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.v21i1.8449

Avaliação do desempenho térmico de HIS: estudo de caso no Portal da Amazônia em Belém-PA

Thermal performance assessment of social housing: a case study in the Portal da Amazônia, Belém-PA, Brazil

Giovanna Bentes Monteiro
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | giovanna.monteiro@itec.ufpa.br
Luís Filipe Brasil da Cunha
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | luis.brasil.cunha@itec.ufpa.br
William Marques Pereira
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | william.pereira@itec.ufpa.br
Carminda Célia Moura de Moura Carvalho
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | carminda@ufpa.br

Resumo

Este estudo avalia o desempenho térmico de uma edificação multifamiliar de interesse social não finalizada na orla do Portal da Amazônia, em Belém, por simulação computacional conforme a NBR 15575-1:2025, considerando o Percentual de Horas na Faixa de Temperatura Operativa (PHFT) e a Temperatura Operativa Máxima (Tomáx). Foram analisados quatro modelos: Referência, Real, Proposto I (esquadrias e sombreamento) e Proposto II (envoltória). Os resultados indicam desempenho crítico no modelo Real, melhorias pontuais no Proposto I e ganhos expressivos no Proposto II, que supera o Referência. O desempenho global foi limitado pela baixa performance da sala.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Habitação de interesse social. Conforto ambiental. Simulação térmica. Eficiência energética.

Abstract

This study evaluates the thermal performance of an unfinished multifamily social housing building located in the Portal da Amazônia, in Belém, through computational simulation according to NBR 15575-1:2025, considering the Percentage of Hours within the Operative Temperature Range (PHFT) and the Maximum Operative Temperature (Tomax). Four models were analyzed: Reference, Real, Proposed I (window modifications and shading), and Proposed II (envelope improvements). The results indicate critical performance in the Real model, slight improvements in Proposed I and significant gains in Proposed II, which outperforms the Reference model. Overall performance was limited by the low performance of the living room.

Keywords: Thermal performance. Social housing. Environmental comfort. Thermal simulation. Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

O acesso à moradia adequada é um direito fundamental e um elemento essencial para o bem-estar humano. No entanto, habitações mal planejadas podem gerar impactos sociais, econômicos e ambientais significativos, comprometendo a saúde física e

Como citar:
MONTEIRO, G.; CUNHA, L. F.; PEREIRA, W.; CARVALHO, C. Avaliação do desempenho térmico de habitação multifamiliar de interesse social: estudo de caso em Belém-PA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

mental de seus moradores. Essa situação se distribui de forma desproporcional, populações de baixa renda frequentemente habitam áreas vulneráveis e com infraestrutura precária e possuem recursos limitados para garantir melhores condições habitacionais [1].

Superaquecimento urbano eleva a demanda por energia. No Brasil, aproximadamente 51 % da energia consumida pelo setor residencial é energia elétrica [2]. De maneira geral, as exigências nos projetos de habitação de interesse social (HIS), especialmente na faixa de menor renda, ainda estão aquém do necessário em termos de sustentabilidade e qualidade arquitetônica.

A replicação de projetos de HIS em climas distintos dos quais foram originalmente concebidos — característica dos primeiros programas habitacionais brasileiros — compromete significativamente o desempenho energético dessas edificações [3]. Embora tenham ocorrido avanços recentes, como a Portaria MCID 725 [4], os projetos ainda tendem a priorizar o menor custo inicial e a quantidade de unidades produzidas em detrimento da qualidade habitacional.

Restam, portanto, lacunas para a melhoria da produção de HIS no país. Primeiramente, destaca-se a imprescindibilidade do aprimoramento constante das estratégias recomendadas para lidar com as especificidades de cada zona bioclimática do território brasileiro, visto que soluções padronizadas, quando aplicadas de forma indiscriminada, comprometem o desempenho térmico e a qualidade das edificações.

Esse estudo visa avaliar o desempenho térmico de uma HIS multifamiliar não finalizada na orla Portal da Amazônia, em Belém-PA. Para isso, foram analisados os valores do Percentual de Horas na Faixa de Temperatura Operativa (PHFT) e da Temperatura Operativa Máxima Anual (Tomáx) dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais (UHs) segundo o procedimento de simulação computacional descrito na NBR 15575-1:2025 [5] em quatro modelos de simulação.

METODOLOGIA

O método adotado caracteriza-se como um estudo de caso com abordagem quantitativa, desenvolvido por meio de simulação computacional e análises comparativas de modelos termoenergéticos. Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizadas as seguintes etapas:

1- Caracterização climática da cidade de Belém-PA e definição do arquivo climático EPW utilizado nas simulações computacionais.

2- Levantamento e caracterização do estudo de caso, seguido da modelagem digital da edificação em BIM no software *Revit* 2026 e da criação dos modelos termoenergéticos no plugin *Pollination.*

3- Desenvolvimento das estratégias de *retrofit* passivo para os modelos propostos, incluindo alterações nas esquadrias, dispositivos de sombreamento e sistemas construtivos da envoltória.

4- Configuração e execução das simulações de ventilação natural no *software EnergyPlus* versão 25.2.0, conforme o procedimento computacional NBR 15575-1:2025.

5- Extração, tratamento e comparação dos indicadores de desempenho térmico PHFT e Tomáx entre os modelos Referência, Real e Propostos I e II, com auxílio do Excel e da linguagem R.

CARATERIZAÇÃO DO CLIMA DE BELÉM-PA

De acordo com a NBR 15220-3:2024 [6], Belém está inserida na zona bioclimática 6A, classificada como muito quente e úmida, com temperatura média anual superior a 27 °C e umidade relativa acima de 70%. Segundo a classificação Köppen, a cidade enquadra-se em "Af" (tropical úmido), caracterizado pela ausência de estação seca definida, com elevadas precipitações ao longo do ano.

Existem, ao todo, 11 arquivos EPW disponíveis para Belém-PA na base de dados do *ClimateOneBuilding*. O site do projeto disponibiliza, também, uma base de arquivos climáticos para climas futuros, considerando diferentes cenários de emissão de gases estufa de acordo com as projeções do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Para esse estudo, foi utilizado o EPW "BRA_PA_Belem.816800_INMET", disponibilizado na base de dados para análises de desempenho segundo o método computacional da NBR 15575-1:2025 [5].

