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.v21i1.8254

Estimativa do percentual de horas ocupadas em conforto com base nos métodos da INI-R

Estimation of the Percentage of Occupied Hours in Thermal Comfort Based on INI-R's Methods

Enzo Rafael Vilela França
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | enzo.franca@itec.ufpa.br
Igor Raphael de Souza Silva
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | igor.souza.silva@itec.ufpa.br
André Vitor Costa de Moraes
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | andre.costa.moraes@itec.ufpa.br
Bernardo Contente Pereira
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | bernardo.pereira@itec.ufpa.br
Eduarda Lorrany Gonçalves Batista
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | eduarda.goncalves@itec.ufpa.br
Carminda Célia Moura de Moura Carvalho
Universidade Federal do Pará | Belém | Brasil | carminda@ufpa.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho térmico de uma residência estudantil em clima quente e úmido segundo os métodos da INI-R. Foi empregado um estudo de caso com dois cenários de ocupação (normativo e uso real), adotando o indicador Percentual de Horas Ocupadas dentro da Faixa de Temperatura Operativa (PHFT). Os resultados mostram que o método simplificado é mais conservador e apresenta maior variabilidade de PHFT (13% a 71%), subestimando o desempenho em relação à simulação termoenergética (89% a 96% no cenário normativo). A discrepância evidencia limitações do metamodelo quanto à representação de perfis de ocupação e condições térmicas elevadas. Este estudo contribui para reforçar a necessidade de aprimorar os métodos em climas quentes e úmidos.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Simulação energética. Metamodelo. INI-R.

Abstract

This study aims to compare the thermal performance of a student residence in a hot and humid climate using the methods defined by INI-R. A case study was conducted under two occupancy scenarios (normative and actual use), adopting the Percentage of Occupied Hours within the Operative Temperature Range (PHFT) as the performance indicator. The results show that the simplified method is more conservative and exhibits greater variability in PHFT (13% to 71%), underestimating performance when compared to thermal–energy simulation (89% to 96% under the normative scenario). This discrepancy highlights limitations of the metamodel in representing occupancy profiles and elevated thermal conditions. This study reinforces the need to improve the methods for hot and humid climates.

Keywords: Thermal Performance. Energy Simulation. Metamodel. INI-R.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8254

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o aquecimento global tem se intensificado em função das emissões de gases de efeito estufa, sobretudo pelo uso de combustíveis fósseis, alcançando em 2024 um aumento médio global de 1,6°C em relação aos níveis pré-industriais, o maior já registrado [1]. No Brasil, esse aquecimento é ainda mais acentuado, com elevações regionais de até 3°C [2], intensificando eventos climáticos extremos. Nesse contexto, estudos nacionais e internacionais indicam que as edificações exercem papel relevante na crise climática, sendo responsáveis por 32% da demanda global de energia em 2023 [3], o que reforça a necessidade de políticas voltadas à redução do consumo energético e das emissões nesse setor.

No campo da eficiência energética, o Brasil avançou com iniciativas públicas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica) [4]. Tratando-se de edificações, exemplos recentes dos esforços brasileiros podem ser observados na publicação, em 2022, das Instruções Normativas Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações (INI) [5]. Essa norma detalha os procedimentos necessários para a determinação da classificação energética dos diversos sistemas de uma construção, com especificações para residências (INI-R) e prédios comerciais, de serviços e públicos (INI-C).

A metodologia da INI-R permite estimar o consumo energético por meio dos métodos prescritivo, simplificado e de simulação, porém somente os dois últimos permitem a obtenção de classificação nível A. O método simplificado corresponde ao Anexo B da norma e avalia o desempenho térmico da envoltória a partir das estimativas de cargas térmicas anuais obtidas por um metamodelo disponibilizado pelo PBE Edifica. A simulação, detalhada no Anexo C da INI-R, diferencia-se por atender todos os tipos de edificações e fazer uso de programas computacionais para estimar o comportamento energético do objeto de estudo, permitindo uma análise mais completa e detalhada [5] [6]. Neste artigo, os dois métodos foram adotados para a análise do objeto de estudo.

Dentre os dados de saída obtidos pelo método simplificado e pelo método de simulação da INI-R, destaca-se o Percentual de Horas de Ocupação dentro de uma Faixa de Temperatura Operativa (PHFT), indicador que quantifica o número de horas em que a edificação permanece em condições térmicas aceitáveis e representa a sua autonomia térmica. O PHFT é particularmente relevante por permitir a avaliação do desempenho passivo da edificação. Valores elevados deste indicador refletem a eficácia de estratégias passivas de projeto, como orientação solar, sistemas construtivos, sombreamento e ventilação, na manutenção do conforto térmico dos ambientes.

