quarto 02 e sala. Nota-se que na sala 81,1% se adequa a melhores condições de conforto, o que pode ser explicado por ela se distanciar mais da parede que possui contato externo direto com a radiação solar, como o quarto 02. É notório que o quarto 01 ficou com o maior percentual de desconforto por calor. Isto pode ser explicado por ele possuir contato direto com as duas zonas que recebem radiação solar externa, que são o quarto 02 e corredor.

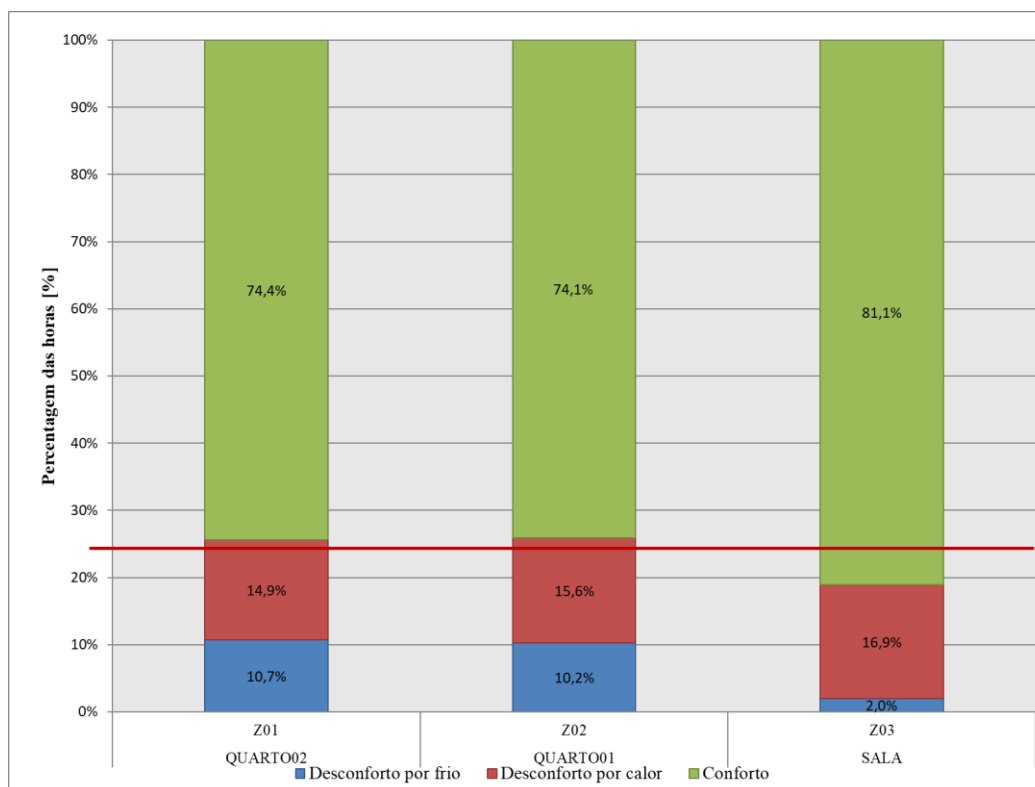


Figura 5: Gráfico de desconfortos por frio, calor ou conforto x percentagem das horas. Fonte: As autoras (2025)

No Quadro 1 exibe-se a tabela das horas de desconforto e conforto de temperaturas quentes e frias por meio de diferentes zonas, com as temperaturas máximas e mínimas destas, enquanto no Quadro 2 mostra-se a percentagem média de conforto dos cômodos do apartamento considerados para a simulação. É possível perceber que o quarto 02 apresenta 2.245 horas de desconforto, o que equivale a 25,6%, enquanto o quarto 01 2.266 horas de desconforto (25,9%) e a sala 1.657 horas (18,9%). O diagnóstico feito por Abokersh et al. (2021) pode ser relacionado com o caso de estudo em questão, pois nele foram quantificadas fontes de incerteza e características da edificação, como propriedades do vidro e fachada, para determinar as zonas que deveriam ser priorizados para intervenções com vedação, sombreamento ou isolamentos.

Quadro 1: Horas de desconforto e conforto com temperaturas máximas e mínimas nas principais zonas.

	Zona Térmica	Horas de Desconforto						Horas de Conforto		Temperaturas	
		Frio [h]	Calor [h]	Total [h]	Frio [%]	Calor [%]	Total [%]	Total [h]	Total [%]	Tmax	Tmin
QUARTO02	Z01	940	1305	2245	10,7%	14,9%	25,6%	6515	74,4%	33,52	18,37
QUARTO01	Z02	897	1369	2266	10,2%	15,6%	25,9%	6494	74,1%	33,72	18,39
SALA	Z03	173	1484	1657	2,0%	16,9%	18,9%	7103	81,1%	33,76	18,39

Fonte: As autoras (2025).

Além disso, abordagens como a de Shan et al. (2020), que acoplam Computational Fluid Dynamic (CFD) e simulação com o EnergyPlus em zonas definidas para especificar os pontos que carecem de ajustes térmicos e economia de energia podem ser relacionadas com esta por meio de recomendações como ventilação cruzada controlada, por exemplo.

