XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8811

Avaliação da influência do sistema de isolamento térmico capoto no desempenho termoenergético de edificação habitacional

Evaluation of the influence of the Capoto thermal insulation system on the thermal performance of residential buildings

Marta Baltar Alves
UFPel - UCS | Pelotas | Brasil | mbalves3@ucs.br
Luciane Andreola Beber
UFPel| Pelotas | Brasil | luandreolabeber@gmail.com
Gabriela Meller
UFPel| Pelotas | Brasil | gabrielameller0@gmail.com
Clarissa Sartori Ziebell
UFRGS|Porto Alegre |Brasil | caziebell@gmail.com
Stifany Knop
UFPEL - UCPEL |Pelotas | Brasil | stifany.knop@ucpel.edu.br
Lais Zucchetti
UFRGS| Porto Alegre | Brasil | laiszucchetti@gmail.com
Eduardo Grala da Cunha
UFPel | Pelotas | Brasil | eduardogralacunha@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo avalia o desempenho térmico de uma edificação habitacional em Bento Gonçalves/RS por meio de simulação computacional, comparando o modelo de referência com a aplicação de isolamento térmico externo do tipo capoto. As simulações no EnergyPlus analisaram temperaturas operativas, percentual de horas dentro da faixa de conforto (PHFT), conforme a NBR 15575 [9], e carga térmica anual. Os resultados indicam desconforto predominante por frio no modelo de referência. O capoto reduziu temperaturas máximas e carga térmica anual, porém sem melhoria significativa no PHFT, indicando que sua aplicação isolada não garante conforto térmico.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Capoto. Conforto térmico. Simulação computacional. Eficiência energética.

Abstract

This study evaluates the thermal performance of a residential building in Bento Gonçalves/RS through computer simulation, comparing the reference model with the application of an external thermal insulation system (ETICS). Simulations performed in EnergyPlus analyzed operative temperatures, the percentage of occupied hours within the comfort range (PHFT), according to NBR 15575 [9], and annual thermal load. The results indicate predominant cold discomfort in the reference model. The ETICS reduced maximum temperatures and annual thermal load; however, it did not significantly improve the PHFT, indicating that its isolated application does not guarantee thermal comfort.

Keywords: Thermal performance. ETICS. Thermal comfort. Building simulation. Energy efficiency.

ALVES, M. B.; BEBER, L. A.; MELLER, G.; ZIEBELL, C. S.; KNOP, S.; ZUCCHETTI, L.; CUNHA, E. G. da. Avaliação da influência do sistema de isolamento térmico capoto no desempenho termoenergético de edificação habitacional. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 21., 2026, Goiânia. Anais... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8811

INTRODUÇÃO

A envoltória das edificações é a interface física entre os ambientes interno e externo, desempenhando um papel fundamental no controle das trocas térmicas e na eficiência energética do edifício. Por esta razão é comum a inserção de uma camada de isolamento térmico na envoltória com o intuito de minimizar as trocas térmicas. O benefício das paredes externas isoladas nos momentos de picos de temperatura, em função de que elas permitem a redução da transmissão do calor externo para o interior, é descrito por Zune *et al.* [1]. Ainda, para Nematchoua *et al.* [2] a adoção de estratégias passivas (sendo elas isolamento térmico, sombreamento externo das janelas e adoção de PCM) é uma das melhores formas de minimizar o impacto das mudanças climáticas em edificações. Valiyappurakkal *et al*. [3] recomendam a adoção de isolamento para os envelopes de edificações localizadas em regiões com alta temperatura e paredes externas de elevada massa térmica.

Entre os tipos de isolamento, podem ser citados os compósitos de aerogel, o poliestireno expandido (EPS), o poliestireno extrudado (XPS) e a espuma fenólica (PF) [4]. A seleção do material isolante e o seu posicionamento na envoltória (interior, intermédio ou exterior) variam conforme a perspectiva adotada: a otimização do consumo de energia ou a busca pelo insumo de menor valor [5]. Em termos de desempenho energético, em locais com uma grande amplitude térmica diária, o isolamento externo irá levar a um melhor desempenho energético (menor consumo de ar-condicionado), enquanto quando a amplitude é baixa o isolamento interno é mais eficiente, o que se justifica pela capacidade da parede de armazenar calor [6].

Bento Gonçalves, cidade localizada na região serrana do Rio Grande do Sul (Brasil), possui as quatro estações do ano bem definidas, sendo janeiro o mês mais quente, com temperaturas médias em torno de 22°C, e julho o mais frio (8,6°C) [7]. A temperatura média anual é de aproximadamente 17,6 °C [7]. Segundo os dados obtidos por meio do arquivo climático da cidade de Bento Gonçalves [8], a média da amplitude térmica diária varia ao longo do ano entre 7,1°C e 9,6°C, podendo ser considerada uma amplitude moderada. O mês de maior amplitude térmica diária média é dezembro (9,6°C) e o de menor é junho (7,1°C).

Sendo assim, este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de uma edificação localizada em Bento Gonçalves, com e sem a aplicação de uma camada de capoto (isolamento térmico externo) em paredes e coberturas, considerando tanto edificações com condicionamento artificial do ar quanto aquelas que operam exclusivamente com ventilação natural.

