CALIBRAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL COM SISTEMA CONSTRUTIVO DE BASE CIMENTÍCIA NA REGIÃO AMAZÔNICA.

Eduarda Gonçalves (1); Alice Melo (2); Bruno R. Zemero (3); Márcio S. Barata (4)
(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, eduarda.goncalves@itec.ufpa.br
(2) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteta, alicemarimelo@gmail.com
(3) Doutor em Engenharia Elétrica, Arquiteto e Urbanista, brunorz@ufpa.br, Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém-PA, Rua Augusto Corrêa, 01– Guamá, 66075-110, Tel.: (91) 3201-7301
(4) Doutor em Ciências, Engenheiro civil, marciobarata@ufpa.br, Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Belém-PA, Rua Augusto Corrêa, 01– Guamá, 66075-110, Tel.: (91) 3201-7301

RESUMO

Este estudo teve como objetivo a calibração do modelo computacional de uma habitação de interesse social (HIS) construída em concreto celular moldado *in loco* para a cidade de Capanema, no Estado do Pará, situada na Zona Bioclimática 8. Para tal, foram utilizados os programas *EnergyPlus* versão 9.3.0 e o plugin *Euclide* versão 9.3 para o programa *SketchUp.* A análise de sensibilidade considerou os indicadores de desvio médio e erro quadrático médio, bem como parâmetros internacionais: *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error* CV(RMSE) e o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE). Foram analisadas variações no entorno da edificação e nos dados de condutividade de materiais da envoltória a fim de gerarem resultados para a temperatura de bulbo seco medidas *in loco* e simuladas no *EnergyPlus,* que através de planilhas eletrônicas puderam ser comparados por meio de indicadores estatísticos. Os resultados demonstraram uma ótima aproximação entre os valores de temperatura medidos e simulados, gerando assim, um modelo computacional preciso e confiável. Portanto, torna-se evidente a importância da calibração como etapa fundamental para a análise de desempenho energético.

Palavras-chave: Calibração, Habitação de Interesse Social, Energy Plus.

ABSTRACT

This study aimed to calibrate the computational model of a housing of social interest (HIS) built in cellular concrete molded in loco for the city of Capanema, in the state of Pará, located in the Bioclimatic Zone 8. For this, the programs EnergyPlus version 9.3.0 and the plugin Euclide version 9.3 were used for the program SketchUp. The sensitivity analysis considered the indicators of mean deviation and mean square error, as well as international parameters: Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error CV (RMSE) and the Normalized Mean Bias Error (NMBE). Variations in the surroundings of the building and in the conductivity data of the envelope materials were analyzed in order to generate results for the dry bulb temperature measured in loco and simulated in EnergyPlus, which through electronic spreadsheets could be compared using statistical indicators. The results showed an excellent approximation between the measured and simulated temperature values, thus generating an accurate and reliable computational model. Therefore, the importance of calibration as a fundamental step for the analysis of energy performance becomes evident.

Keywords: Calibration, Social Interest Housing, EnergyPlus.

1. INTRODUÇÃO

Muito se fala sobre medidas de redução do consumo de energia em edificações, visando fatores como a eficiência energética e sustentabilidade, com o objetivo de reduzir os impactos sobre o consumo de energia elétrica e o futuro do meio ambiente. Tais impactos podem ser analisados a partir de ferramentas de simulação computacional. Segundo Pereira e Ghisi (2008), a simulação eficaz é o resultado da combinação do conhecimento dos fenômenos físicos atuantes e do domínio da ferramenta de simulação.

Dentre as diversas ferramentas existentes para programas de simulação em edificações, a mais conhecida no Brasil é o *EnergyPlus* (CRAWLEY et al, 2008 apud GALVARRO et al, 2013). Desenvolvido pelo departamento de energia dos Estados Unidos é o software recomendado pela ABNT NBR 15.575 (2013).

O programa *EnergyPlus* contribui para que haja melhor entendimento do comportamento da edificação, tendo em vista a ampla quantidade de variáveis de entrada e saída para ser analisada. A calibração, portanto, auxilia na validação do modelo computacional frente as variáveis, para que se obtenha resultados mais confiáveis e precisos.

Entretanto, o *EnergyPlus* é uma ferramenta ainda pouco utilizada pelos profissionais de engenharia e arquitetura do país, um dos motivos é o tempo gasto no processo de simulação, tanto na etapa de modelagem quando na etapa de calibração. Isso se deve a complexidade do programa, sua interface pouco amigável, incerteza quanto aos dados de entrada, além de requerer do usuário um conhecimento interdisciplinar (SANTOS *et al*, 2019).