Portanto, este trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos pelos métodos simplificado e de simulação da INI-R utilizando o PHFT como principal indicador das condições térmicas internas da edificação. Busca-se, a partir de um estudo de caso representativo de clima quente e úmido, analisar a relação entre os resultados fornecidos pelos dois métodos na avaliação das condições de conforto térmico dos usuários.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8254

METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem metodológica baseada na aplicação e comparação de dois procedimentos de avaliação do desempenho térmico da envoltória, previstos na Instrução Normativa INI-R: o método simplificado e o método de simulação, em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 15.575 [7]. A pesquisa caracteriza-se como descritivo-explicativa, de natureza qualitativa e quantitativa, sendo conduzida a partir de um único estudo de caso de residência estudantil. A metodologia compreende a definição do objeto de estudo, a caracterização dos parâmetros de entrada e a definição dos dados de saída, conforme detalhado nas seções subsequentes.

DEFINIÇÃO DE OBJETO DE ESTUDO

O edifício analisado, denominado Casa de Estudantes Universitários (CEUS) funciona como moradia estudantil, destinada a estudantes, principalmente aqueles em situação de vulnerabilidade socioeconômica, para garantir condições de permanência na universidade (Figura 1). O edifício pertence à Universidade Federal do Pará (UFPA) e está localizado no bairro Universitário, em Belém-PA, caracterizado por clima quente e úmido. A edificação possui quatro pavimentos, área total construída de 2.235 m² e capacidade para até 165 estudantes.

Figura 1: Vista superior da CEUS obtida com a utilização de drone



Fonte: os autores.

O pavimento térreo concentra os ambientes de uso comum, incluindo cozinha, refeitório, lavanderia, salas de estudo e lazer, setores administrativos e unidades habitacionais adaptadas para pessoas com deficiência (PcD), conforme Azevedo [8]. O segundo pavimento é composto por dormitórios e banheiros masculinos, enquanto o terceiro repete a configuração espacial, destinado aos dormitórios e banheiros femininos. O quarto pavimento é ocupado por áreas técnicas.

A cobertura é formada por telha metálica com pintura externa na cor branca, seguida por laje de concreto 10 cm. Os fechamentos externos são todos em alvenaria de bloco cerâmico (9 cm x 19 cm x 19 cm), com argamassa interna e externa de 2,5 cm. Foi

considerado absortância solar (α) de 0,30 para as paredes internas e externas (pintura na cor branca). O piso é cimentício. As aberturas são compostas por vidro simples, não refletivo, com 8 mm de espessura e fator solar de 0,84 [8].

PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

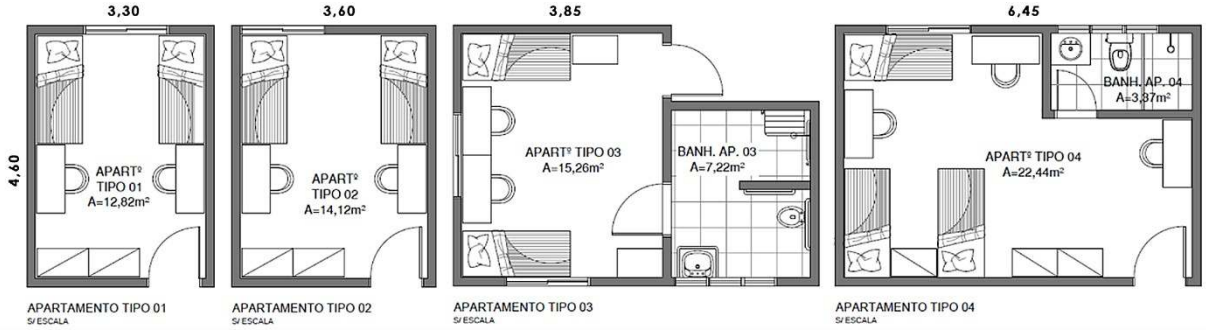
A aplicação do metamodelo da INI-R exige que os parâmetros de análise se encontrem dentro de limites mínimo e máximo pré-estabelecidos na norma [9], condição atendida pelo estudo de caso. Apesar deste método avaliar um conjunto amplo de critérios voltados à análise da eficiência energética, este estudo tem como foco exclusivo a avaliação da envoltória.

Foram considerados os seguintes grupos de parâmetros: geometria da unidade habitacional (área de piso, pé-direito e condições de exposição de piso e cobertura); dimensões horizontais de paredes internas e externas; ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro e condições de sombreamento; características de aberturas (áreas transparentes, áreas ventiladas e presença de venezianas); e propriedades termofísicas dos elementos construtivos (transmitância e capacidade térmica, absortância e fator solar dos elementos transparentes).