Na Figura 6 mostra-se, em forma de gráfico de linhas, a distribuição do conforto térmico para diversas horas do ano. É possível perceber a partir do horário de 2.281 as temperaturas começam a cair e essa queda é frequente até o valor de 5.321 horas. Ao realizar uma aproximação destes valores com os meses do ano, é possível perceber que isto ocorre, aproximadamente, entre os meses de março e julho, que é o período em que termina o verão, tem-se a estação de outono e parte do inverno.

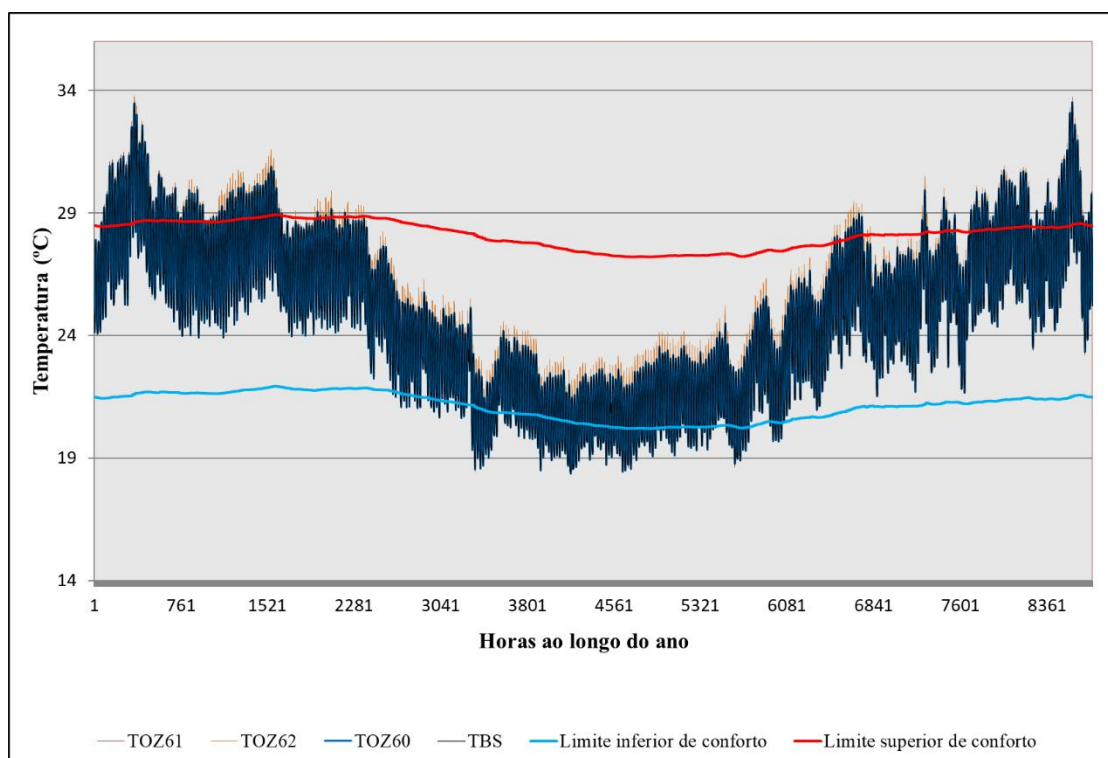


Figura 6: Gráfico de horas ao longo do ano x temperatura. Fonte: As autoras (2025).

Quadro 2: Inclusão de porcentagem média do conforto térmico do edifício nas principais zonas.

Zona Térmica	Horas de Desconforto						Horas de Conforto	
	Frio [h]	Calor [h]	Total [h]	Frio [%]	Calor [%]	Total [%]	Total [h]	Total [%]
Z01	940	1305	2245	10,7%	14,9%	25,6%	6515	74,4%
Z02	897	1369	2266	10,2%	15,6%	25,9%	6494	74,1%
Z03	173	1484	1657	2,0%	16,9%	18,9%	7103	81,1%
						Média	6704	76,5%

Fonte: As autoras (2025).

Em suma, os achados estão alinhados às recomendações de Carlucci et al. (2020), que defendem o uso de métricas capazes de refletir a variabilidade temporal e espacial do conforto térmico. A análise por zona realizada neste estudo — com identificação clara das diferenças entre cômodos e da influência das características construtivas — representa uma aplicação prática dessa abordagem metodológica. Adicionalmente, a detecção de um período

específico de redução das temperaturas, entre aproximadamente março e julho, reforça o argumento de Carlucci et al. (2020) quanto à necessidade de interpretação sazonal para resultados mais precisos.

Por outro lado, Shan *et al.* (2020) destacam que a identificação das zonas críticas de desconforto é um passo essencial para o desenvolvimento de estratégias de *retrofit* e otimização de desempenho térmico em edificações existentes. A constatação de que o Quarto 01 apresenta maiores taxas de desconforto por calor, devido à sua posição e ao contato com superfícies expostas à radiação solar, exemplifica como a análise pontual pode direcionar intervenções específicas, como sombreamento localizado, uso de materiais de maior resistência térmica ou alterações na ventilação.