ESTUDO DE CASO

A edificação analisada localiza-se na orla do Portal da Amazônia, no bairro do Jurunas, na avenida Portal da Amazônia, entre as ruas dos Mundurucus e dos Tamoios. Trata-se de um bloco habitacional não concluído, atualmente em estado de abandono, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: Imagens do conjunto habitacional



Fonte: Google Earth e Google Street View.

O conjunto analisado integra o projeto de urbanização e drenagem da Bacia da Estrada Nova. As condições ambientais da área — como elevada pluviosidade e baixa permeabilidade do solo — favoreceram a ocupação em palafitas, posteriormente removidas para viabilizar obras de saneamento e pavimentação [7].

Embora associada à melhoria da infraestrutura urbana, essa intervenção implicou na remoção de populações residentes, sem reassentamento efetivo. Parte das famílias foi deslocada para áreas distantes ou submetida a longos períodos de espera por moradia definitiva [7].

O projeto previa a construção de 25 blocos habitacionais no formato H, com oito apartamentos cada, totalizando 200 unidades. Além disso, foram previstos mais três blocos com 21 unidades, sendo uma destinada a uma pessoa com necessidades especiais (PNE), totalizando 221 UHs. No entanto, apenas 16 unidades foram entregues [7], resultando em uma produção habitacional incompleta, evidenciada pela presença de conjuntos não finalizados.

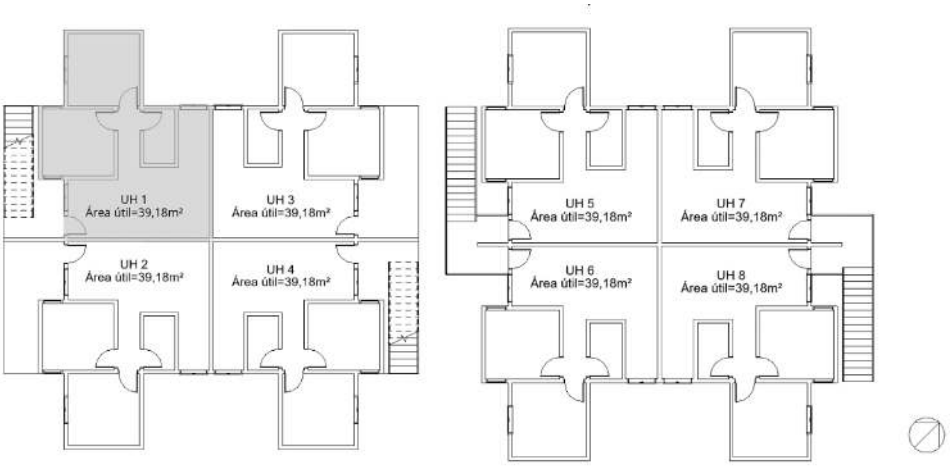
DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO

O modelo analisado foi uma habitação multifamiliar de dois pavimentos com 4 UHs cada. Cada unidade conta com dois dormitórios, uma sala de estar conjugada com cozinha e um banheiro, com 39,20m² de área útil. A Figura 2 contém a planta baixa das unidades e a distribuição das UHs nos seus respectivos pavimentos (térreo e pavimento superior).

Figura 2: Planta baixa das UHs e planta baixa dos pavimentos



Planta baixa da UH com denominação dos ambientes e áreas



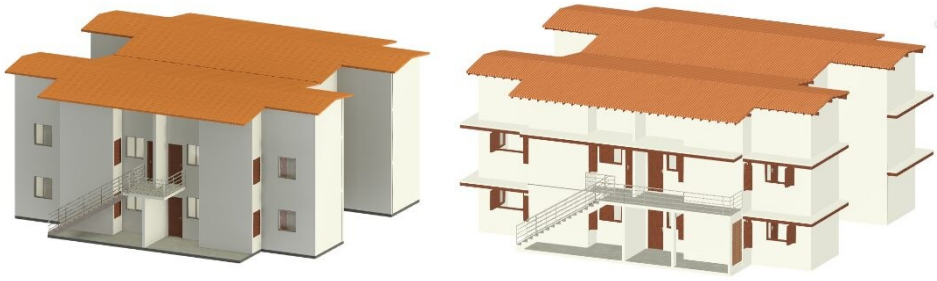
Pavimento térreo Pavimento superior

Nota: A planta-baixa da UH está destacada na cor cinza na planta-baixa do pavimento térreo. Fonte: os autores.

A partir do modelo Real foram desenvolvidos dois cenários de retrofit: (i) modelo Proposto I, com intervenções nas esquadrias e inclusão de dispositivos de sombreamento; e modelo Proposto II, que, além dessas estratégias, incorpora modificações nos sistemas construtivos da envoltória (paredes e cobertura). A geometria da edificação foi mantida constante nos modelos, sendo as diferenças restritas às propriedades térmicas da envoltória, às características das aberturas e à adoção de dispositivos de sombreamento nos modelos propostos.

Os modelos foram desenvolvidos em BIM, no software Revit e, em seguida, foram gerados os modelos energéticos com o auxílio do plugin Pollination, conforme as Figuras 3 e 4.

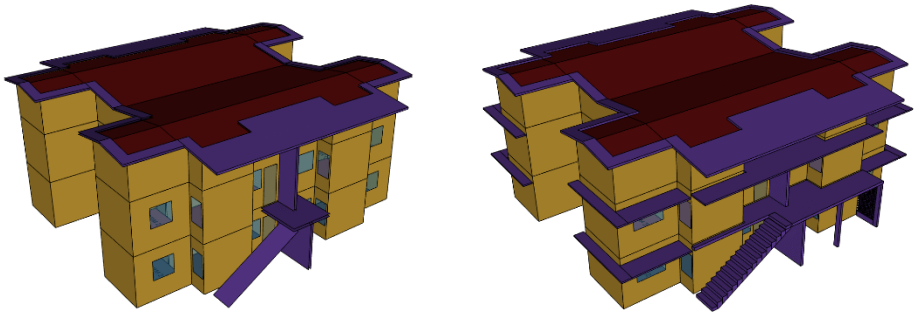
Figura 3: Modelos geométricos



Referência e Real Proposto I e Proposto II

Fonte: os autores.