Para a avaliação de desempenho térmico, cada dormitório foi tratado como uma Unidade Habitacional (UH) independente, composta por uma única Área de Permanência Prolongada (APP). Considerou-se, ainda, a ocupação durante o período de 22h às 7h, conforme o padrão para dormitórios no metamodelo, definido pela NBR 15.575 [7].

A CEUS tem um total de 55 UHs, o que corresponde a 55 dormitórios (APP). Os quatro modelos de UHs podem ser encontrados na Figura 2. Porém, para fins de demonstração nesta seção, foram selecionadas somente três unidades, sendo que cada uma delas representa um andar e uma orientação solar diferente.

Figura 2: Modelos de Unidade Habitacional.



Fonte: os autores.

Os quadros 1 e 2 apresentam os dados de entrada para as UHs selecionadas, além disso, algumas configurações se mantêm constantes, são elas: o pé-direito é de 2,80 m; não possuem veneziana; e o Ângulo de desvio em relação ao norte verdadeiro é de 21°. A área efetiva de ventilação é de 0,67 m². A transmitância térmica e o fator solar do elemento transparente são, respectivamente, 5,70 W/m²K e 0,84. Para o piso, a transmitância e capacidade térmica são, respectivamente, 1,80 W/m²K e 132 kJ/(m2.

K). A absortância da parede externa é 0,346, sua transmitância e capacidade térmica são 2,37 W/m²K e 151 kJ/(m2. K), respectivamente e a dimensão horizontal de paredes em contato com a sala é nula. Dentre as exceções, nota-se: apenas a UH02 está em contato com o solo e apenas a UH42 está exposta ao sol e ao vento.

Quadro 1: Exemplos dos dados de entrada do metamodelo para cada UH

Parâmetro	UH02	UH05	UH42
Área do APP	15,27 m²	12,90 m²	12,90 m²
Absortância da cobertura	-		0,282
Transmitância térmica da cobertura	-		0,7 W/(m².K)
Capacidade térmica da cobertura	-		48,4 kJ/(m².K)
Dimensão horizontal de paredes em contato com Área de Permanência Transitória (APT)	7,85 m	3,00 m	4,30 m
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	8,60 m	4,30 m

Fonte: os autores.

Quadro 2: Exemplos dos dados de entrada do metamodelo para cada UH de acordo com a orientação geográfica

Orientação	Norte			Sul			Leste			Oeste		
Verificação APP	UH02	UH05	UH42	UH02	UH05	UH42	UH02	UH05	UH42	UH02	UH05	UH42
AHSd [°]	0	23	0	15	0	69	0	0	0	0	0	0
AHSe [°]	0	0	0	0	0	55	0	0	36	0	0	0
AVE fac [°]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AVS [°]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa [m]	0	3	3	3,55	0	3	0	0	2,45	4,3	0	0
Dim. Horizontal Par. Interna [m]	0	0	0	0	0	0	0	4,3	0	0	4,3	0
Área de superfície dos elementos transparentes [m²]	0	1,35	1,35	1,35	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
Porta Interna	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: os autores.

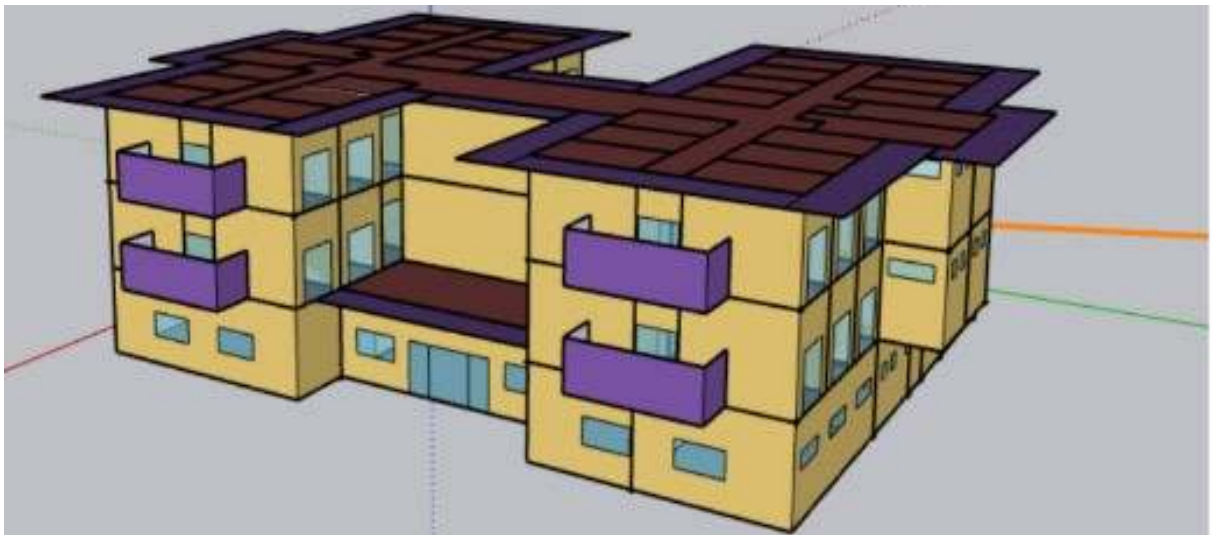
Os termos apresentados no quadro acima: Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito - AHSd, ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo - AHSe, ângulo vertical de obstrução do entorno - AVE fac e ângulo vertical de sombreamento da fachada - AVS representam parâmetros geométricos angulares utilizados para calcular o sombreamento da edificação. Eles servem para quantificar, em graus, as obstruções verticais e horizontais, sejam elas provenientes de elementos da própria fachada ou do entorno construído, o que permite determinar com precisão a incidência de radiação solar sobre as aberturas nas análises de eficiência energética.

CONFIGURAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO

Para representar as condições climáticas locais na simulação termoenergética, foi utilizado o arquivo climático no formato EPW (EnergyPlus Weather) da cidade de Belém do Pará, fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para a simulação termoenergética, adotou-se um conjunto de ferramentas compatíveis com os requisitos da Portaria 309 [9]. A modelagem tridimensional do edifício (Figura 3) foi realizada no SketchUp, versão 2020, utilizando o plugin OpenStudio (v.1.1) para a inserção das propriedades construtivas, condições de uso e definição das zonas térmicas. A simulação final de desempenho foi executada no EnergyPlus (v.9.4.0). O fluxo de trabalho adotado para a interoperabilidade dos programas computacionais segue a metodologia de Corrêa [10].

Figura 3: Modelo energético da Casa dos Estudantes da UFPA



Fonte: os autores.

Quanto ao padrão de uso e operação, adotou-se a ocupação de 10 m²/pessoa e a densidade de potência de equipamentos em uso (DPE) de 20 W/m², conforme a INI-R. A taxa metabólica adotada foi de 81 W/pessoa nos dormitórios. Para a iluminação, utilizou-se a Densidade de Potência de Iluminação (DPI) de 6,31 W/m², calculada de acordo com a condição real do edifício.

As propriedades dos materiais adotados no modelo computacional (Quadro 3) seguiram os valores encontrados nos componentes da NBR 15.220 [11] e em Azevedo [8].

Quadro 3: Dados de entrada de características termofísicas do modelo real

Material	Espessura (m)	Condutividade (W/m.K)	Densidade (kg/m³)	Calor específico (J/kg.K)	Absortância solar
Telha metálica	0,06	55	7800	460	0,3
Madeira	0,03	0,29	800	1340	0,7
Argamassa	0,03	1,15	2000	1000	0,3
Concreto	0,046	1,75	2200	1000	0,7
Contrapiso	0,0174	1,15	2000	1000	0,7
Piso cerâmico	0,008	3	2500	840	0,7
Laje de concreto	0,1	1,75	2200	1000	0,7
Tijolo cerâmico	0,0134	0,92	1600	920	0,7
Forro de PVC	0,03	0,2	1300	960	0,2

Fonte: os autores.

No EnergyPlus, o contato com o solo foi modelado pelo método Finite Difference e o condicionamento de ar via sistema de cargas ideais (HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem), com setpoint de 23 °C. A ventilação natural foi simulada através do módulo AirflowNetwork, considerando 45% de abertura nas janelas. Por fim, habilitou-se o dimensionamento automático e definiram-se as variáveis de saída (Output:Variable) necessárias para o cálculo dos indicadores normativos.

DADOS DE SAÍDA

O dado de saída considerado neste estudo, tanto no método simplificado baseado no metamodelo quanto no método de simulação, foi o Percentual de Horas Ocupadas dentro da Faixa de Temperatura Operativa (PHFT), a faixa de temperatura operativa para a cidade de Belém está em 30°C. A escolha desse indicador visa apoiar a comparação do desempenho térmico das Unidades Habitacionais (UHs) e na relevância do PHFT como métrica para a avaliação da resiliência térmica da edificação.

No método simplificado, os dados de saída são fornecidos automaticamente pelo metamodelo. Já no método de simulação, os resultados são obtidos a partir dos objetos Zone Operative Temperature, utilizados para o cálculo do PHFT. A partir disso, torna-se possível comparar as abordagens metodológicas e verificar se o metamodelo apresenta resultados consistentes e suficientemente próximos aos do método de simulação para a avaliação do desempenho da envoltória de cada UH.