METODOLOGIA

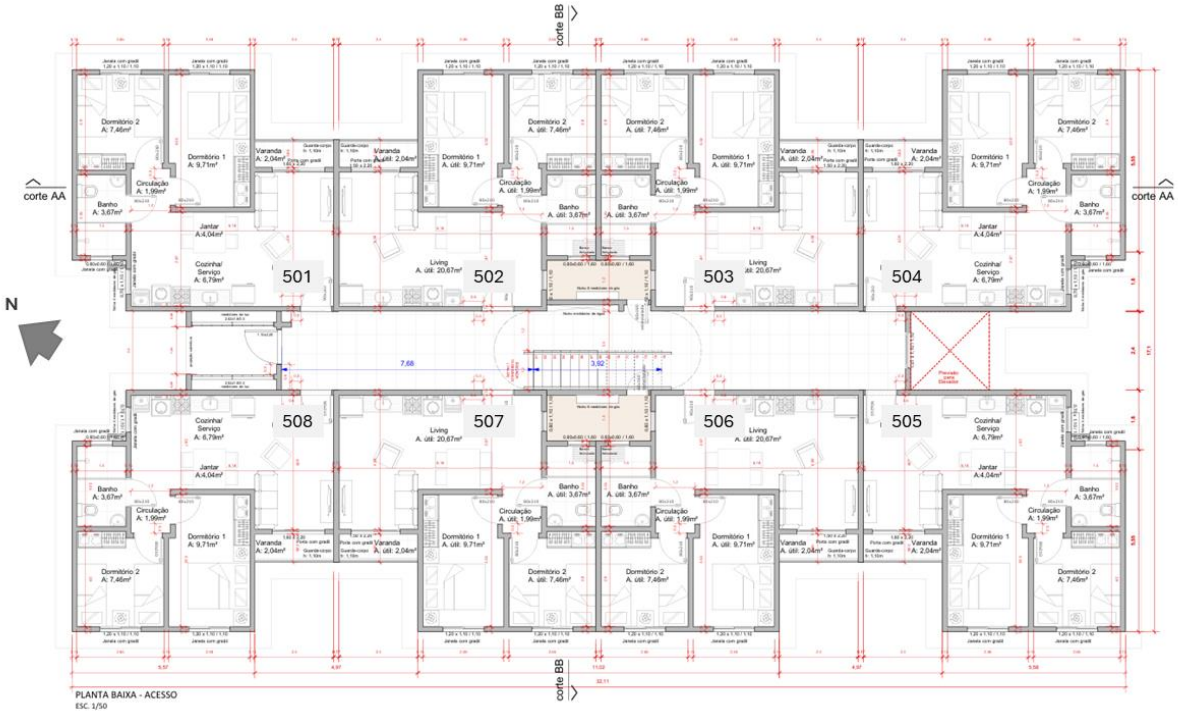
A metodologia do trabalho foi dividida em X etapas:

a. Definição do objeto de estudo;
b. Modelagem do objeto de estudo, em conformidade à NBR 15.575;
c. Definição do arquivo climático a ser utilizado;
d. Análise dos resultados

O empreendimento utilizado para esse trabalho é um residencial localizado em Caxias do Sul e faz parte do programa do Fundo de Arrendamento Residencial do município. No total, o empreendimento será construído com 5 torres de 4 pavimentos cada. Cada pavimento conta com 8 apartamentos de 2 dormitórios com sala de estar, jantar e cozinha integrados, conforme a planta baixa do pavimento tipo abaixo. (figura 1)

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8811

Figura 1 - planta baixa do pavimento tipo.

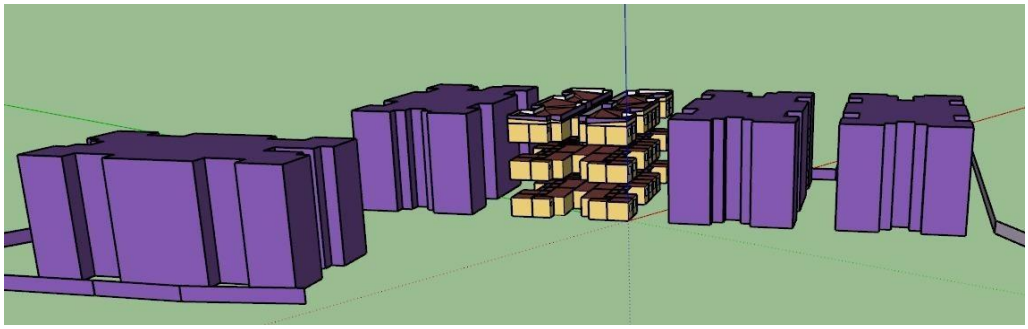


Fonte: Autores (2026)

A avaliação do desempenho térmico da edificação foi realizada com base em simulação computacional, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelas normas ABNT NBR 15575 [9, 10, 11], ABNT NBR 15220 [12, 13] e ABNT NBR ISO 10456 [14], além de diretrizes complementares disponibilizadas pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE/UFSC).

O estudo foi desenvolvido por meio de simulação computacional utilizando o *software* EnergyPlus, no qual a edificação foi representada geometricamente de forma integral, no *software* SketchUp, por meio do *plugin* Euclid (Figura 2), sendo cada ambiente considerado como uma zona térmica independente.