Figura 4: Modelos energéticos

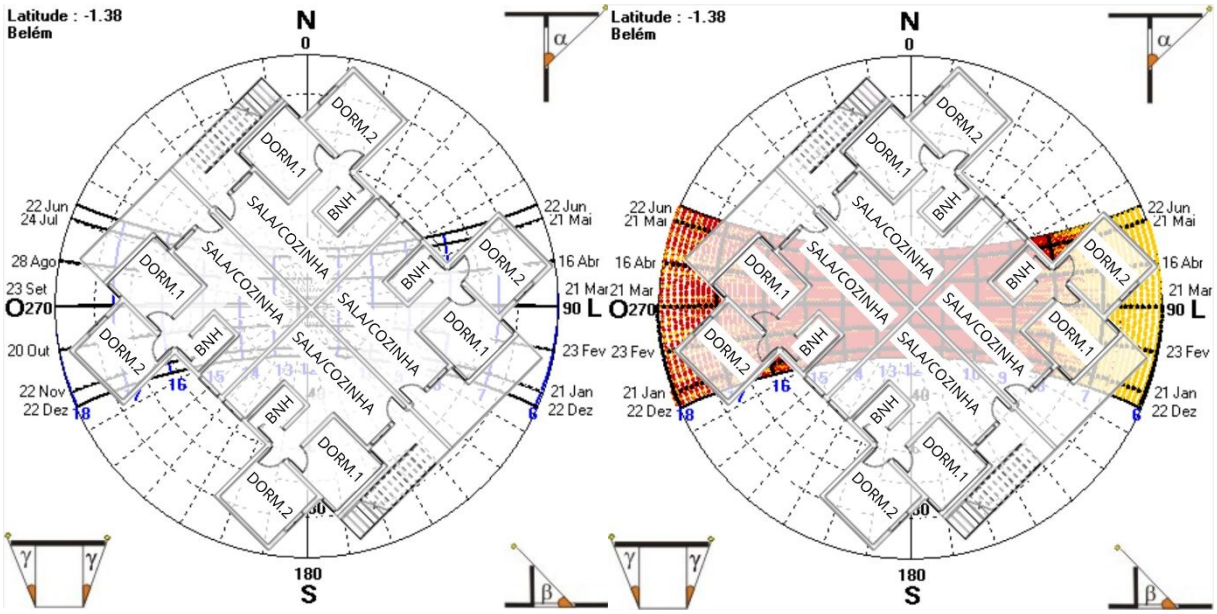


Referência e Real Proposto I e Proposto II

Fonte: os autores.

As soluções de sombreamento foram desenvolvidas com base na carta solar para a cidade de Belém e em análises de incidência solar realizadas por meio do plugin *Solar Analysis* no Revit, permitindo identificar as superfícies com maior exposição à radiação ao longo do ano e orientar a definição e o posicionamento dos dispositivos de proteção solar, visando a redução dos ganhos térmicos. A Figura 5 apresenta a carta solar com sobreposição da planta baixa do edifício.

Figura 5: Carta solar de Belém com sobreposição da planta da edificação



Nota: A carta solar da direita contém as temperaturas médias da cidade distribuídas durante o ano.
Fonte: SOL-AR adaptado pelos autores.

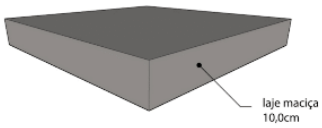
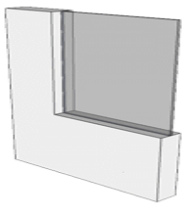
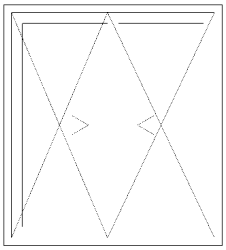
PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL SEGUNDO A NBR 15575-1:2025

O método de simulação computacional estabelecido pela NBR 15575-1:2025 [5] prevê a elaboração de dois modelos para avaliação do desempenho termoenergético de unidades habitacionais: o modelo Real (representa a edificação efetivamente projetada ou construída, com suas propriedades e características térmicas específicas) e o modelo de Referência (representa a edificação avaliada, mas com características de referência conforme especificados na norma). No modelo de Referência não são considerados dispositivos externos de sombreamento nem elementos como sacadas.

Os modelos energéticos foram exportados no formato IDF e simulados no EnergyPlus versão 25.2.0, onde foram definidos os parâmetros complementares necessários à análise, como propriedades dos materiais - Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT) - condições de uso e ocupação, cargas internas e agendas operacionais. Os materiais adotados na envoltória e cobertura estão descritos nos Quadros 1 a 4. Os componentes construtivos do modelo Proposto II foram definidos com base no Produto V do projeto Eficiência Energética no Desenvolvimento Urbano Sustentável (EEDUS), considerando as soluções de melhor desempenho para a zona bioclimática de Belém.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8449

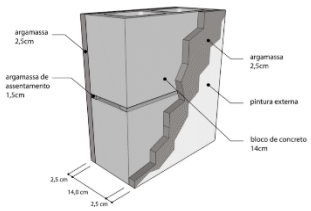
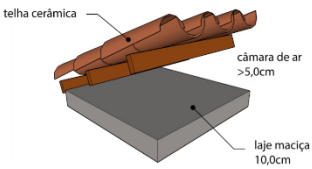
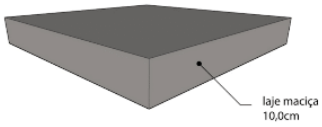
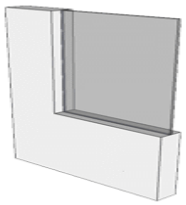
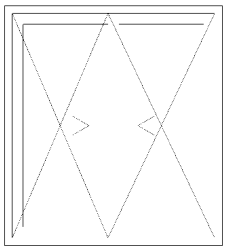
Quadro 1: Componentes construtivos do modelo Referência

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PROPRIEDADES
Parede	Paredes externas e internas conforme NBR 15575-1:2025	U (W/ mK): 1,75; CT (kJ/ mK): 1000
Cobertura	Telha com 6mm de espessura	U (W/m²K): 0,65; CT (kJ/ m²K): 840
Laje 	Laje de concreto maciça com 10cm de espessura	U (W/ m²K): 4,00; CT (kJ/ m²K): 200
Vidro 	Simples incolor (6mm)	U (W/ m²K): 5,70; Fator Solar: 0,87
Janela 	Simples de correr 1,00 X 1,10m	Fator de ventilação: 45% Percentual de elementos transparentes: 17%

Fonte: os autores.

