COMPARAÇÃO DE DOIS MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA INTERNA DO AR DE UMA EDIFICAÇÃO DESOCUPADA NO CLIMA SEMI-ÁRIDO

COMPARING TWO METHODS FOR ESTIMATING THE INDOOR AIR TEMPERATURE OF AN UNOCCUPIED APARTMENT IN A SEMI-ARID CLIMATE

Kimberly Gabriela Angelo Dias (1); Rafael Ponce de Leon Amorim (2); (3) Leandro Carlos Fernandes; (4) Solange Maria Leder; (5) Marcio José Sorgato
(1) Arquiteta e Urbanista, kimberly.ufpr@gmail.com, UFPR - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba. (2) Mestre, Arquiteto e Urbanista, faelponce@hotmail.com, UFPB - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa. (3) Doutor, Arquiteto e Urbanista, fernandes.ufpr@gmail.com, UFPR - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba. (4) Doutora, Arquiteta e Urbanista, solangeleder@yahoo.com.br, UFPB - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, João Pessoa. (5) Doutor, Arquiteto e Urbanista, sorgato@utfpr.edu.br, UFPR | UTFPR - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, Brasil.

RESUMO
Este artigo relata a primeira etapa de uma pesquisa mais ampla visando avaliar o impacto da ocupação na temperatura interna de uma unidade habitacional. Nesta etapa, o objetivo foi escolher um entre dois métodos para estimativa dos valores da temperatura interna quando a unidade habitacional se encontrava desocupada. Para isso, os valores das temperaturas interna e da externa foram monitorados durante 89 dias. A partir dos dados medidos, os dois métodos (de Papst e Fernandes) para estimativa da temperatura interna do ar foram calibrados e ajustados para estimativas para os períodos nos quais a unidade esteve desocupada. Em seguida, os valores da temperatura interna estimada por meio dos dois métodos foram comparados com os valores da temperatura medida. Os dois métodos apresentaram bons resultados. Porém, o segundo método forneceu estimativas mais precisas quando considerados os meses de maior interesse para a pesquisa, janeiro e fevereiro.

Palavras-chave: Estimativa de temperaturas internas do ar. Regressão linear simples. Edificações passivas.

ABSTRACT
This article reports the first stage of a broader research aimed at evaluating the impact of occupancy on the internal temperature of a housing unit. In this step, the objective was to choose one of two methods for estimating the values of the internal temperature when the housing unit was unoccupied. For this, the values of the internal and external temperature were monitored for a period of 89 days. From the measured data, the two methods for estimating the internal air temperature were calibrated and adjusted for estimates for the periods in which the unit was unoccupied. Then, the values of the internal air temperature estimated through the two methods were compared with the values of the measured temperature. The results showed that, although the two methods have shown good results, the second method provided more accurate estimates when considering the months of greatest interest for the research, January and February.

Keywords: Estimation of indoor air temperatures. Simple linear regression. Passive buildings.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há na sociedade uma preocupação crescente com o desempenho térmico das edificações. Por isso, são realizados estudos para compreender melhor o comportamento térmico das unidades habitacionais a fim de colaborar para o *retrofit* das edificações existentes e o para o aprimoramento dos processos de projeto e normativas para edificações novas.

Considerando que os usuários podem impactar o desempenho térmico das edificações conforme se comportam e as operam (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2016), parte das pesquisas tem se concentrado nesses aspectos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018).

Entre as opções de métodos de pesquisa para estes estudos está a pesquisa experimental. Neste método, uma edificação vazia pode ser tomada como caso controle e uma edificação ocupada pode ser tomada como caso experimental. A ocupação passa a ser a variável, sob controle do pesquisador, e é possível isolar os efeitos sobre os valores da temperatura interna do ar, passíveis de medição.

No entanto, em função dos custos financeiros e de questões práticas, raramente se dispõem de duas edificações idênticas para serem monitoradas simultaneamente: uma vazia (caso controle) e outra ocupada (caso experimental). Para enfrentar essa dificuldade, entre outras, identificam-se as seguintes possibilidades:

a) Comparar o comportamento térmico da edificação de dois períodos diferentes, um sem ocupação e outro com ocupação.
b) Simular o comportamento térmico da edificação vazia a partir de softwares para simulação térmica e comparar os dados simulados com os medidos com a edificação ocupada.
c) Estimar os dados da edificação vazia via métodos matemáticos simplificados, implementados em planilhas eletrônicas, e comparar esses dados com os dados medidos, com ocupação.

Das opções listadas acima, a opção c apresenta as vantagens da simplicidade e da rapidez. Entre os métodos simplificados para estimativa de valores da temperatura interna do ar, tem-se os métodos de Papst (2004), utilizando regressão linear simples, e de Fernandes (2015), baseado em taxas para a variação da temperatura interna.

Embora os dois métodos sejam ajustados conforme o comportamento térmico das edificações, que, por sua vez, é produto das características construtivas das edificações, não há pesquisas apontando ou explorando a relação entre as propriedades termofísicas das edificações e os coeficientes adotados nas equações para estimativas. Esse fato, ao menos por enquanto, impossibilita a extrapolação de resultados.