Adicionalmente, foram analisados dois cenários de ocupação das UHs. O Cenário 1 adota o padrão estabelecido pela ABNT NBR 15.575, com ocupação contínua no período noturno, entre 22h e 7h59, configuração também incorporada pelo metamodelo da INI-R. O Cenário 2, por sua vez, foi definido a partir do padrão de uso real dos estudantes residentes na CEUS, caracterizando uma ocupação não contínua ao longo do dia, com períodos adicionais de permanência nas UHs fora do intervalo normativo.

Esse padrão de ocupação (Cenário 2) não se enquadra plenamente nas categorias de uso previstas pela ABNT NBR 15.575, tanto para dormitórios quanto para ambientes de uso misto, o que inviabiliza sua representação direta no método simplificado da INI-R, uma vez que o metamodelo não permite a alteração dos horários de ocupação pré-

definidos em norma. A inclusão deste segundo cenário tem como objetivo analisar a sensibilidade do indicador PHF a padrões de ocupação mais representativos do uso real da edificação e discutir as limitações do metamodelo frente a contextos de uso não padronizados, particularmente em um clima quente e úmido como o da cidade de Belém.

Tabela 1: Padrão de ocupação diário nos cenários 1 e 2

Horário	Cenário 1 de ocupação (%)	Cenário 2 de ocupação (%)
00:00 - 00:59	100	100
01:00 - 01:59	100	100
02:00 - 02:59	100	100
03:00 - 03:59	100	100
04:00 - 04:59	100	100
05:00 - 05:59	100	100
06:00 - 06:59	100	100
07:00 - 07:59	100	100
08:00 - 08:59	0	0
09:00 - 09:59	0	0
10:00 - 10:59	0	0
11:00 - 11:59	0	0
12:00 - 12:59	0	0
13:00 - 13:59	0	100
14:00 - 14:59	0	0
15:00 - 15:59	0	0
16:00 - 16:59	0	0
17:00 - 17:59	0	0
18:00 - 18:59	0	0
19:00 - 19:59	0	100
20:00 - 20:59	0	100
21:00 - 21:59	0	100
22:00 - 22:59	100	100
23:00 - 23:59	100	100

Fonte: o autor.

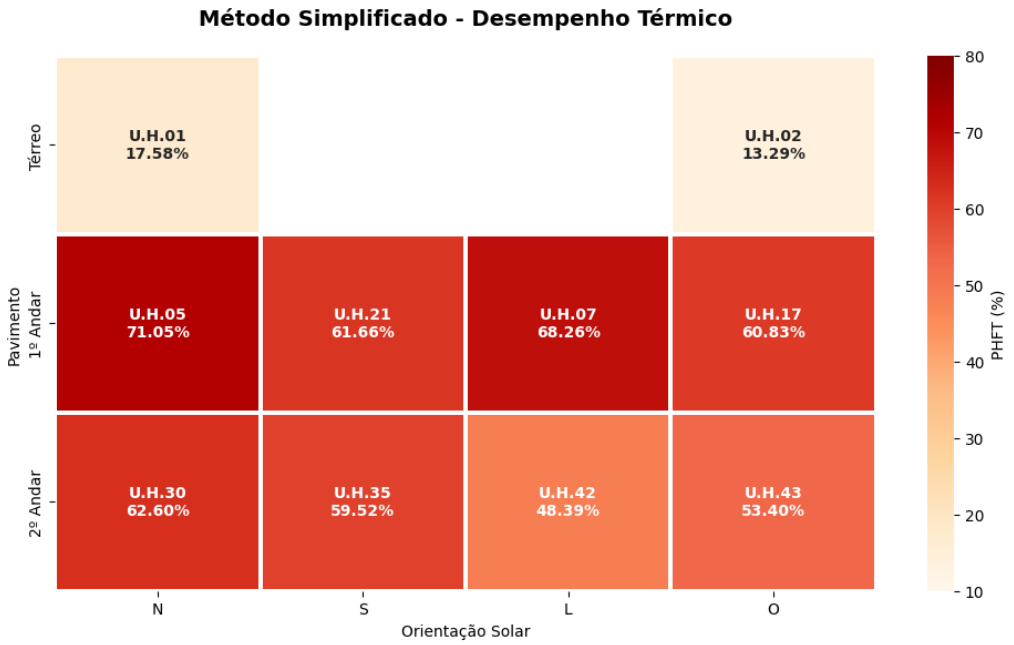
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentam-se os resultados do desempenho térmico das Unidades Habitacionais (UHs), comparando-se o indicador de PHFT (Percentual de Horas Ocupadas na Faixa de Temperatura Operativa) obtido pelos métodos simplificado e de simulação.