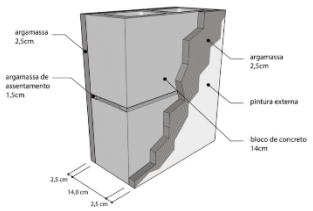
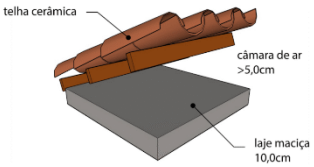
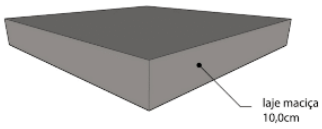
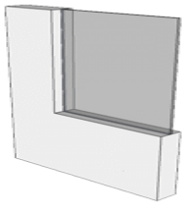
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8449

Quadro 2: Componentes construtivos do modelo Real

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PROPRIEDADES
Parede 	Argamassa interna (2,5cm); Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm); Argamassa externa (2,5cm); Pintura externa na cor branca	U (W/m²K): 2,87; CT (kJ/ m²K): 192
Cobertura 	Telha cerâmica; Câmara de ar (> 5,0 cm); Forro PVC; Laje de concreto maciça (10,0cm)	U (W/ m²K): 1,75; CT (kJ/ m²K): 134
Laje 	Laje de concreto maciça com 10cm de espessura	U (W/ m²K): 4,00; CT (kJ/ m²K): 200
Vidro 	Simples incolor (6mm)	U (W/ m²K): 5,70; Fator Solar: 0,84
Janela 	Simples de correr 1,00 X 1,10m	Fator de ventilação: 45% Percentual de elementos transparentes: 17%

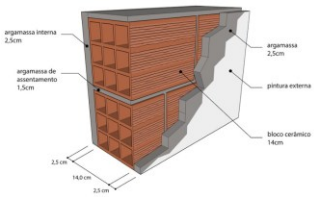
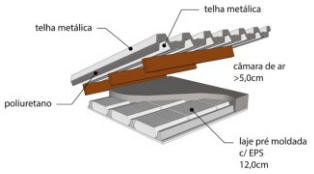
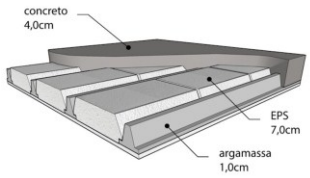
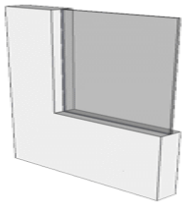
Fonte: os autores.

Quadro 3: Componentes construtivos do modelo Proposto I

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PROPRIEDADES
Parede 	Argamassa interna (2,5cm); Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0); Argamassa externa (2,5cm); Pintura externa na cor branca	U (W/ m²K): 2,87; CT (kJ/ m²K): 192
Cobertura 	Telha cerâmica; Câmara de ar (> 5,0 cm); Forro PVC; Laje de concreto maciça (10,0cm)	U (W/m²K): 1,75; CT (kJ/ m²K): 134
Laje 	Laje de concreto maciça com 10cm de espessura	U (W/m²K): 4,00; CT (kJ/ m²K): 200
Vidro 	Simples incolor (6mm)	U (W/m²K): 5,70; Fator Solar: 0,84
Janela 	De abrir, tipo camarão com venezianas. 1,50 X 1,10m (Dormitório 2);l 0,80 X 1,30m (Dormitório 1); 1,15 X 1,10m (Sala e cozinha).	Fator de ventilação: 90% Percentual de elementos transparentes: 23%

Fonte: os autores.

Quadro 4: Componentes construtivos do modelo Proposto II

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	PROPRIEDADES
Parede 	Argamassa interna (2,5cm); Bloco cerâmico 9 furos (14,0 x 19,0 x 9,0); Argamassa externa (2,5cm); Pintura externa na cor branca	U (W/ m²K): 1,83; CT (kJ/ m²K): 161
Cobertura 	Telha metálica sanduíche (α 0,3); Câmara de ar; Forro de PVC; Laje de concreto com EPS	U (W/ m²K): 0,6; CT (kJ/ m²K): 191,6
Laje 	Laje de concreto com EPS 12cm Concreto 4cm; EPS 7cm; argamassa 1cm	U (W/ m²K): 1,44; CT (kJ/ m²K): 132
Vidro 	Simples incolor (6mm)	U (W/ m²K): 5,70; Fator Solar: 0,84
Janela 	De abrir tipo camarão com venezianas 1,50 X 1,10m (Dormitório 2) 0,80 X 1,30m (Dormitório 1) 1,15 X 1,10m (Sala e cozinha)	Fator de ventilação: 90% Percentual de elementos transparentes: 23%

Fonte: os autores.

Para a avaliação das UHs, foram modeladas todas as áreas de permanência prolongada (APPs) e transitória (APTs). Contudo, a análise concentrou-se nas APPs (dormitórios e salas). Adicionalmente, foi incluída a zona térmica do sótão entre a laje e a cobertura.

As condições de uso e ocupação seguiram os parâmetros da norma [5], considerando dois ocupantes por dormitório e quatro na sala, com ocupação total nos períodos definidos. A densidade de potência de iluminação adotada foi de 5 W/m² para as APPs. Para equipamentos, considerou-se carga interna na sala com potência de 12 W e fração radiativa de 0,30 no período das 14h às 22h.

A ventilação natural foi configurada permitido o funcionamento de aberturas de janelas quando: 1) a APP estivesse ocupada; 2) a temperatura de bulbo seco interno

da APP foi igual ou superior a 19°C; 3) a temperatura de bulbo seco interno foi superior à temperatura de bulbo seco externo.

Para o cálculo de sombras optou-se pelo método de *pixel counting* devido à complexidade geométrica dos cobogós adotados nos modelos Propostos I e II, uma vez que o método padrão de sombreamento do EnergyPlus, *polygon clipping*, apresenta limitações para superfícies perfuradas, podendo gerar erros de estimativa de até 25% [8]. O método *Polygon Clipping* é processado via CPU, enquanto o método *Pixel Counting* utiliza processamento em GPU. Em cenários com menor complexidade geométrica, o *Polygon Clipping* tende a apresentar menor tempo de execução. Entretanto, à medida que aumenta o número de superfícies de sombreamento no modelo, o método *Pixel Counting* demonstra melhor escalabilidade computacional e desempenho mais eficiente, permitindo a análise de qualquer geometria com alta precisão ao avaliar a fração de sombra pixel a pixel [8, 9].