A aplicação original da regressão linear para estimar valores de temperatura interna do ar foi implementada por Givoni (1999), a partir de pesquisas utilizando duas edificações experimentais não ocupadas, com 23 m² cada uma, mas com níveis diferentes de capacidade térmica (GIVONI, 1998). O estudo mostrou que é viável estimar os valores da temperatura máxima diária no interior das edificações utilizando regressão linear simples e tendo como dados de entrada os valores da temperatura média diária do ambiente externo (GIVONI, 1999). Posteriormente, Givoni e Vecchia (2001) mostraram que o método também se aplicava para a estimativa dos valores de temperatura diária mínima e média de duas moradias unifamiliares de 50 m². Após essa demonstração, o método foi utilizado por outros autores com o intuito de gerar dados para avaliação do desempenho térmico de habitações, mas sem estimar dados horários (PAPST; LAMBERTS, 2001, KRÜGER; PAPST, 2003, KOMENO; KRÜGER; SPOSTO, 2003, COLONELLI; HORMAZÁBAL; GIVONI, 2003, MARQUES, 2008). O aperfeiçoamento do método para permitir estimar os valores da temperatura interna horária foi realizado por Papst (2004), adotando como variável explicativa a média móvel dos valores da temperatura horária do ambiente externo. O método foi aplicado a dados de moradias ocupadas e monitoradas no ano de 2002, com bons resultados (PAPST, 2004).

Inicialmente, o método de Fernandes foi aplicado aos dados de valores de temperatura de células-teste (FERNANDES, *et al.*, 2015). O método calcula taxas de variação dos valores da temperatura interna horária em função da diferença em relação aos valores da temperatura externa. A variação estimada é somada com a temperatura interna calculada previamente, resultando em uma estimativa interativa (temperatura estimada anteriormente + variação estimada para a temperatura do momento de interesse). Posteriormente, o método alternativo também foi aplicado para estimar valores de temperatura interna de uma edificação experimental de maior porte (FERNANDES; KRÜGER; MOTZAFI-HALLER, 2021a) (FERNANDES; KRÜGER; MOTZAFI-HALLER, 2021b).

Os métodos de Papst (2004) e Fernandes *et al*. (2015) foram comparados em um experimento utilizando dados de uma célula-teste localizada no município de São Carlos/SP (KRÜGER *et al.*, 2017). Naquele experimento os dois métodos apresentaram bons resultados.

Nesta pesquisa, utilizam-se dados de temperatura do ar do exterior e do interior de um apartamento localizado em Aracati, no estado do Ceará. Diante da disponibilidade de dois métodos para a estimativa de

temperaturas internas do ar, surgiu a dúvida sobre qual método seria o mais indicado para o caso em questão, sendo que a bibliografia a respeito não foi suficiente para a obtenção de uma resposta adequada.

2. OBJETIVO

Diante do exposto na seção anterior, esta pesquisa tem como objetivo verificar qual é o método estimativo dos valores da temperatura interna do ar mais indicado para o apartamento monitorado quando desocupado.

3. MÉTODO

3.1. Município de Aracati e seu clima

Aracati está localizada no Nordeste Brasileiro, no estado do Ceará. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região é caracterizada pelo clima tropical de savana (As). A Figura 1 apresenta a localização do município de Aracati, próximo da fronteira com o estado Rio Grande do Norte.

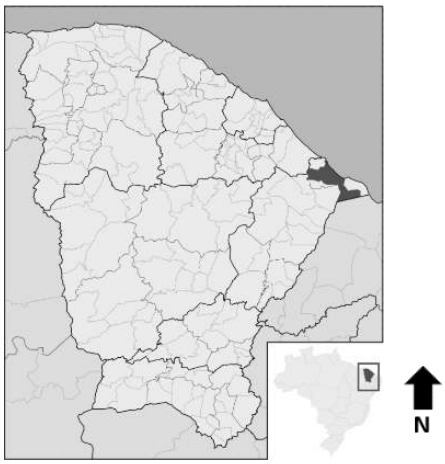


Figura 1 - Localização do município de Aracati no Estado do Ceará.
Fonte: Editado a partir de https://pt.wikipedia.org/.

Aracati possui latitude -4,562°, longitude -37,77° e está a 5 m acima do nível do mar. A temperatura média anual é 27,4 °C (Figura 2) e a média anual das amplitudes térmicas diárias é 8,2 °C (RORIZ, 2012).

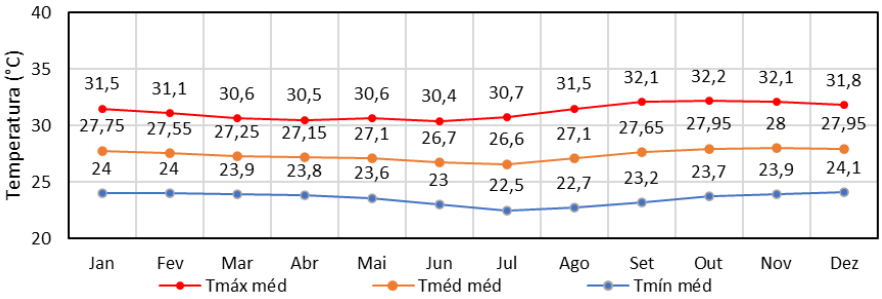


Figura 2 - Estimativas das médias das temperaturas mínimas, médias e máximas mensais para Aracati/CE.
Fonte: (RORIZ, 2012).