Figura 2: Modelagem computacional no EnergyPlus



Fonte: Autores (2026); EnergyPlus [15].

As análises concentraram-se nos ambientes de permanência prolongada (dormitórios, sala e cozinha), localizados no pavimento térreo, tipo e de cobertura, permitindo uma

avaliação representativa das condições de conforto térmico ao longo da edificação e em conformidade com a NBR 15.575.

O método de avaliação, conforme a NBR 15.575, prevê a simulação de dois modelos, um de referência e um real para a comparação entre eles. Os dados de simulação, como agendas de ocupação, iluminação, entre outros, respeitam as recomendações da norma.

A fim de atingir o objetivo deste presente artigo, foram simulados 4 diferentes modelos: modelo de referência com ventilação natural, modelo de referência com ar condicionado, modelo real (com capoto) ventilado naturalmente e modelo real (com capoto) com ar-condicionado.

Figura 3: Método de avaliação conforme a NBR 15.575 [9, 10, 11]



Fonte: https://labeee.ufsc.br/pt-br/NBR15575-2020

Para a configuração dos modelos - real e de referência - foram adotados os materiais ilustrados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8811

Figura 4: Materiais utilizados no modelo de referência



Fonte: Autores (2026).

Figura 5: Materiais utilizados no modelo real



As propriedades térmicas dos materiais e componentes construtivos foram definidas a partir de informações do memorial descritivo, complementadas por dados normativos, especialmente aqueles tabulados na ABNT NBR ISO 10456 [14]. Esses parâmetros incluíram, condutividade térmica, capacidade térmica e densidade de massa aparente, sendo utilizados como dados de entrada para o modelo de simulação (Tabela 1). Os modelos de referência, elaborados para este presente trabalho,

possuem paredes e lajes com 10 cm de espessura, conforme NBR 15575 [9]. A cobertura é formada por uma laje de concreto, espaço de ar e telhas de fibrocimento. Já nos modelos reais (com capoto), foi incluída na face externadas paredes externas uma camada de EPS de 5 cm. Essa mesma camada foi também adicionada acima da laje de concreto da cobertura.

Tabela 1: Propriedades térmicas dos materiais utilizados no estudo

Material	Densidade ρ (kg/m³)	Condutividade térmica λ (W/m·K)	Calor específico c (kJ/kg·K)
Reboco (cimento e areia)	1600	0,80	1,00
Fibrocimento	1600	0,65	0,86
Concreto armado	2200	1,65	1,00
EPS	20	0,036	1,40

Fonte: NBR 10456 [14].

A edificação está situada na cidade de Bento Gonçalves/RS, estando classificada na ZB 1M [13]. Bento Gonçalves apresenta clima subtropical úmido de altitude (Cfb), com temperaturas amenas, elevada umidade, chuvas bem distribuídas ao longo do ano e invernos frios com ocorrência de geadas. Do ponto de vista bioclimático, essas características exigem edificações que conciliem estratégias para o inverno e o verão, priorizando orientação solar adequada, bom isolamento térmico, aproveitamento da massa térmica, proteção solar e ventilação natural. [16]. O arquivo climático utilizado nas simulações foi o da cidade de Bento Gonçalves [8].

A avaliação foi realizada por meio de simulações anuais, considerando a edificação em condições reais de uso e operação. Para isso, foram incorporadas cargas térmicas internas associadas à ocupação, iluminação e equipamentos, permitindo uma representação mais fiel do comportamento térmico da edificação ao longo do tempo. O padrão de uso e ocupação das cargas internas foi estabelecido de acordo com a NBR 15571-1 [9]. Adicionalmente, foram analisados dois cenários distintos de operação: com ventilação natural e sem ventilação natural. O sistema de ventilação natural foi modelado por meio da ferramenta *Airflow Network* do EnergyPlus, com parâmetros definidos de acordo com a NBR 15571-1 [1]. Foram considerados, entre esses parâmetros, os critérios de acionamento das aberturas, baseados em um *setpoint* de 19 °C e na condição de temperatura de bulbo seco externa inferior a interna.

A metodologia também contemplou a avaliação da carga térmica necessária para condicionamento artificial, possibilitando a análise do desempenho da edificação frente à utilização de sistemas de climatização. Os *setpoints* para acionamento do ar condicionado é de 21°C para aquecimento e 23°C para resfriamento [9].

Os indicadores de desempenho térmico considerados incluíram o percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT), as temperaturas operativas máximas e mínimas anuais e a carga térmica total da edificação. Esses parâmetros foram utilizados para classificar o desempenho térmico conforme os níveis estabelecidos pela ABNT NBR 15575, abrangendo os níveis mínimo, intermediário e superior.