DADOS DE SAÍDA ANALISADOS

Para avaliação do nível mínimo de desempenho, de acordo com a NBR 15575-1:2025, é necessário calcular dois indicadores de desempenho térmico: o Percentual de Horas na Faixa de Temperatura Operativa (PHFT), que representa a fração do tempo em que as APPs permanecem dentro de uma faixa de conforto; e as temperaturas operativas máxima (Tomáx) e mínima (Tomín), calculadas com base nos valores horários durante os períodos de ocupação. Esses indicadores permitem classificar o nível de desempenho térmico por meio da comparação entre os modelos Real e de Referência. A norma classifica a cidade como pertencente ao Intervalo 3, com temperatura operativa máxima de 30 °C para ambientes residenciais ventilados naturalmente [5].

Os dados de saída simulados permitem determinar o PHFT para essas APPs ($PHFT_{APP}$), segundo a equação:

Equação 1: Determinação do PHFT da APP ($PHFT_{APP}$)

$$PHFT_{APP} = \frac{NhFT}{Nhocup} \cdot 100$$

Onde:

$PHFT_{APP}$ é o percentual de horas de ocupação do APP dentro da faixa de temperatura operativa (%);

Nh_{FT} é o número de horas em que o APP se encontra ocupado e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa ao longo do ano;

Nh_{Ocup} é o número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2920 horas para salas e 3650 horas para dormitórios.

O PHFT de uma UH é o resultado da média aritmética simples do PHFT de todas seus APPs.

Equação 2: Determinação do percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa ($PHFT_{UH}$)

$$PHFT_{UH} = \frac{\sum_{i=0}^{n} PHFTAPP,i}{n}$$

Onde:

$PHFT_{UH}$ é o percentual de horas de ocupação da UH dentro da faixa de temperatura operativa (%);

$PHFT_{APP,i}$ é o percentual de horas de ocupação do APPi dentro da faixa de temperatura operativa (%);

n é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados das simulações. As discussões serão feitas por meio das comparações entre os valores de PHFT e Tomax dos APPs e UHs. Para melhor representação dos gráficos, os modelos simulados foram identificados conforme o Quadro 5.

Quadro 5: Identificação das simulações por modelo

Modelo	Simulação
Modelo Referência	**A**
Modelo Real	B
Modelo Proposto I	C
Modelo proposto II	D

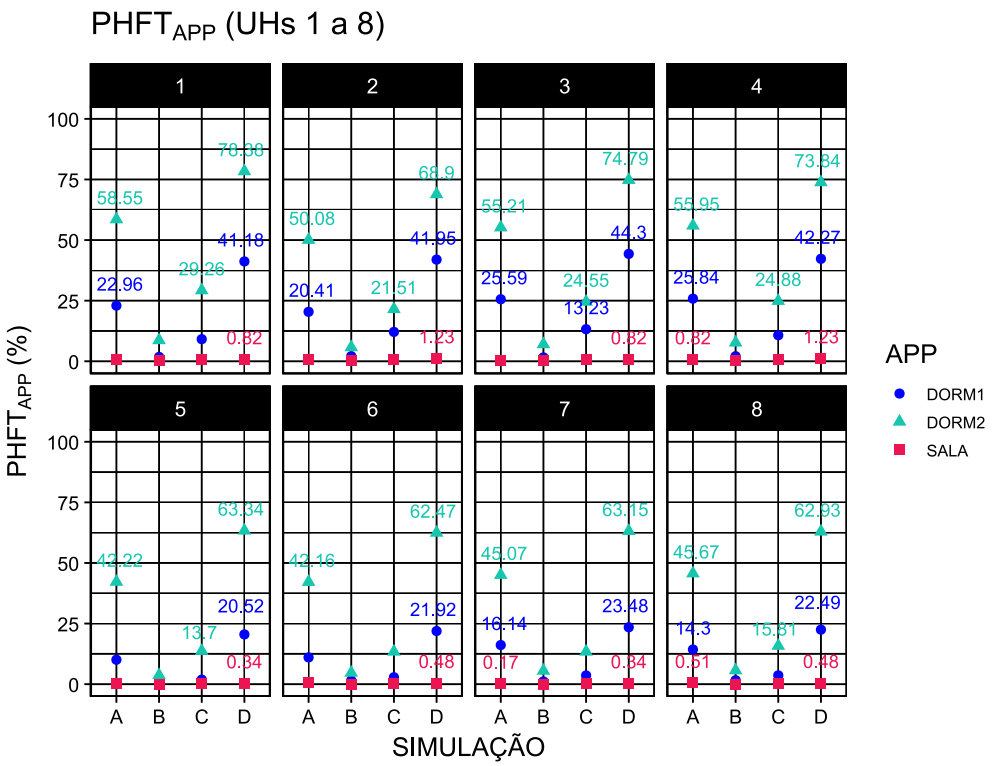
Fonte: os autores.

PHFT APP E TOMAX APP

Os dormitórios (Figura 2) - especialmente o dormitório 2, apresentaram os maiores valores de PHFT em todos os modelos, atingindo valores superiores a 70% no modelo Proposto II. A adoção de estratégias de *retrofit* no modelo Proposto I resultou em melhorias pontuais, enquanto o modelo Proposto II promoveu avanços expressivos no desempenho desses ambientes, com redução da Tomáx e aumento significativo do PHFT. A Figura 6 contém os gráficos de dispersão para os valores de $PHFT_{APP}$ para cada uma das oito UHs.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8449