4. Conclusão

A análise do conforto térmico por zonas do edifício histórico demonstra que a avaliação individual de ambientes é essencial para identificar pontos críticos e propor intervenções direcionadas, confirmando a hipótese de que a orientação solar e a exposição às superfícies externas são determinantes no desempenho térmico interno. A metodologia de simulação empregada mostrou-se adequada para evidenciar diferenças de desempenho entre cômodos, embora apresente limitações de dados reais, o que restringe a extrapolação dos resultados para os cenários de estudo.

Ademais, os achados reforçam a importância de integrar métricas específicas e análise por zonas no diagnóstico de conforto térmico, conforme apresentado em estudos recentes, o que amplia a aplicabilidade dos resultados em estratégias de *retrofit* e de projeto. Como continuidade, recomenda-se a aplicação do método em diferentes tipologias construtivas e climas, incorporando dados experimentais *in loco* para validar e ajustar os modelos de simulação, de modo a aprimorar a confiabilidade dos diagnósticos e o direcionamento de soluções construtivas mais sustentáveis.

Referências

ABOKERSH, Mohamed Hany; SPIEKMAN, Marleen; VIJLBRIEF, Olav; VAN GOCH, T. A. J.; VALLÈS, Manel; BOER, Dieter. A real-time diagnostic tool for evaluating the thermal performance of nearly zero energy buildings. **Applied Energy**, v. 281, 116091, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116091>.

AMORIM, Cláudia Naves David et al. Eficiência energética e iluminação natural: critérios para intervenção em edifícios modernos não residenciais do Plano Piloto de Brasília. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2019, João Pessoa. Anais... João Pessoa: **ANTAC**, 2019. p. 2312-2320.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico das edificações. Rio de Janeiro, 2005.

BASIŃSKA, Małgorzata; KACZOREK, Dobrosława; KOCZYK, Halina. Economic and energy analysis of building retrofitting using internal insulations. **Energies**, v. 14, n. 9, p. 2446,

2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14092446>.

BONTEKOE, Eelke et al. Retrofit of a 1970s apartment building into energy plus: results of a prototype apartment. Bruges, Belgium. **IBPSA**, 2021. p. 399-406. DOI: <https://doi.org/10.26868/25222708.2021.30647>.

GOMES, Ricardo; FERREIRA, Ana; AZEVEDO, Luís; NETO, Rui Costa; AELENEI, Laura Elena; SILVA, Carlos. Retrofit measures evaluation considering thermal comfort using building energy simulation: two Lisbon households. **Advances in Building Energy Research**, v. 15, n. 3, p. 291–314, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/17512549.2018.1520646>

CARLUCCI, Salvatore; CAUSONE, Francesco; DE ROSA, Mattia; PAGLIANO, Lorenzo. A review of indices for assessing visual and thermal comfort in buildings. **Energy and Buildings**, v. 221, 110102, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110102>.

DONG, Bonnie; KENNEDY, Christopher; PRESSNAIL, Kim. Comparing life cycle implications of building retrofit and replacement options. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 32, n. 6, p. 1051-1063, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1139/L05-061>.

ENERGYPLUS. BRA_Belo Horizonte-Pampulha.835830_SWERA.epw. **Weather file para simulações**. Disponível em: https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/. Acesso em: 10 jul. 2025.

SHAN, Xiaofang; LUO, Na; SUN, Kaiyu; HONG, Tianzhen; LEE, Yi-Kuen; LU, Wei-Zhen. Coupling CFD and building energy modelling to optimize the operation of a large open office space for occupant comfort. **Sustainable Cities and Society**, v. 60, 102142, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102142>.

STEADMAN, Philip et al. Building stock energy modelling in the UK: the 3DStock method and the London Building Stock Model. **Buildings and Cities**, v. 1, n. 1, p. 100-119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5334/bc.52>.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. **Edifício JK é tombado como Patrimônio Cultural de Belo Horizonte**. Comunicação-Notícias, 19 maio 2022 (atualizado em 25 maio 2022). Disponível em: <<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/edificio-jk-e-tombado-como-patrimonio-cultural-de-belo-horizonte>>. Acesso em: 11 ago. 2025.

WANG, Shuyi; LI, Yuwei; HE, Beisi. Climate change adaptation strategies for thermal comfort in heritage residential buildings: A case study of Lilong Houses in Shanghai. **Discover Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43238-025-00183-2>.

VIVA JK. **O JK**. 2021. Disponível em: <<https://vivajk.org/o-jk/>>. Acesso em: 03 dez. 2025.

ZHAO, Jingxuan et al. Adaptive thermal comfort in historic residential buildings under climate change: Evidence from field surveys and simulations. **Sustainable Cities and Society**, v. 110, p. 105-413, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105413>.

ZHOU, Xiaoqing et al. Energy efficiency optimization for building envelopes on a green campus in Guangzhou. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 238, p. 012072, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/238/1/012072>.