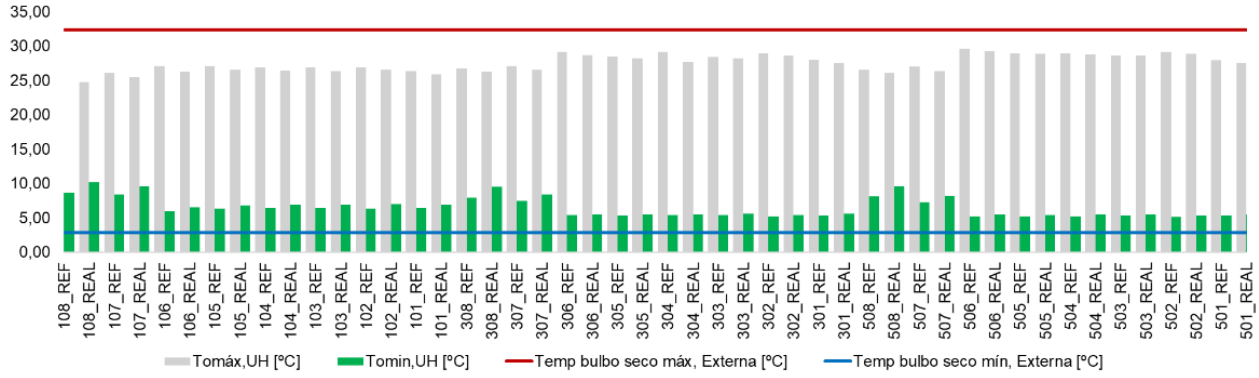
RESULTADOS E DISCUSSÕES

COMPORTAMENTO TÉRMICO EM RELAÇÃO AO MODELO DE REFERÊNCIA

A análise inicial foi realizada a partir do modelo de referência, estabelecido conforme os critérios da ABNT NBR 15575 [9, 10, 11], com o objetivo de caracterizar o desempenho térmico da edificação sem a aplicação de estratégias adicionais de isolamento. Para o modelo de referência operando com ventilação natural, os resultados indicam que as temperaturas operativas médias anuais dos ambientes analisados se situam entre aproximadamente 17,9°C e 18,2°C, evidenciando uma tendência de temperaturas internas relativamente baixas ao longo do ano. Observam-se, ainda, amplitudes térmicas significativas, com temperaturas máximas variando entre cerca de 27°C e 28,5°C e temperaturas mínimas atingindo valores próximos de 6°C a 8°C. A Figura 4 apresenta as temperaturas operativas máximas e mínimas das unidades habitacionais reais e de referência.

A elevada amplitude térmica observada evidencia que a envoltória da edificação apresenta baixa capacidade de atenuar as oscilações climáticas externas, permitindo que as condições internas acompanhem, de forma significativa, as variações de temperatura do ambiente externo. Esse comportamento reduz a estabilidade térmica dos ambientes internos, aumentando tanto a exposição ao desconforto por frio durante o inverno quanto ao superaquecimento em períodos mais quentes.

Figura 4: Temperaturas operativas máximas e mínimas das unidades habitacionais, com comparação às condições externas (modelo de referência ventilado naturalmente)



Fonte: Autores (2026).

Esse resultado pode ser explicado pelas características térmicas do sistema construtivo adotado. As paredes de concreto apresentam elevada condutividade térmica (1,65 W/m·K) e transmitância térmica de 4,33 W/m²·K, favorecendo rápidas trocas de calor entre o ambiente interno e o meio externo. Embora o concreto possua elevada massa térmica, a ausência de isolamento faz com que sua capacidade de retardar o fluxo de calor seja insuficiente para minimizar as oscilações de temperatura ao longo do dia.

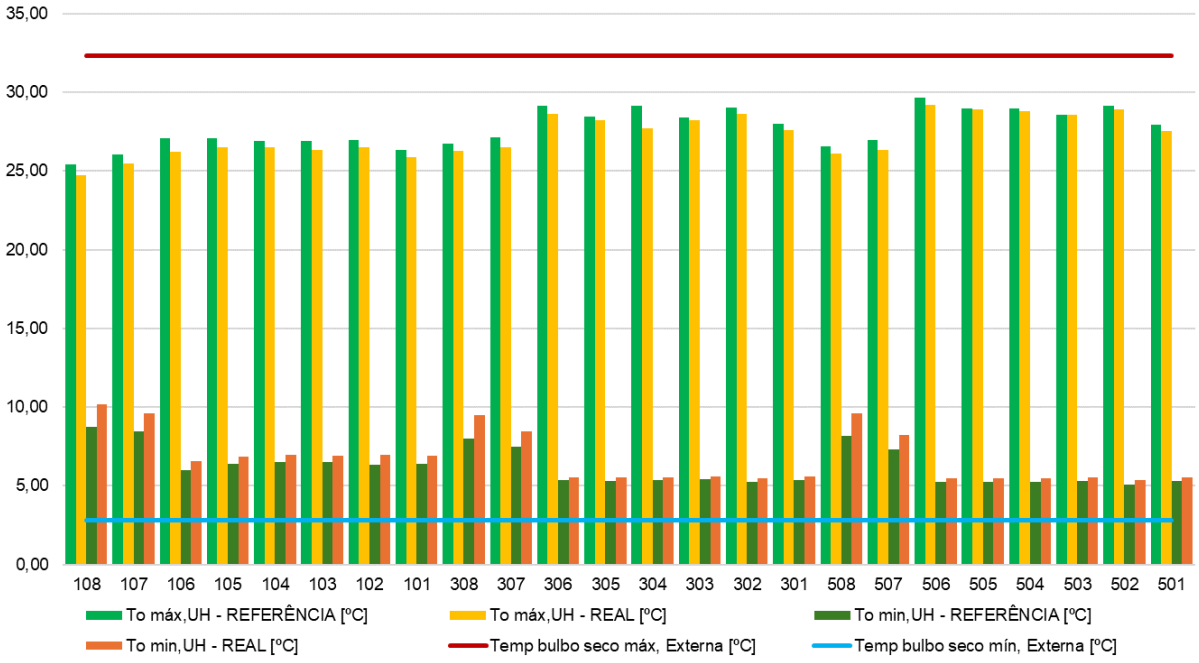
Esses resultados indicam que o modelo de referência, em concreto, apresenta limitada capacidade de amortecimento térmico, permitindo que as condições internas sejam mais intensamente influenciadas pelas variações climáticas externas. Esse comportamento está associado às características construtivas da envoltória e às condições climáticas da região de Bento Gonçalves/RS, classificada na zona