Figura 6: $PHFT_{APP}$ para as UHs 1 a 8

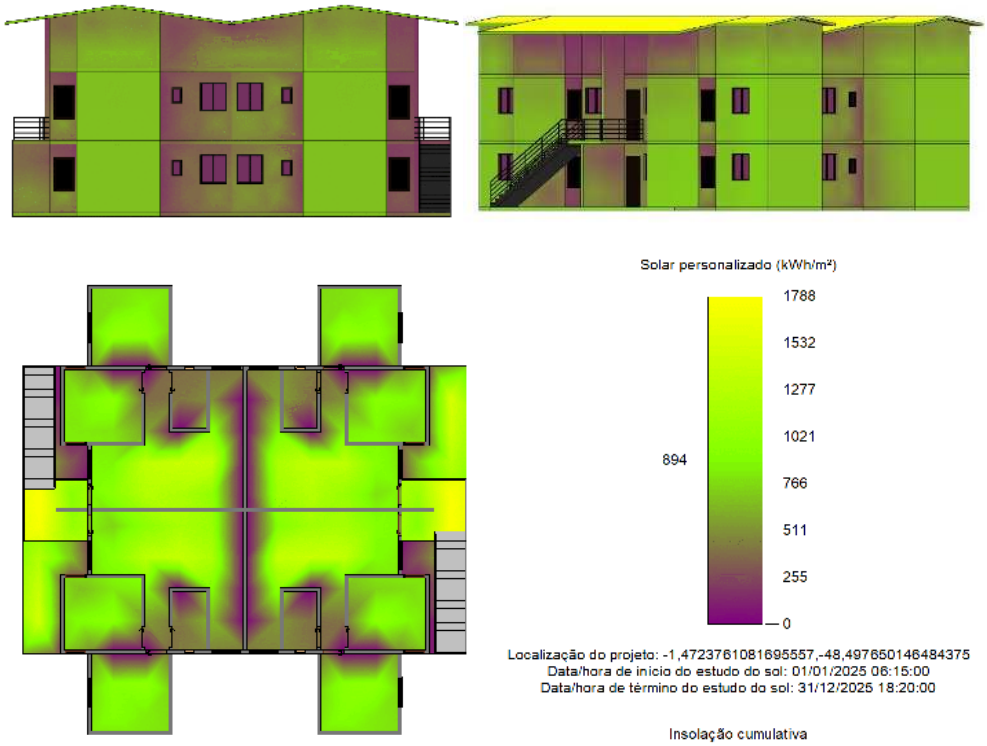


Fonte: os autores.

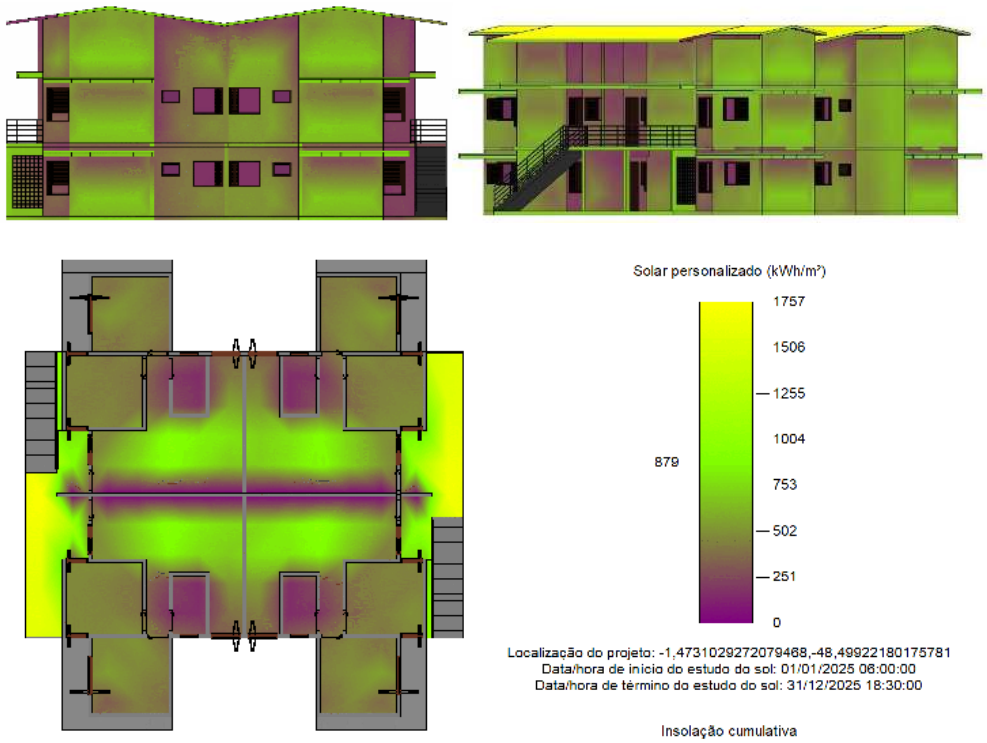
Em contrapartida, a sala apresentou o pior desempenho, indicando condições de desconforto térmico predominantes ao longo do ano. A Figura 7 ilustra o efeito do sombreamento na redução da irradiação solar em planta baixa e nas fachadas, respectivamente, evidenciando as áreas mais críticas da edificação. Na análise é evidente que, mesmo com as soluções de sombreamento nos modelos Propostos, a sala permanece com maior radiação.

Embora ocorram temperaturas operativas inferiores a 30 °C nessa APP, esses valores se concentram majoritariamente em períodos em que o ambiente não está ocupado, sobretudo durante a madrugada. Os períodos de ocupação da sala coincidem com horários de maior carga térmica, especialmente no período da tarde, quando as temperaturas operativas tendem a ultrapassar o limite estabelecido. Essa sobreposição entre ocupação e temperaturas mais elevadas contribui para a redução dos valores de PHFT na sala em todas as simulações.