Os Gráfico 1 e 2 apresentam a comparação dos valores de PHFT obtidos para as unidades habitacionais (UHs), considerando o Cenário 1 de ocupação (22:00h–07:59h). As UHs são organizadas em uma matriz segundo o pavimento e a orientação solar, permitindo a comparação direta entre os métodos para cada configuração analisada.

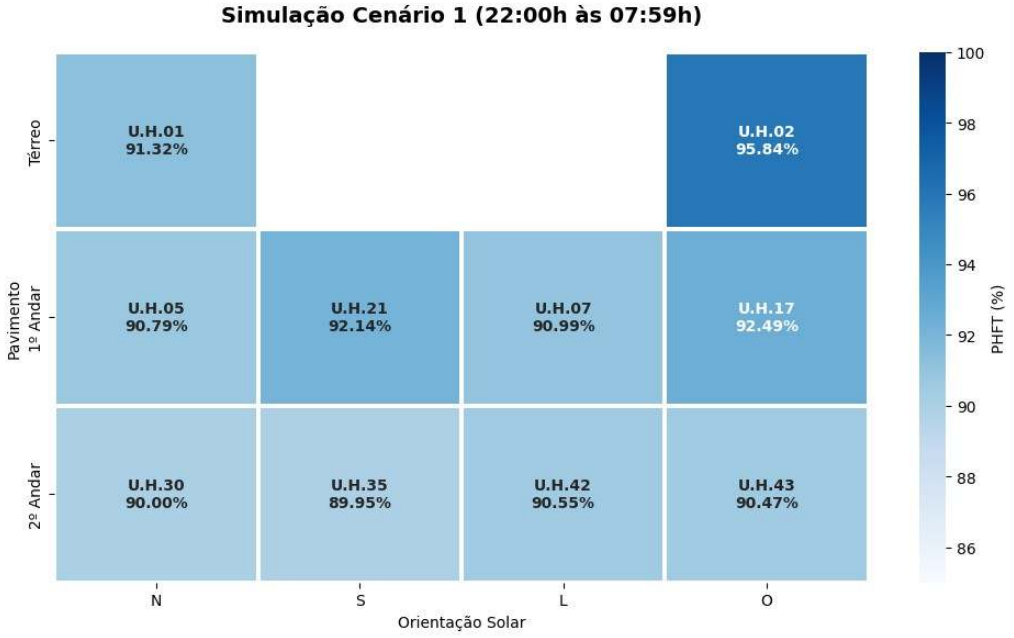
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8254

Gráfico 1: PHFT (%) das UHs representativas pelo método simplificado.



Fonte: os autores.

Gráfico 2: PHFT (%) das UHs representativas pelo método de simulação.



Fonte: os autores.

Para o método simplificado, os valores de PHFT variaram de 13,29% a 71,05% entre as unidades habitacionais analisadas. Os resultados apresentaram variação entre pavimentos e orientações solares, com diferenças expressivas entre as UHs representativas. As unidades localizadas no pavimento térreo apresentaram os menores valores de PHFT, com percentuais aproximadamente 45% a 55% inferiores aos observados no primeiro pavimento e 30% a 45% inferiores em relação ao segundo pavimento. Entre as orientações solares, as unidades com orientação norte concentraram os menores valores de PHFT, enquanto as orientações sul e oeste

apresentaram valores mais elevados e próximos entre si. As unidades orientadas a leste exibiram resultados intermediários.

Para o método de simulação, os valores de PHFT variaram entre 89,95% e 95,84% entre as unidades habitacionais analisadas. Os resultados apresentaram variação entre pavimentos e orientações solares, embora com diferenças menos expressivas entre as UHs. As unidades localizadas no pavimento térreo apresentaram os maiores valores de PHFT, com percentuais aproximadamente 2% a 4% superiores aos observados no primeiro e no segundo pavimentos. Entre as orientações solares, as unidades com orientação norte apresentaram valores ligeiramente superiores, enquanto as orientações sul, leste e oeste exibiram resultados próximos entre si.

A comparação entre os métodos simplificado e de simulação evidenciou diferenças na magnitude dos valores de PHFT atribuídos às mesmas unidades habitacionais. Enquanto o método simplificado apresentou maior amplitude de variação entre pavimentos e orientações solares, o método de simulação exibiu resultados mais concentrados, com variações menos pronunciadas entre as UHs representativas.