bioclimática 1M conforme a ABNT NBR 15220-3 [13]. A partir dessa caracterização, torna-se possível avaliar a influência da aplicação do sistema capoto no comportamento térmico da edificação.

INFLUÊNCIA DO SISTEMA CAPOTO NAS TEMPERATURAS OPERATIVAS

A comparação entre o modelo de referência e o modelo real (com aplicação do sistema capoto), ambos ventilados naturalmente, evidencia redução das temperaturas operativas máximas internas no modelo com isolamento, conforme apresentado na Figura 5. Observa-se que as temperaturas operativas máximas internas variam, de modo geral, entre aproximadamente 25°C e 29,5°C, mantendo-se abaixo da temperatura máxima externa, que atinge valores próximos de 32°C.

Figura 5: Temperaturas operativas máximas e mínimas das unidades habitacionais: comparação entre modelo real e de referência ventilados naturalmente, com indicação das condições externas



Fonte: Autores (2026).

Por outro lado, as temperaturas operativas mínimas internas variam entre aproximadamente 5°C e 10°C, enquanto a temperatura mínima externa situa-se próxima de 3°C. Além disso, verifica-se que as temperaturas operativas mínimas internas no modelo com capoto são superiores às observadas no modelo de referência, evidenciando maior capacidade de retenção térmica da envoltória e redução das perdas de calor para o meio externo durante períodos frios. Esse comportamento indica que o sistema de isolamento contribui para a estabilização das condições térmicas internas, atuando tanto na atenuação de picos de calor quanto na conservação do calor interno.

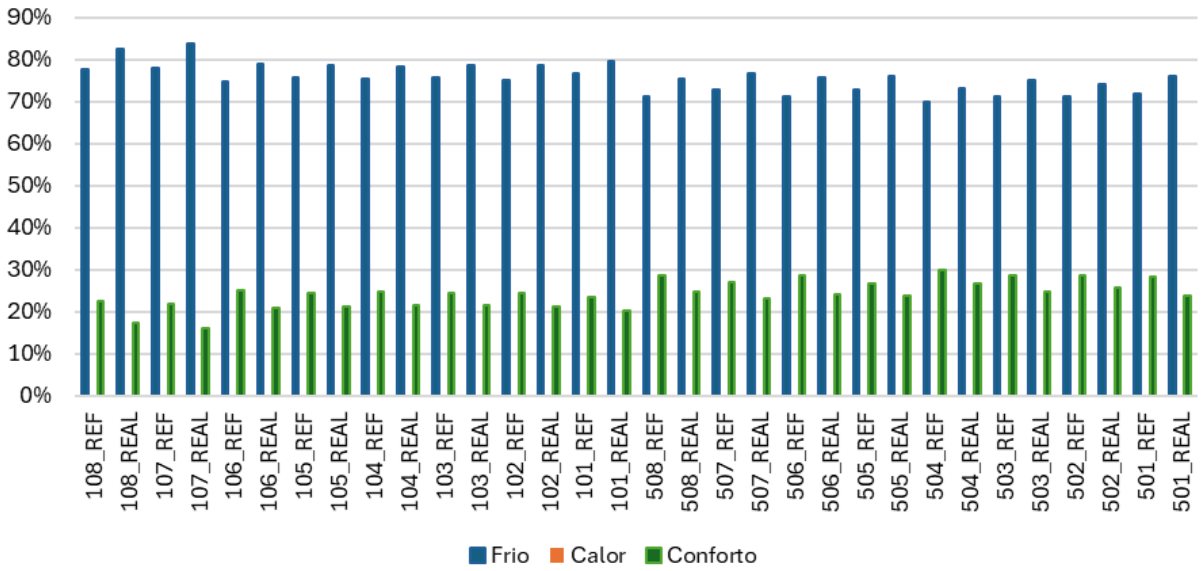
A Figura 5 também evidencia diferenças entre as unidades habitacionais, associadas à sua posição na edificação. Unidades localizadas em pavimentos superiores

apresentam, em geral, maiores temperaturas máximas, em função da maior exposição à radiação solar incidente na cobertura. Entretanto, a tendência de elevação das temperaturas mínimas com a aplicação do capoto é observada de forma consistente em todas as unidades. Destaca-se, também, que as temperaturas mínimas se mantêm baixas em todas as unidades, indicando que o problema de desconforto por frio é generalizado e não restrito a uma condição específica de localização.