Figura 7: Análise de incidência solar pelo plugin *Solar Analysis*



Modelo Real



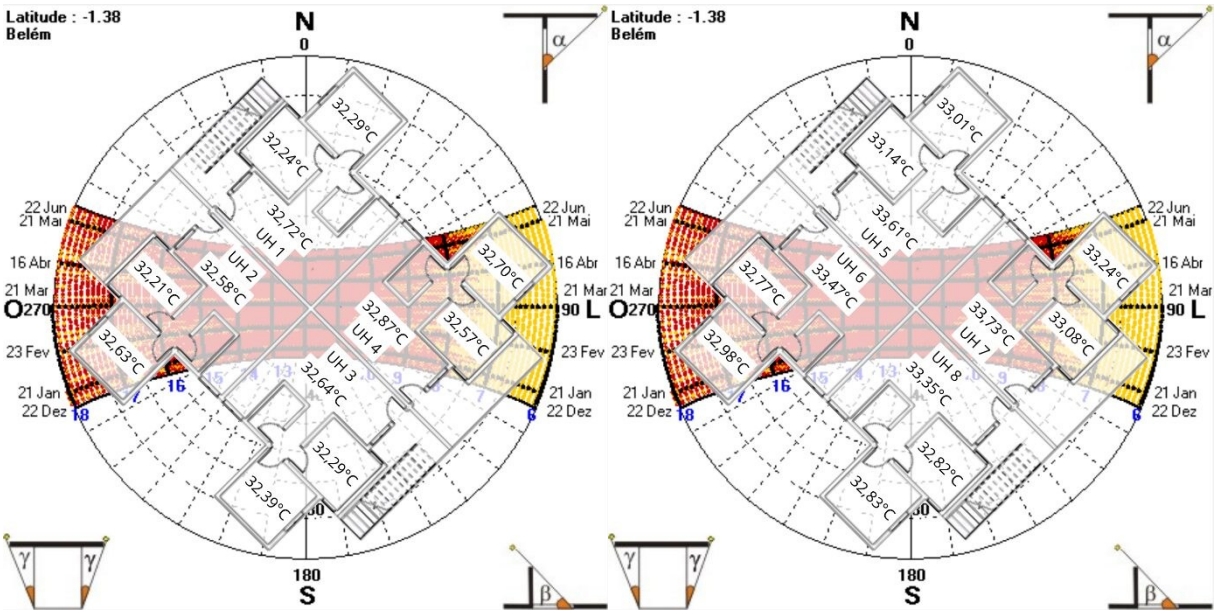
Modelo Proposto I e II

Nota: as simulações de incidência solar foram feitas no *software Revit* pelo *Plugin Solar Analysis.* Fonte: os autores.

A Figura 8 apresenta a relação entre a orientação da edificação e a Tomáx das APPs, por meio da sobreposição da planta baixa à carta solar de Belém. Os ambientes com

maiores Tomáx estão associados às fachadas com maior exposição à radiação solar ao longo do ano, especialmente nas orientações noroeste e sudoeste.

Figura 8: Tomáx das APPs sobreposta à carta solar



Pavimento Térreo Pavimento Superior

Fonte: os autores.

PHFT UH E TOMAX UH

Os resultados indicam baixo desempenho no modelo Real, com valores de PHFT inferiores a 4% em todas as UHs e Tomáx superiores às observadas nos demais cenários. A adoção de estratégias de *retrofit* no modelo proposto promoveram melhorias no desempenho. Por outro lado, o modelo Proposto II, com alterações na envoltória, apresentou ganhos expressivos com aumento significativo do PHFT e redução das Tomáx, superando inclusive o modelo de Referência.

Esses resultados evidenciam que intervenções combinadas são mais eficazes do que estratégias isoladas, destacando a importância da integração entre propriedades térmicas dos materiais e soluções passivas de ventilação e sombreamento. A Tabela 1 sumariza os resultados de $PHFT_{UH}$ e $Tomáx_{UH}$ e a Figura 9 apresenta um gráfico comparativo entre os valores. A Figura 10 mostra todos os valores de temperaturas operativas por modelo simulado.

Tabela 1: PHFT para as UHs de cada modelo em %

MODELO	UH 1	UH 2	UH 3	UH 4	UH 5	UH 6	UH 7	UH 8
REFERÊNCIA	27,39	23,77	27,09	27,53	17,50	17,92	20,46	20,16
REAL	3,57	2,79	2,91	3,39	1,59	2,09	2,22	2,44
PROPOSTO I	13,01	11,51	12,81	12,16	5,21	5,50	5,71	6,61
PROPOSTO II	40,13	37,36	39,97	39,11	28,07	28,29	28,99	28,63

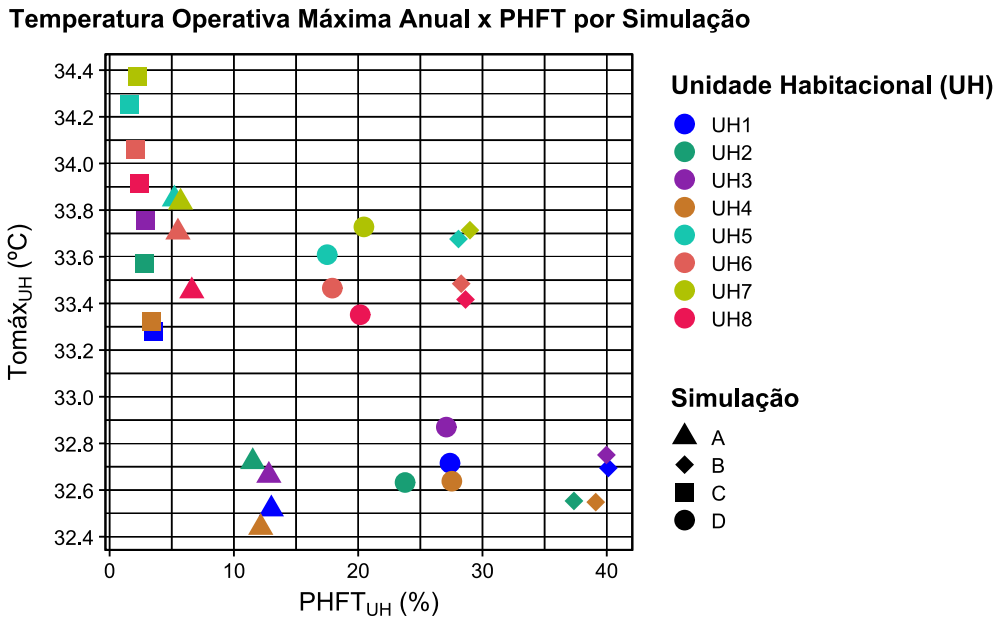
Fonte: os autores.