3.2. Edificação monitorada

A Figura 3 apresenta a planta baixa do apartamento cujos valores da temperatura interna foram medidos e simulados. A unidade está localizada no segundo piso de um edifício multifamiliar com dois pavimentos. O apartamento apresenta cobertura em laje mista e telha de fibrocimento sem beiral. A envoltória é composta por alvenaria de tijolo cerâmico com 8 furos pintada na cor branca, todas as paredes externas estão afastadas dos limites do lote. A área total do apartamento é de 67m^2 e a planta baixa é constituída por dois quartos, dois banheiros, sala, cozinha, área de serviço e varanda.

Os sensores de temperatura do ar foram instalados da seguinte maneira: a) sensor interno: na sala de estar, onde apenas a parede sudeste tem exposição ao ambiente externo, atenuada pela varanda; b) sensor externo: em uma haste projetada para o exterior próximo do closet, na face sudoeste do apartamento.

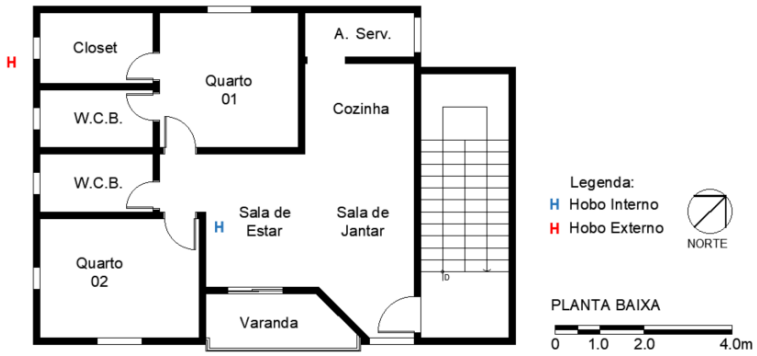


Figura 3: Planta Baixa da unidade habitacional avaliada.
Fonte: Os autores.

3.3. Equipamentos para monitoramento

Para monitoramento térmico dos ambientes externo e interno foram utilizados dois sensores de temperatura e umidade do ar com registrador automático dos dados. Os equipamentos são da marca ONSET, modelo HOBO U12 (Figura 4a), que tem precisão de ±0,35 °C na faixa de temperatura entre 0 °C e 50 °C e precisão de ±2,5% na faixa de umidade do ar entre 10% e 90%. No ambiente externo, para proteção contra a ação da radiação solar e das intempéries, o sensor foi instalado dentro de um abrigo meteorológico modelo RS1 (Figura 4b), também da ONSET.



a) b)

Figura 4 - Sensor de temperatura e umidade do ar modelo HOBO U12 e abrigo meteorológico modelo RS1, ambos da marca ONSET.
Fonte: https://www.onsetcomp.com.

3.4. Períodos monitorados Aracati / CE

O monitoramento teve início no dia 18/12/2020 e foi finalizado no dia 18/03/2021. Os dados dos dias de instalação e retirada dos equipamentos foram descartados por não conterem dias inteiros. Desta maneira, foram obtidos dados de temperatura do ar de todas as horas do período do dia 19/12/2020 até o dia 17/03/2021, totalizando 89 dias (Figura 5). De 19/12/2020 até 15/01/2021 (do dia 1 até o dia 28) a residência permaneceu desocupada. Os moradores permaneceram na residência do dia 16/01/2021 até o dia 30/01/2021 (29 até 43). A partir desse momento a edificação permaneceu desocupada até o final do monitoramento.

Os dados dos dias 16 e 30/01/2021 não foram considerados na pesquisa por serem, respectivamente, os dias de chegada e de partida dos moradores.

Para calibrar o modelo para estimativa dos valores da temperatura horária foram utilizados os dias 01/02/2021 e 02/02/2021 (dias 45 e 46). O dia 31/02/2021 (44) foi descartado por se considerar que neste dia o comportamento térmico da edificação ainda poderia estar influenciado pela recente presença dos moradores. Os dias 01/02/2021 e 02/02/2021 foram escolhidos para calibração porque estão localizados no centro do período monitorado.

Para avaliação do modelo preditivo foram utilizados o período anterior e o período posterior à presença dos moradores, 19/12/2020 - 15/01/2021 e 03/02/2021 - 17/03/2021. Os resultados do primeiro dia de cada um dos dois períodos foram descartados porque, conforme as orientações para aplicação do método, são dias para autoajuste do modelo.