Esses resultados indicam que, embora o modelo de referência seja constituído por elementos com elevada capacidade térmica, como o concreto armado, a edificação apresenta limitada capacidade de amortecimento térmico em escala global, permitindo que as condições internas sejam significativamente influenciadas pelas variações climáticas externas.

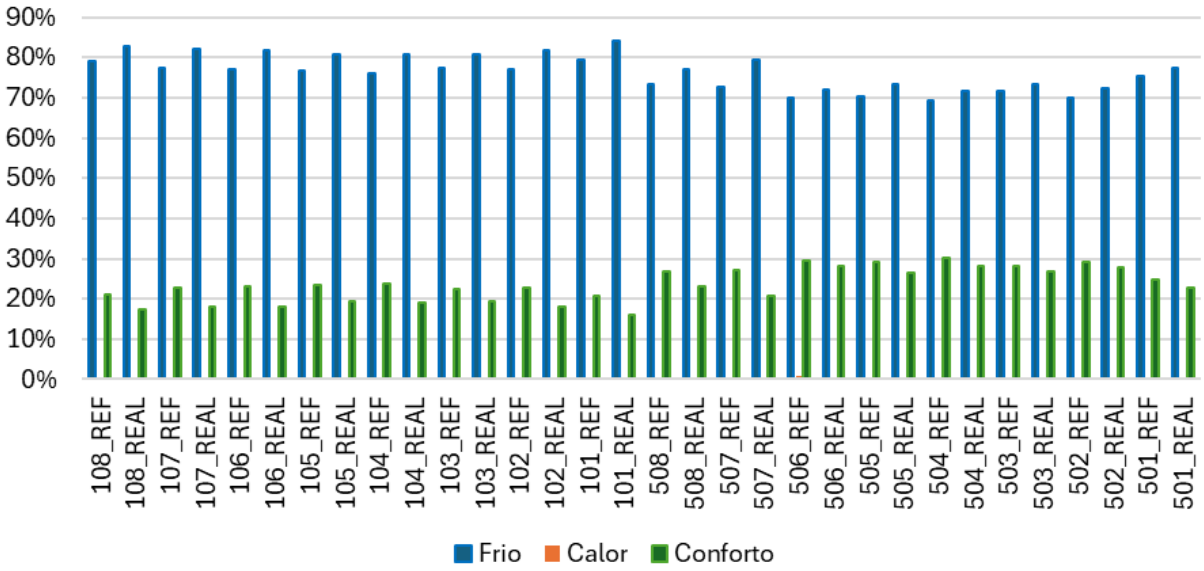
Apesar das melhorias observadas nas temperaturas operativas, os resultados apresentados nas Figuras 6 e 7 indicam predominância de desconforto térmico por frio ao longo do ano. Os episódios de calor são pouco representativos, pois estiveram dentro do limite de PHFT.

Figura 6: Porcentagem do tempo abaixo do limite de PHFT no dormitório 1



Fonte: Autores (2026).

Figura 7: Porcentagem do tempo abaixo do limite de PHFT na sala e cozinha



Fonte: Autores (2026).

De forma geral, os resultados demonstram que a aplicação do sistema capoto contribui para a melhoria do desempenho térmico da edificação, promovendo redução das amplitudes térmicas internas e maior estabilidade das condições térmicas. No entanto, tais melhorias não são suficientes para eliminar a predominância de possível desconforto por frio (abaixo do limite de PHFT), indicando a necessidade de estratégias complementares para o alcance de condições térmicas mais adequadas ao longo do ano.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO COM BASE NO PHFT

A avaliação do desempenho térmico das unidades habitacionais foi realizada a partir do percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT) para o modelo de referência ventilado naturalmente, conforme critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15575 [9, 10, 11]. Os resultados obtidos indicam que todas as unidades analisadas atendem apenas ao nível mínimo de desempenho, conforme apresentado na Figura 8.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8811

Figura 8: Classificação do desempenho térmico das unidades habitacionais do modelo real ventilado naturalmente com base no PHFT

UNIDADE HABITACIONAL (UH)		NÍVEL DA EDIFICAÇÃO (PHFT UH)
TÉRREO	C_101	Atende ao nível mínimo
	C_102	Atende ao nível mínimo
	C_103	Atende ao nível mínimo
	C_104	Atende ao nível mínimo
	C_105	Atende ao nível mínimo
	C_106	Atende ao nível mínimo
	C_107	Atende ao nível mínimo
	C_108	Atende ao nível mínimo
TIPO	C_301	Atende ao nível mínimo
	C_302	Atende ao nível mínimo
	C_303	Atende ao nível mínimo
	C_304	Atende ao nível mínimo
	C_305	Atende ao nível mínimo
	C_306	Atende ao nível mínimo
	C_307	Atende ao nível mínimo
	C_308	Atende ao nível mínimo
COBERTURA	C_501	Atende ao nível mínimo
	C_502	Atende ao nível mínimo
	C_503	Atende ao nível mínimo
	C_504	Atende ao nível mínimo
	C_505	Atende ao nível mínimo
	C_506	Atende ao nível mínimo
	C_507	Atende ao nível mínimo
	C_508	Atende ao nível mínimo

Fonte: Autores (2026).