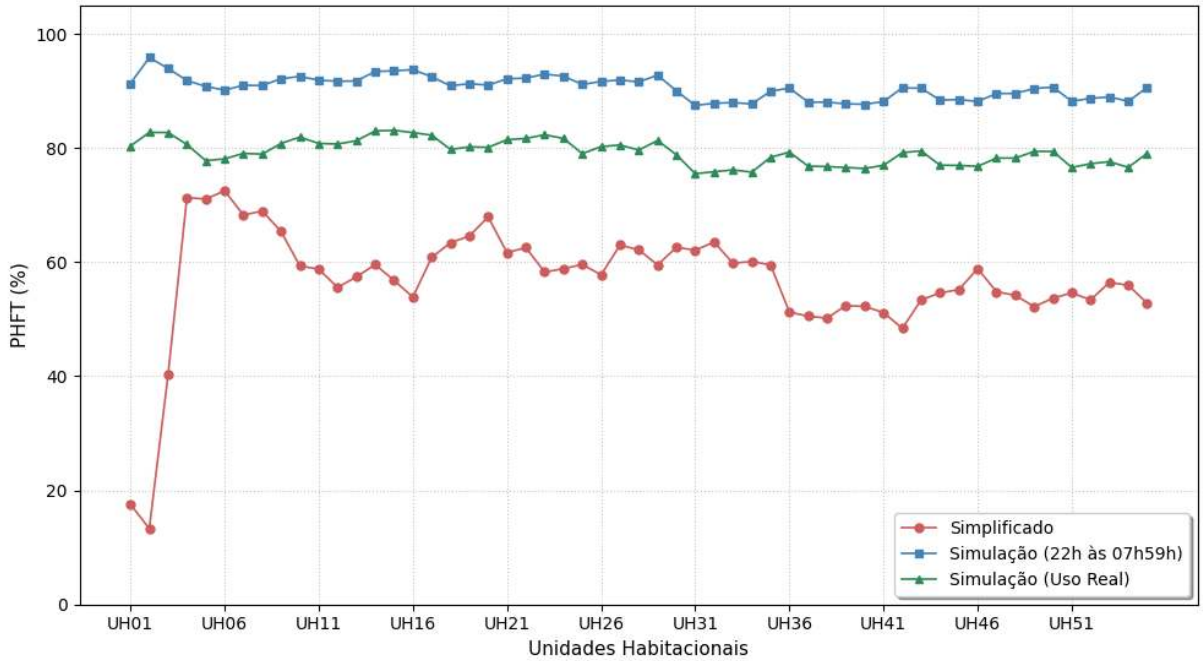
Os resultados evidenciaram diferenças consideráveis entre os valores de PHFT atribuídos às mesmas UHs pelos dois métodos. O método simplificado apresentou maior dispersão dos resultados entre pavimentos e orientações solares, enquanto o método de simulação exibiu valores mais concentrados e homogêneos. O método de simulação apresentou de forma mais estável os valores de PHFT das UHs sob as mesmas condições climáticas e de ocupação.

No contexto de climas quentes e úmidos, onde as cargas térmicas de origem solar são predominantes, essa diferença assume particular relevância. Estudos prévios apontam que metamodelos desenvolvidos com menor representatividade de temperaturas mais elevadas podem apresentar limitações na previsão do desempenho térmico nessas condições [12], o que é corroborado pelos achados deste trabalho.

O Gráfico 3 apresenta a comparação do indicador PHFT para as 55 unidades habitacionais avaliadas por três abordagens distintas: o método simplificado da INI-R considerando o cenário de ocupação 1 (vermelho) e duas simulações termoenergéticas, sendo uma com o mesmo horário de ocupação do método simplificado (22h às 07h59 – azul) e outra representativa do uso real da edificação (Cenário 2), com ocupação intermitente ao longo do dia (verde).

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8254

Gráfico 3: Perfil de desempenho térmico por unidade



Fonte: os autores.

Os resultados evidenciam que o método simplificado apresenta os valores mais conservadores e a maior variabilidade entre as unidades, com PHFT predominantemente entre 50% e 75%, além de quedas acentuadas nas unidades iniciais (UH01 e UH02), com valores inferiores a 20%. Em contraste, as simulações termoenergéticas apresentaram desempenho significativamente superior e mais estável. No cenário de ocupação 1 (azul), praticamente todas as unidades alcançaram PHFT superiores a 85%, com picos próximos a 95%. Já no cenário de uso real (verde), os valores permaneceram elevados, concentrando-se entre 75% e 83%, apesar da maior exposição às condições térmicas diurnas.

A comparação direta entre os cenários de ocupação simulados indica uma redução sistemática dos valores de PHFT no Cenário 2 em relação ao Cenário 1, porém sem comprometer de forma significativa o desempenho térmico global das unidades.

A diferença observada entre os cenários de ocupação 1 e 2 nas simulações termoenergéticas evidencia a sensibilidade do desempenho térmico aos padrões de uso da edificação. A ampliação das horas de ocupação para períodos diurnos, caracterizados por maiores temperaturas e incidência solar, resulta em redução moderada do PHFT, refletindo um aumento do desconforto térmico potencial. Ainda assim, os resultados permanecem consistentemente superiores aos obtidos pelo método simplificado em todas as unidades analisadas.