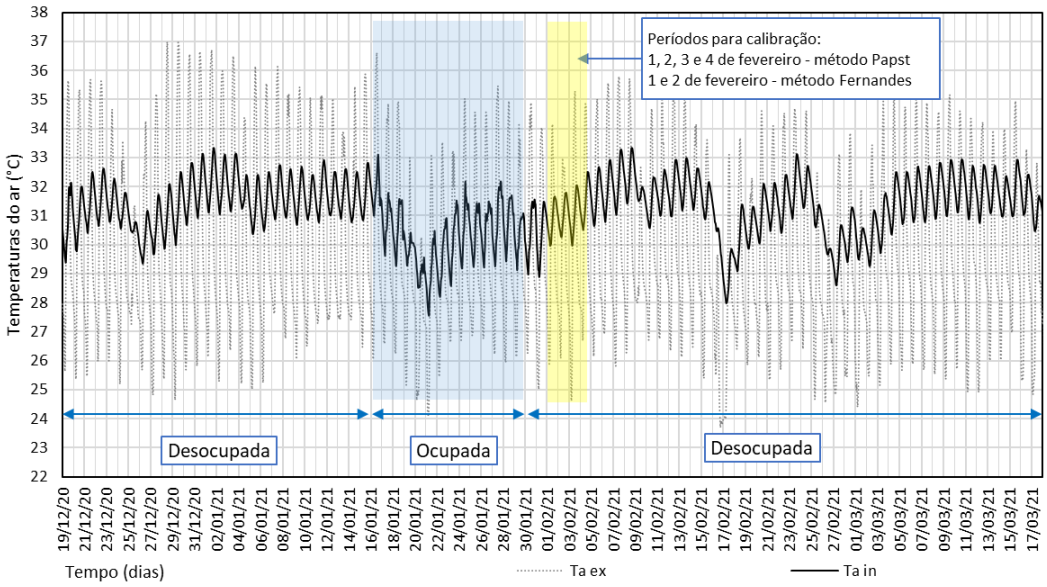


Figura 5 – Temperaturas internas e externas monitoradas em Aracati/CE.
Fonte: os autores.

3.5. Estimativa dos valores horários da temperatura internas

Nesta pesquisa, os dois métodos para estimativa de temperaturas internas utilizados foram implementados utilizando o editor de planilhas eletrônicas Excel, do pacote Microsoft Office 365.

3.5.1. Método preditivo Papst (regressão linear)

Neste método, baseado em regressão linear simples, os valores horários da temperatura interna do ar são estimados a partir da entrada da variável explicativa média móvel dos valores da temperatura externa (Equação 1). Para sua aplicação é necessário verificar, utilizando correção linear, qual intervalo de tempo resulta na média móvel simples (*Mms*) dos valores da temperatura externa adequado para a estimativa dos valores da temperatura interna. Para isso é utilizado o gráfico correlograma.

$$Mms = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} T_{ex}^{t}}{n} \qquad \text{Equação 1}$$

Na qual:
n é o número de horas anteriores (t-1) considerado para o cálculo da média móvel.
t é a unidade de tempo (horas).
T_{ex}^{t} é a temperatura externa do ar na hora t (°C).

A estimativa das temperaturas internas (T_{in}^{t}) utiliza a Equação 2.

$$T_{in}^{t} = a \times Mms + b \qquad \text{Equação 2}$$

Na qual:
a é o coeficiente angular.
b é o coeficiente linear.
Mms é a média móvel simples dos valores da temperatura externa.

3.5.2. Método preditivo Fernandes (taxas de variação horária)

Este método estimativo assume que a temperatura interna varia de uma hora para a outra a taxas aproximadamente constantes e em função da diferença entre os valores das temperaturas interna e externa (KRÜGER *et al.*, 2017). São utilizados valores médios para as taxas de variação da temperatura interna, calculados a partir dos valores da temperatura interna e externa medida. O método para estimativa das temperaturas internas horárias é expresso pela Equação 3.

$$T_{in}^{t} = T_{in}^{t-1} + \alpha\left(T_{ex}^{t} - T_{in}^{t-1}\right)$$ Equação 3

Na qual:

t é a unidade de tempo (horas).

T_{in}^{t} é a temperatura interna do ar na hora t (°C).

T_{in}^{t-1} é a temperatura interna do ar na hora anterior, t -1 (°C).

T_{ex}^{t} é a temperatura externa do ar na hora t (°C).

α é a taxa de variação da temperatura interna do ar de uma hora para a hora seguinte, que pode assumir dois valores diferentes, um para quando as temperaturas externas do ar são mais altas do que as internas e outro para quando as temperaturas externas do ar forem mais baixas do que as internas.

Os valores médios de α para uma edificação são obtidos com a Equação 4.

$$\alpha = \frac{T_{in}^{t} - T_{in}^{t-1}}{T_{ex}^{t} - T_{in}^{t}}$$ Equação 4

Maiores detalhes sobre a utilização deste método são apresentados por Krüger *et al*. (2017) e Fernandes (2018).