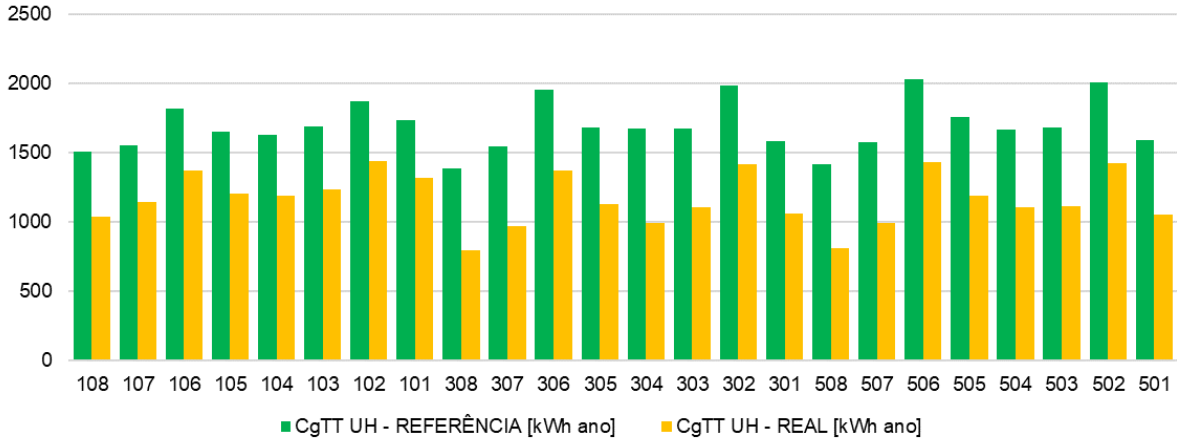
Observa-se que essa classificação é uniforme em toda a edificação, abrangendo unidades localizadas no pavimento térreo, pavimentos tipo e cobertura. Esse comportamento indica que, apesar das diferenças observadas nas temperaturas operativas entre os modelos, tais variações não são suficientes para promover alteração no nível de desempenho térmico.

Os valores médios de PHFT situam-se em torno de 50% a 58%, indicando que os ambientes permanecem dentro da faixa de temperatura operativa estabelecida pela norma [9, 10] em aproximadamente metade do período anual. Esse resultado demonstra limitações no desempenho térmico da edificação, principalmente associadas à incapacidade da envoltória em manter as condições internas dentro da faixa de conforto ao longo do ano. A aplicação do sistema capoto, embora contribua para a redução das temperaturas máximas internas, não promove melhoria significativa nos valores de PHFT, reforçando que a estratégia adotada não é suficiente para garantir avanços no nível de desempenho térmico.

AVALIAÇÃO DA CARGA TÉRMICA ANUAL (CGTT)

A análise da carga térmica total anual (CgTT), realizada para os modelos com condicionamento artificial do ar, evidencia o impacto do sistema capoto na demanda energética para condicionamento térmico, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9: Carga térmica total anual (CgTT) das unidades habitacionais: comparação entre modelo real e de referência



Fonte: Autores (2026).

Os resultados indicam que o modelo real (com capoto) apresenta redução significativa da carga térmica anual em todas as unidades habitacionais, em comparação ao modelo de referência. Os valores de CgTT no modelo de referência situam-se, de modo geral, entre aproximadamente 1500 kWh/ano e 2000 kWh/ano, enquanto no modelo com capoto variam entre cerca de 800 kWh/ano e 1400 kWh/ano.

ANÁLISE GERAL

A diferença de consumo apresentada no item “Avaliação da carga térmica anual (CgTT)” evidencia que a aplicação do sistema capoto promove redução de de 12733 kWh/ano nos ambientes analisados de acordo com a norma, resultando em diminuição significativa da demanda energética para condicionamento térmico. Observa-se, ainda, variação entre as unidades em função da posição na edificação, sendo as unidades localizadas nos pavimentos superiores àquelas que apresentam maiores valores de carga térmica, devido à maior exposição da cobertura à radiação solar.

Entretanto, apesar da redução da carga térmica anual, não foram observadas melhorias proporcionais nos indicadores de desempenho térmico, em especial no percentual de horas de ocupação da unidade habitacional dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT). Esse resultado indica que a diminuição da demanda energética, embora relevante, não se traduz necessariamente em melhoria das condições térmicas internas associadas ao conforto térmico dos usuários.

Apesar da redução significativa da carga térmica anual, não foram observadas melhorias proporcionais nos indicadores de desempenho térmico (PHFT), evidenciando que a aplicação do sistema capoto, de forma isolada, não é suficiente para garantir condições adequadas de conforto térmico, indicando a necessidade de adoção de estratégias passivas complementares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de uma edificação habitacional localizada em Bento Gonçalves/RS, com base em simulações computacionais, comparando o modelo de referência estabelecido pela ABNT NBR 15575 [9, 10, 11] com um modelo contendo a aplicação de sistema de isolamento térmico externo do tipo capoto.