Essa discrepância destaca uma limitação do metamodelo adotado pelo método simplificado da INI-R: a impossibilidade de representar diferentes perfis de ocupação. Ao restringir a análise a horários fixos, o método deixa de capturar a dinâmica térmica real da edificação, especialmente em climas quentes, onde a interação entre ganhos solares, inércia térmica e presença dos ocupantes é determinante para o desempenho térmico.

Mesmo quando comparado à simulação normativa com o mesmo intervalo de ocupação (22h às 07h59), o método simplificado apresentou desvios expressivos, indicando que suas limitações não se restringem apenas ao perfil de uso, mas também à forma como o desempenho térmico é estimado. Esse comportamento reforça evidências da literatura de que metamodelos desenvolvidos com baixa representatividade de condições climáticas mais quentes tendem a subestimar o desempenho térmico real das edificações nessas faixas [12].

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo comparar o desempenho térmico da envoltória de um edifício de residência estudantil por meio de dois métodos normativos distintos, o método de simulação e o método simplificado da INI-R buscando identificar convergências, divergências e lacunas entre as abordagens. Os resultados evidenciaram diferenças sistemáticas entre os métodos, com o método simplificado apresentando estimativas mais conservadoras e menor capacidade de representar a variabilidade do desempenho térmico observada nas simulações.

As análises indicaram que a simulação termoenergética, especialmente quando associada a perfis de ocupação mais realistas, mostrou-se mais adequada para captar a dinâmica térmica das unidades e avaliar sua resiliência frente às cargas térmicas diurnas, mesmo sob condições mais severas. Em contraste, a limitação do metamodelo da INI-R em representar diferentes padrões de ocupação e condições térmicas elevadas compromete sua confiabilidade para análises mais detalhadas em climas quentes e úmidos.

Como contribuição, o estudo reforça a necessidade de aprimoramento do método simplificado, particularmente no que se refere à ampliação da representatividade climática de suas bases de desenvolvimento e à incorporação de maior flexibilidade nos perfis de uso. Trabalhos futuros podem avançar a partir de avaliações pós-ocupação da edificação analisada, permitindo confrontar os resultados simulados com medições e percepções reais de conforto térmico, fortalecendo a validação dos métodos normativos em contextos climáticos semelhantes.

AGRADECIMENTOS

Ao Ceamazon e ao Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá - PCT Guamá

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não fizeram uso de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] POYNTING, M.; RIVAULT, E.; DALE, B. **2024 first year to pass 1.5C global warming limit**. Londres: BBC, 2025. Disponível em: https://www.bbc.com/news/articles/cd7575x8yq5o/. Acesso em: 26 novembro 2025.

[2] WWF BRASIL. **Climate: Warming in Brazil is already higher than the global average**. Brasília: WWF, 2024. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?90683/Climate-Warming-in-Brazil-is-already-higher-than-the-global-average/. Acesso em: 26 novembro 2025.

[3] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025**. Nairobi: UNEP, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.59117/20.500.11822/47214/. Acesso em: 26 novembro 2025.

[4] CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Guia para eficientização energética nas edificações públicas.** Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

[5] BRASIL. Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021.

[6] PIMENTEL, B. **Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021, Palmas. Porto Alegre: ANTAC, 2021.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Norma de Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. 5 ed. Rio de Janeiro, 2011.

[8] AZEVEDO, J. **Alojamento Estudantil no Contexto Amazônico Análise Termoenergética da Casa de Estudantes Universitários da Universidade Federal do Pará**. 2024. 125 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2024.

[9] BRASIL. Portaria nº 309, de 06 de setembro de 2022.

[10] CORRÊA, B. **Desempenho Energético em Edificações Públicas: Diagnóstico e Transformação em Edificação de Energia Quase Zero**. 2025. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2025.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2024.

[12] MACHADO, R. et al. **Metamodel to predict annual cooling thermal load for commercial, services and public buildings: A country-level approach to support energy efficiency regulation**. Energy & Buildings, [S. l.], v. 301, p. 113690, out. 2023.

[13] CELLA, A. **Impacto de diferentes padrões de ocupação na simulação de desempenho termoenergético de um edifício de escritórios**. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/231008. Acesso em: 26 janeiro 2026.

[14] SOOD, D.; ALHINDAWI, I.; ALI, U.; MCGRATH, J.; BYRNE, M.; FINN, D.; O'DONNELL, J. **Simulation-based evaluation of occupancy on energy consumption of multi-scale residential building archetypes. Journal of Building Engineering**, v. 75, p. 106872, 2023. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.106872.