3.6. Procedimentos para comparação e avaliação da acurácia das estimativas

Sabendo que os modelos para estimativas de temperatura interna tendem a apresentar resultados melhores para as temperaturas dos dias próximos daqueles usados para calibração dos modelos, os resultados estimados para a edificação desocupada foram analisados para dois contextos:

a) Considerando todos os dias monitorados (dezembro, janeiro, fevereiro e março).

b) Considerando somente os dois meses centrais do período de monitoramento (janeiro e fevereiro). Aproximadamente um mês antes e um mês depois dos dias usados para calibração dos modelos.

Para comparar e avaliar a precisão das estimativas obtidas utilizando cada um dos métodos foram calculados os seguintes indicadores:

- Diferenças máximas entre os valores medidos e estimados da temperatura interna.
- Diferenças médias entre os valores medidos e estimados da temperatura interna.
- Desvio padrão das diferenças entre os valores medidos e estimados da temperatura interna.
- Correlação entre os valores medidos e estimados da temperatura interna.

4. RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados se referem exclusivamente aos períodos desocupados.

4.1. Estimativas utilizando o método 1 - Papst (regressão linear)

Definidos os dias para calibração do modelo, seguindo as orientações de Papst (2004), foram calculadas as médias móveis da temperatura externa para diferentes conjuntos de dados: médias das duas horas anteriores, das três horas anteriores, das quatro e assim por diante, até a média móvel de 35 horas anteriores. Em seguida, foi verificada a correlação entre os valores das médias móveis e os valores da temperatura interna do ar. As correlações oscilaram de maneira suave (Figura 6) e apresentaram dois picos, com a média móvel das últimas 11 horas (R: 0,96) e com a média móvel das últimas 34 horas (R: 0,98) (Figura 6 e Figura 7).

Incialmente foram realizadas estimativas utilizando as duas médias móveis, pois havia a possibilidade de que apresentassem resultados diferentes (AMORIM *et al.*, 2022). Essa análise mostrou que, em concordância com Papst (2004), a utilização da média móvel das últimas 34 horas como variável explicativa resultou em estimativas mais precisas.

A Figura 6 apresenta o correlograma com os valores das correlações considerando diferentes médias móveis da temperatura externa como variáveis explicativas. A Figura 7 apresenta a correlação entre as médias móveis das últimas 34 horas da temperatura externa e a temperatura interna do ar.

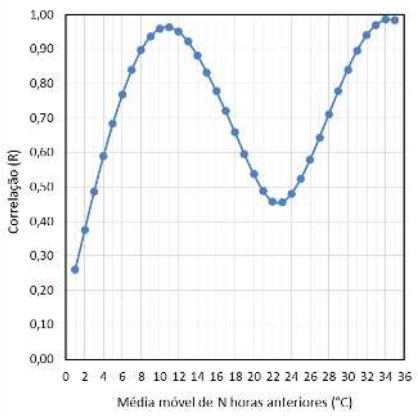


Figura 6 – Correlograma: média móvel das temperaturas externas de N horas anteriores × temperaturas internas horárias.
Fonte: os autores.

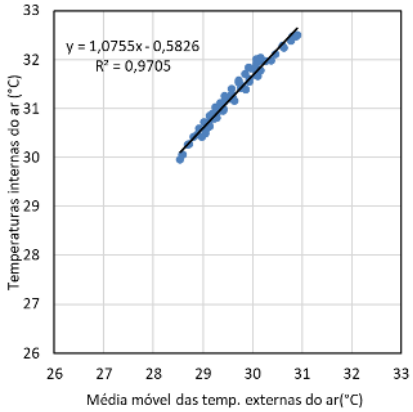


Figura 7 – Correlações das médias móveis das últimas 34 horas das temperaturas externas com as temperaturas internas do ar.
Fonte: os autores.

Da relação entre a média móvel das últimas 34 horas e as temperaturas internas do ar, foi obtida a Equação 5.

Equação 5 – Equação para estimativa das temperaturas internas do ar a partir das médias móveis das temperaturas externas das últimas 34 horas.

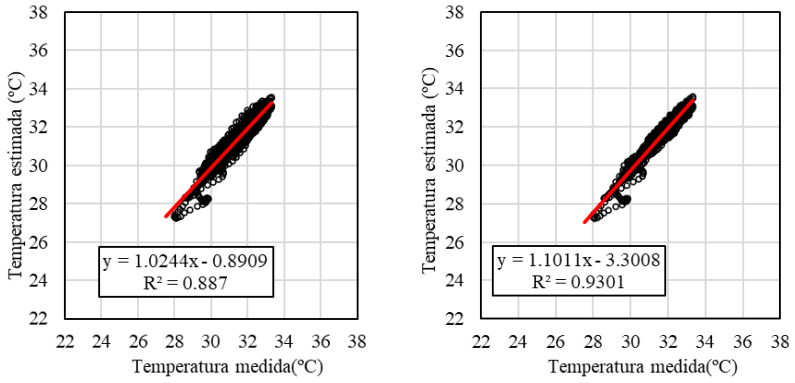
$$T_{in}^{t} = 1{,}0755 \times Média\ móvel\ 34\ horas - 0{,}5826$$

A Figura 8 apresenta a correlação entre os valores medidos e estimados para os dois contextos analisados:

a) Considerando todos os dias monitorados (dezembro, janeiro, fevereiro e março).

b) Considerando somente os dois meses centrais do período de monitoramento (janeiro e fevereiro).