Tabela 2: Tomáx para as UHs de cada modelo em °C

MODELO	UH 1	UH 2	UH 3	UH 4	UH 5	UH 6	UH 7	UH 8
REFERÊNCIA	32,72	32,58	32,87	32,64	33,61	33,47	33,73	33,35
REAL	33,28	33,57	33,75	33,32	34,25	34,06	34,37	33,91
PROPOSTO I	32,52	32,72	32,66	32,44	33,85	33,71	33,83	33,45
PROPOSTO II	32,69	32,55	32,75	32,55	33,68	33,48	33,71	33,42

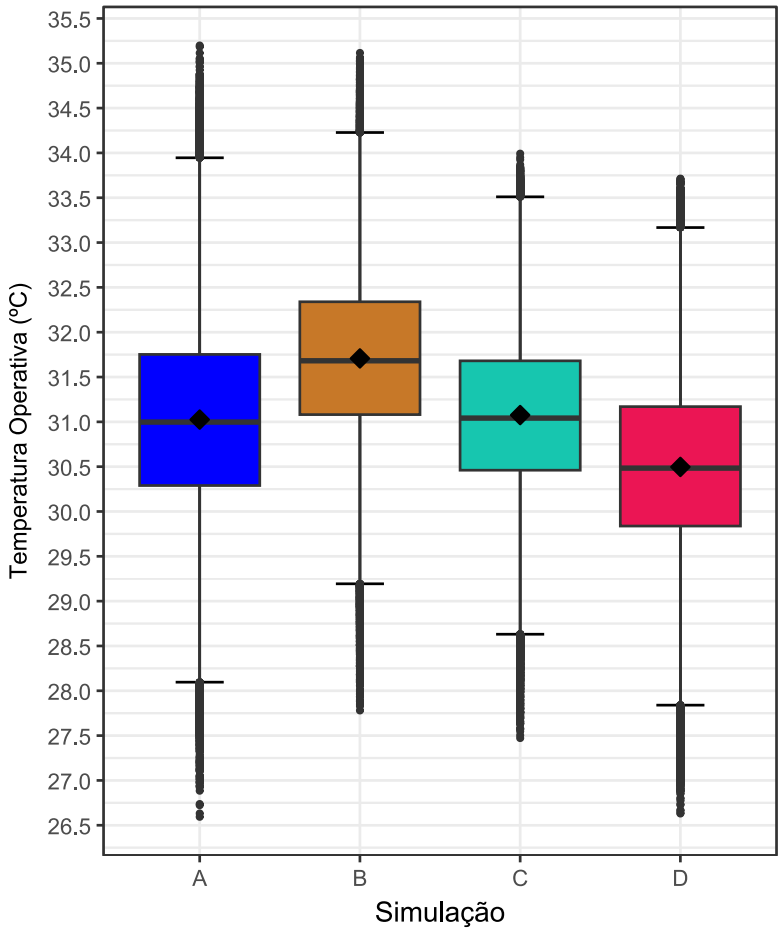
Fonte: os autores.

Figura 9: Gráfico comparativo entre os valores de $Tomáx_{UH}$ e $PHFT_{UH}$



Fonte: os autores.

Figura 10: Gráfico comparativo entre os valores de $Tomáx_{UH}$ e $PHFT_{UH}$



Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam desempenho térmico insatisfatório no modelo Real, com valores de PHFT significativamente inferiores aos do modelo de referência, indicando condições predominantes de desconforto térmico nas UHs. Esses resultados demonstram que a configuração construtiva existente não responde adequadamente às condições climáticas de Belém, comprometendo a qualidade ambiental interna e o desempenho termoenergético da edificação.

A adoção de estratégias passivas no modelo Proposto I, como ampliação das aberturas e inserção de dispositivos de sombreamento, resultou em melhorias pontuais, porém insuficientes para alcançar níveis satisfatórios de desempenho. Por outro lado, alterações nos componentes da envoltória apresentaram aumentos expressivos de PHFT e redução de Tomáx, superando inclusive o modelo de referência estabelecido pela NBR 15575-1:2025.

Observou-se ainda que o desempenho térmico é influenciado pela relação entre temperatura e ocupação dos ambientes, com a sala apresentando valores críticos devido à coincidência entre períodos de uso e maiores temperaturas.

Dessa forma, conclui-se que intervenções voltadas exclusivamente à ventilação e ao sombreamento apresentam impacto limitado em climas quentes e úmidos quando dissociadas da melhoria do desempenho térmico da envoltória. Os resultados reforçam a importância da adoção integrada de estratégias passivas, da adequada especificação dos componentes construtivos e da consideração dos padrões reais de uso ainda na fase de projeto, visando melhores condições de conforto térmico e qualidade habitacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Os autores declaram que durante a preparação deste artigo, o segundo autor utilizou o assistente de IA ChatGPT Plus versão 5.5 para auxílio na tabulação, elaboração de scripts para tratamento dos dados, e revisão do texto do resumo traduzido para inglês. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC 6th Assessment Report**. 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/. Acesso em: 08/04/2026.

[2] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2025: Relatório Final – ano base 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2025. 320 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-771/Relat%C3%B3rio%20Final_BEN%202025.pdf. Acesso em: 18 maio 2026.

[3] KOWALTOWSKI, D.; MUIANGA, E.; GRANJA, A.; MOREIRA, D.; BERNARDINI, S.; CASTRO, M. **A critical analysis of research of a mass-housing programme**. Building Research & Information, v. 47, n. 6, p. 716-733, mai. 2018. DOI: https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1458551. Acesso em: 02/03/2026.

[4] BRASIL. Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional). Portaria n.º 725, 2023: **Especificações do Programa Minha Casa Minha Vida – Faixa 1, Faixa 1,5, Faixa 2 e Faixa 3: compilado.** *Diário Oficial da União: Seção 1,* Brasília, DF, 30 maio 2025. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/habitacao/arquivos-1/20250805_Portaria_MCID_725_Especificacoes_MCMV_FAReFDS_COMPILADA_rev.pdf. Acesso em: 18 maio 2026.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2025.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático por desempenho. Rio de Janeiro, 2024.

[7] FRANÇA, J. **Espaços públicos de lazer e cidade: Desdobramentos em Belém-PA, o caso orla portal da Amazônia**. 2018. 362 f. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

[8] ROCHA, A. P.; OLIVEIRA R.; MENDES, N. **Experimental validation and comparison of direct solar shading calculations within building energy simulation tools: Polygon clipping and pixel couting techniques**. Solar Energy, v. 158, p. 462-473, dez. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.10.011. Acesso em: 14/04/2026

[9] ENERGYPLUS. *Input Output Reference*. Version 26.1.0. [S.l.]: EnergyPlus, 2025. Disponível em: https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v26.1.0/InputOutputReference.pdf. Acesso em: 18 maio 2026.