Os resultados obtidos indicam que o modelo de real apresenta desempenho térmico limitado, caracterizado por baixas temperaturas operativas médias anuais, elevadas amplitudes térmicas e predominância de possível desconforto térmico por frio ao longo do ano. Esse comportamento evidencia a baixa capacidade da envoltória em amortecer as variações climáticas externas, especialmente em uma região com significativa variação sazonal, como a zona bioclimática 1M.

A aplicação do sistema capoto demonstrou influência positiva no comportamento térmico da edificação, especialmente na redução das temperaturas operativas máximas e na diminuição da carga térmica anual. Observou-se redução significativa da demanda energética para condicionamento térmico, ratificando a eficácia do isolamento externo na mitigação das trocas térmicas pela envoltória.

Entretanto, apesar dos ganhos obtidos em termos de desempenho energético, não foram observadas melhorias significativas nos indicadores de desempenho térmico, em especial no percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa (PHFT), que permaneceu compatível com o nível mínimo de desempenho estabelecido pela norma. Esse resultado evidencia que a redução da carga térmica não implica, necessariamente, em melhoria direta das condições de conforto térmico dos usuários.

Dessa forma, conclui-se que a aplicação do sistema capoto, de forma isolada, não é suficiente para garantir níveis superiores de desempenho térmico, sendo necessária a adoção de estratégias passivas complementares, como aprimoramento do isolamento da cobertura, aumento da inércia térmica da envoltória e otimização das condições de ventilação natural.

Por fim, destaca-se que os resultados obtidos reforçam a importância da análise do desempenho térmico, evidenciando que soluções voltadas exclusivamente à eficiência energética podem não resultar em melhorias equivalentes nas condições de habitabilidade. Nesse contexto, recomenda-se que futuros estudos investiguem a combinação de diferentes estratégias passivas, bem como a influência de variáveis construtivas e operacionais no desempenho térmico de edificações em climas com grande variabilidade sazonal.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram a ferramenta NotebookLM para melhoria de coesão do texto. Após a utilização da ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] ZUNE, May; TUBELO, Renata; RODRIGUES, Lucelia; GILLOTT, Mark. Improving building thermal performance through an integration of Passivhaus envelope and shading in a tropical climate. Energy And Buildings, [S.L.], v. 253, p. 111521, dez. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111521.

[2] NEMATCHOUA, Modeste Kameni; NOELSON, Jean Christophe Vanona; SAADI, Ismaïl; SILVEIRA, Vinicius de Castro; PINTO, Mônica Martins; WESTPHAL, Fernando Simon. Influence of environmental factors favorable to the development and proliferation of mold in residential buildings in tropical climates. Building And Environment, [S.L.], v. 166, p. 106421, dez. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106421.

[3] VALIYAPPURAKKAL, Vijesh Kumar; DOLAS, Shivani; SURESH, Aumgana; J., Vijayalaxmi. Assessing indoor environmental quality of naturally ventilated classrooms in tropical climates. Journal Of Building Engineering, [S.L.], v. 111, p. 113048, out. 2025. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113048.

[4] GUO, Haijin; CAI, Shanshan; LI, Kun; LIU, Zhongming; XIA, Lizhi; XIONG, Jiazhuang. Simultaneous test and visual identification of heat and moisture transport in several types of thermal insulation. Energy, [S.L.], v. 197, p. 117137, abr. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2020.117137.

[5] RAIMUNDO, António M.; SARAIVA, Nuno B.; OLIVEIRA, A. Virgílio M.. Thermal insulation cost optimality of opaque constructive solutions of buildings under Portuguese temperate climate. Building And Environment, [S.L.], v. 182, p. 107107, set. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107107.

[6] HUANG, Yu; NIU, Jian-Lei; CHUNG, Tse-Ming. Study on performance of energy-efficient retrofitting measures on commercial building external walls in cooling-dominant cities. Applied Energy, [S.L.], v. 103, p. 97-108, mar. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.003.

[7] JUNGES, Amanda Heemann; TONIETTO, Jorge. Caracterização climática da precipitação pluvial e temperatura do ar em Bento Gonçalves e Veranópolis, Serra Gaúcha, Brasil. Agrometeoros, [S.L.], v. 30, e027126, p. 1-14, 14 dez. 2022. AGROMETEOROS. http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v30.e027126.

[8] Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE. Arquivos Climáticos. 2025. Disponível em: < https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/arquivos-climaticos >. Acesso em Acesso em: 26 abr. 2025.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021a.

[10] 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, 2021b.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2022.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. Rio de Janeiro, 2024.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO 10456: Materiais e produtos de construção – Propriedades higrotérmicas – Valores e procedimentos de projeto tabulados para determinar valores térmicos declarados e de projeto. Rio de Janeiro, 2022b.

[15] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). EnergyPlus, versão 22.2.0. [S.l.]: U.S. Department of Energy, 2022. Disponível em: energyplus.net. Acesso em: 27 abr. 2025.

[16] BECK, Hylke E.; ZIMMERMANN, Niklaus E.; MCVICAR, Tim R.; VERGOPOLAN, Noemi; BERG, Alexis; WOOD, Eric F.. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data, [S.L.], v. 5, p. 180214, out. 2018. Springer Nature. http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2018.214.