Nos dois casos, são correlações fortes, apontando para bons resultados para as estimativas dos valores da temperatura interna, especialmente quando considerados apenas os meses de janeiro e fevereiro (b).



a b

Figura 8 - Correlação entre os valores medidos e estimados para os dois contextos analisados: a) considerando todos os dias monitorados (dezembro, janeiro, fevereiro e março); b) considerando somente os dois meses centrais do período de monitoramento (janeiro e fevereiro).
Fonte: os autores.

4.2. Estimativas utilizando o método 2 - Fernandes (taxas de variação horária)

Utilizando os dados horários medidos interna e externamente na residência nos dias um e dois de fevereiro de 2021, foram calculados os valores para as taxas de variação dos valores da temperatura interna (Figura 9) quando os valores da temperatura externa eram superiores e inferiores aos da interna (a). Em seguida, todos os valores negativos foram assumidos como positivos (b) (por se tratar de uma taxa). E, por fim, foram eliminados os valores menores do que um (c). O valor obtido para quando a temperatura externa era maior do que a interna foi α=0,1112 e o valor para quando a temperatura externa era menor do que a interna foi α=0,0319. Ou seja, em média, quando ocorrem ganhos térmicos a taxa de variação dos valores da temperatura interna é 3,49 vezes

maior do que quando ocorrem perdas térmicas (condição que potencializa a ocorrência de sobreaquecimento interno).

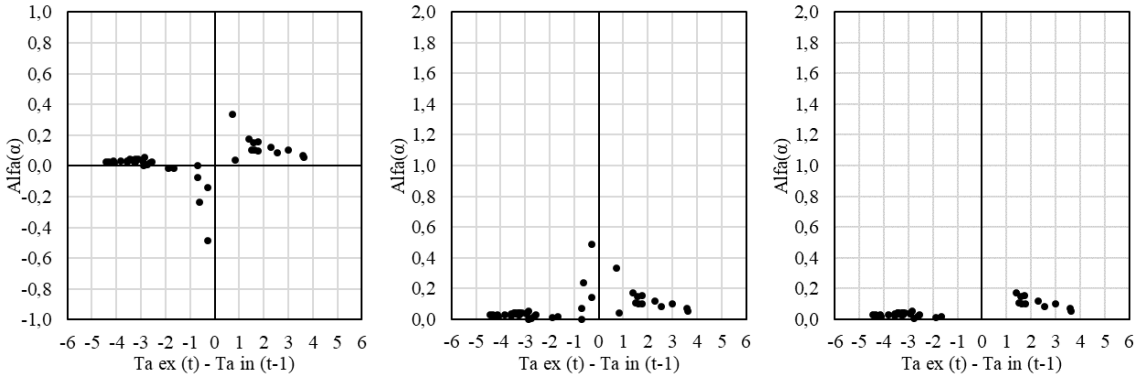


Figura 9 - Valores de α quando: as temperaturas externas eram superiores e inferiores às internas (a); assumidos como positivos (b); eliminados os valores menores do que um (c).
Fonte: os autores.

A Figura 10 apresenta a correlação entre os valores medidos e estimados para os dois contextos analisados: a) considerando todos os dias monitorados (dezembro, janeiro, fevereiro e março); b) considerando somente os dois meses centrais do período de monitoramento (janeiro e fevereiro). Novamente, nota-se maior precisão para o contexto b (meses de janeiro e fevereiro). Adicionalmente, percebe-se que as correlações obtidas com o método Fernandes foram levemente menores do que as obtidas com o método Papst.

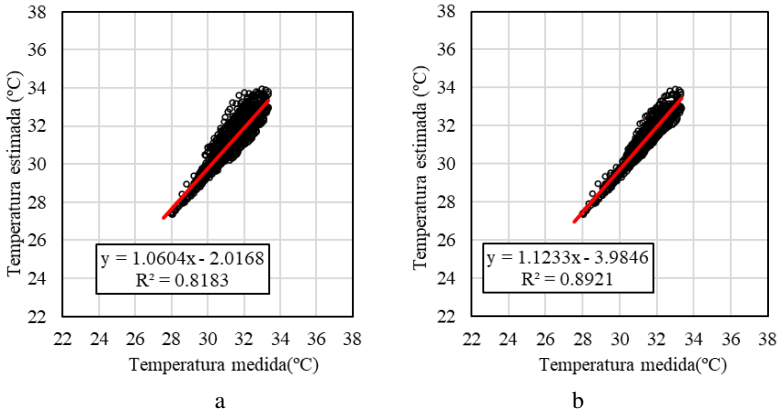


Figura 10 - Correlação entre os valores medidos e estimados para os dois contextos analisados: a) considerando todos os dias monitorados (dezembro, janeiro, fevereiro e março); b) considerando somente os dois meses centrais do período de monitoramento (janeiro e fevereiro).
Fonte: os autores.

4.3. Definição do método a ser adotado

Conforme definido previamente, a fim de comparar mais detalhadamente os resultados, para cada método estimativo e para cada um dos dois contextos, foram calculadas as diferenças máximas e médias entre os valores medidos e estimados da temperatura interna, o desvio padrão e o coeficiente de correlação.

A Tabela 1 apresenta os valores para o contexto a, considerando os meses dezembro, janeiro, fevereiro e março. A Tabela 2 apresenta os valores para o contexto b, considerando os meses janeiro e fevereiro.

Constatou-se uma tendência para maior precisão das estimativas nos meses de janeiro e fevereiro (contexto b). Esse detalhe não foi constatado nas pesquisas utilizando células-teste (KOMENO; KRÜGER; SPOSTO, 2003; FERNANDES, *et al.*, 2015). Cabe observar que as células-teste utilizadas anteriormente eram de dimensões reduzidas, pintadas de branco, sem mobiliário interno e, principalmente, sem janelas. Aparentemente, as aberturas e demais características do apartamento utilizado na presente pesquisa impactam as estimativas dos valores da temperatura interna. Entre as possíveis explicações estão as variações nos trajetos solares, a alteração nos regimes dos ventos e de nebulosidade.

Quanto à comparação entre os métodos estimativos, os resultados obtidos utilizando o método Papst (1) (tendo como variável explicativa a média móvel das últimas 34 horas) apresentaram maior precisão quando

considerados os quatro meses com dados (Tabela 1). No entanto, o método Fernandes (2) resultou em maior precisão quando considerados somente os meses de janeiro e fevereiro (Tabela 2). Considerado que o objetivo final da pesquisa é comparar os valores da temperatura interna da edificação com e sem ocupação e que para isso serão considerados dados do mês de janeiro, concluiu-se que a melhor opção para a segunda fase da pesquisa era adotar o método de Fernandes.

Tabela 1 - Contexto a, considerando todos os dias (dezembro, janeiro, fevereiro e março): diferenças máximas e médias entre os dados medidos e estimados, desvio padrão e correlação.

Índice	**Método 1 (Mms 34 horas)**	**Método 2**
Diferença máxima (°C)	1,63	1,90
Diferença média (°C)	0,28	0,40
Desvio padrão	0,22	0,27
Coeficiente de correlação R	0,94	0,90
Coeficiente de determinação R^2	0,89	0,82

Tabela 2 - Contexto b, considerando somente os meses centrais (janeiro e fevereiro): diferenças máximas e médias entre os dados medidos e estimados, desvio padrão e correlação.

Índice	**Método 1 (Mms 34 horas)**	**Método 2**
Diferença máxima (°C)	1,63	1,14
Diferença média (°C)	0,24	0,35
Desvio padrão	0,23	0,22
Coeficiente de correlação R	0,96	0,94
Coeficiente de determinação R^2	0,93	0,89

Para que o leitor tenha uma noção mais clara da precisão das estimativas utilizando os dois métodos, a Figura 11 apresenta os valores medidos (temperaturas internas e externas) e estimados (temperaturas internas) para os meses de janeiro e fevereiro. É possível perceber que, nos períodos nos quais não ocorreu ocupação do imóvel, os valores medidos e estimados praticamente se sobrepõem. No entanto, o método 2 se saiu levemente melhor, especialmente no período entre o dia 16 de fevereiro e o dia 19 de fevereiro de 2021.

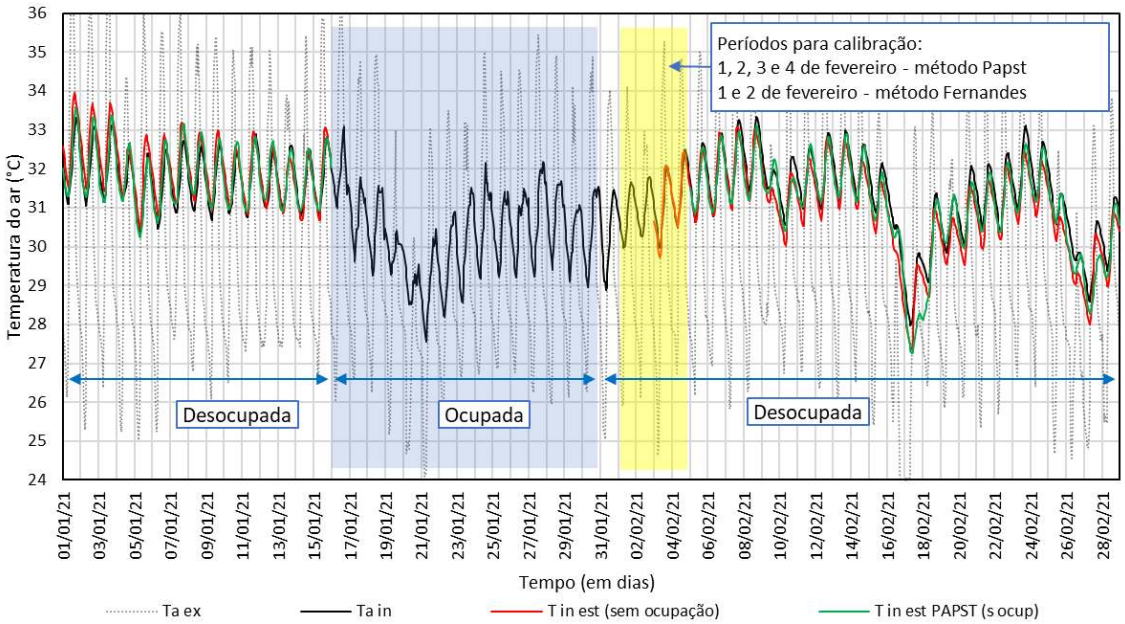


Figura 11 - Temperaturas externas e temperaturas internas medidas e estimadas (para o período sem ocupação) para os meses de janeiro e fevereiro.
Fonte: os autores.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa corresponde à primeira etapa de uma pesquisa mais ampla visando avaliar o impacto da ocupação nos valores da temperatura interna de uma unidade habitacional. Nesta etapa, o objetivo foi escolher um entre dois métodos para estimativa da temperatura interna quando a unidade se encontrava desocupada. Os resultados apontaram que embora os dois métodos tenham apresentado bons resultados, o método 2, proposto por Fernandes *et al*. (2015a), forneceu as estimativas mais precisas quando considerados os meses de maior interesse para a pesquisa, janeiro e fevereiro.

Nos referidos meses, a diferença máxima observada entre os valores medidos e estimados da temperatura interna foi de apenas 1,14 °C e a diferença média foi de 0,35 °C. Por sua vez, o desvio padrão foi de apenas 0,22 °C e o coeficiente de correlação (R) foi de 0,94. Tratam-se de valores muito bons, indicando que na maior parte do tempo as diferenças ficam abaixo de 1 °C, o que habilita o método 2 para ser utilizado para geração de dados na segunda parte da pesquisa, onde os valores simulados da temperatura interna do ar para a unidade quando desocupada serão comparados com dados medidos quando com a presença dos moradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. P. de L. *et al*. Avaliação de um modelo preditivo de temperaturas do ar interno no clima semiárido. *In*: XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO 2022, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2022.

COLONELLI, P.; HORMAZÁBAL, N.; GIVONI, B. Comparison of Different Tools to Predict Thermal Performance of Low-Income Housing in Central Chile. *In*: PLEA 2003 - THE 20TH CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE 2003, Santiago. **Anais...** Santiago: PLEA, 2003.

FERNANDES, L. C. *et al*. Estimativa de Temperaturas Internas Horárias de Pequenas Edificações a Partir de Temperaturas Externas: Proposta de Método Alternativo. *In*: XIII ENCONTRO NACIONAL E IX ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO 2015a, Campinas. **Anais...** Campinas: ANTAC, 2015a.

FERNANDES, L. C. *et al*. Equações Preditivas de Temperaturas Internas Horárias: Uma Alternativa para Geração de Dados para Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações de Interesse Social. *In*: HABITAR 2015 2015b, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2015b.

FERNANDES, L. C. **Experimentos de Campo com Teto-Reservatório: Desempenho Térmico e Percepção do Usuário**. 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Sociedade, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

FERNANDES, L. C.; KRÜGER, E. L.; MOTZAFI-HALLER, W. Experimentos de campo com teto-reservatório e painéis para resfriamento radiante em uma edificação-teste. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 357–384, 2021a.

_____; Percepção térmica em um ambiente com painéis radiantes acoplados a um teto-reservatório. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 335–356, 2021b.

GIVONI, B. Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures. Part I: 1993 experimental periods. **Energy and Buildings**, v. 28, n. 1, p. 25–32, 1998.

_____. Minimum Climatic Information Needed to Predict. *In*: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA'99 1999, Brisbane. **Anais...** Brisbane: PLEA, 1999.

GIVONI, B.; VECCHIA, F. Predicting thermal performance of occupied houses. *In*: THE 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: PLEA, 2001.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IAE. O**ccupant behaviour-centric building design and operation EBC Annex 79 International Energy Agency**. IAE, 2018.

KOMENO, M. H.; KRÜGER, E. L.; SPOSTO, R. M. Avaliação do desempenho térmico de sistemas construtivos para habitação de interesse social com a utilização de equações preditivas. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO & CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.

KRÜGER, E. L. *et al*. Proposition of a simplified method for predicting hourly indoor temperatures in test cells. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 57–70, 2017.

KRÜGER, E. L.; PAPST, A. L. Aferição de equações preditivas da temperatura ambiente quando aplicadas a uma série de dados mais recente. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - COTEDI 2003, **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.

MARQUES, A. M. **Desempenho Térmico de Edificações Unifamiliares de Interesse Social: Estudo de Casos em Imbituba - SC**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PAPST, A. L. **Método Estimativo da Temperatura Interna de Edificações Residenciais em Uso**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PAPST, A. L.; LAMBERTS, R. Relacionamento da temperatura interna e externa em edificações residenciais naturalmente ventiladas. *In*: VI ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E V ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.

RORIZ, M. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. São Carlos: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 133, p. 1–13, 2016.