Várias metodologias e estudos tem sido desenvolvidos para facilitar o entendimento do processo de calibração, pela dificuldade em quantificar as incertezas de parâmetros. Fernandes e Labaki, (2015) citam, a exemplo, diversos autores encontrados na literatura, tais como: Boa-Saada; Haberl (1995); Carrilo; Dominguez; Cejudo (2009); Coakley; Raftery; Molly (2012); Koran; Kaplan; Steele (1992); Lee; Westphal; Lamberts (2002).

O processo de calibração tem por finalidade comparar os resultados da simulação com os valores referência. Para isso, torna-se necessário obter os dados de referência ou de monitoramento no edifício, objetivando corrigir erros e reduzir incertezas do modelo. Essa comparação é definida por diferentes indicadores, que determinam a diferença entre os dados da simulação e do monitoramento do edifício. Nesta pesquisa foram adotados os correspondem ao erro quadrático médio, desvio médio, *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error* CV(RMSE) e o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE). Dessa forma, a calibração do modelo computacional apresenta resultados confiáveis, a fim de representar com exatidão o comportamento da edificação.

Fernandes e Labaki (2015) apresentam o estudo de calibração para um modelo computacional de um edifício institucional de uso misto com o programa *EnergyPlus,* destaca-se nesse trabalho o preciso levantamento do uso e ocupação para uma calibração bem sucedida de um edifício em operação. Barbosa e Ghisi (2017) contribuíram no estudo de calibração um modelo computacional de uma habitação unifamiliar sem ocupação. Variáveis como a absortância das superfícies, geometria da cobertura, entorno, resistência térmica dos materiais e infiltração de ar mostraram-se significativos para a aproximação do modelo real e computacional.

No entanto, carecem mais estudos de calibração de habitações multifamiliares em uso, isso se dá pela complexidade no levantamento de dados de uso e ocupação dos moradores. Para as habitações de interesse social, é importante que hajam estudos para comprovar o seu desempenho na condição de pós ocupação, pois o comportamento higrotérmico das habitações é diretamente influenciado pelo uso dos seus ocupantes.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade da calibração no processo da simulação computacional, tornando-se um mecanismo capaz de auxiliar no desenvolvimento de um modelo computacional mais próximo possível das condições reais de uma edificação, além de validar análises mais precisas em avaliações de pós ocupação no que tange ao desempenho térmico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi a calibração de um modelo computacional, a partir da análise da envoltória, entorno e cobertura de uma habitação multifamiliar com sistema construtivo de base cimentícia para a Zona Bioclimática 8.

3. MÉTODO

O método adotado para este artigo foi elaborado em três etapas. Na primeira etapa, realizou-se o monitoramento da edificação para obter medições de temperatura do ar. Na segunda etapa, foi desenvolvido o modelo computacional para representar a edificação em estudo utilizando o programa *EnergyPlus* versão 9.3. A terceira etapa corresponde na análise de sensibilidade para calibração do modelo computacional para que represente com maior autenticidade a edificação real.

3.1. Monitoramento da edificação.

A edificação estudada está no Residencial José Rodrigues de Sousa (Figura 1), empreendimento da Síntese, construído em concreto celular moldado in loco na cidade de Capanema-PA, com latitude -1,18 Sul, longitude -47,15 Oeste e altitude de 43 metros. Capanema apresenta o clima tropical equatorial de acordo com a classificação de Koppen-Geiger e está localizada na zona bioclimática 8 de acordo com a NBR 15220 (ABNT 2015). O residencial é composto por 1032 unidades habitacionais em tipologias de habitação de interesse social (HIS) multifamiliar de dois pavimentos (Figura 2), cada bloco contém oito apartamentos, sendo quatro por andar e o acesso se dá por uma escada exterior, os apartamentos estão habitados desde 2015.

Os apartamentos foram construídos em concreto leve autoportantes moldados no local, pintadas com tinta acrílica semi brilho da cor marfim no exterior. A cobertura é composta por telhas plan montadas em estrutura de steel frame. O piso de todos os cômodos é de revestimento cerâmico branco, as lajes recebem revestimento de argamassa e pintura da cor branca. Nas paredes da cozinha, área de serviço e banheiro há revestimento cerâmico branco até a altura de 1,60 m, e acima pintura PVA branca; nos demais cômodos se tem apenas a pintura PVA branca. As janelas são formadas de esquadria de alumínio anodizado fosco e vidros transparentes de 3mm de espessura; as folhas são do tipo sobreposta e área livre de vão é de 50%.



Figura 1 – Implantação dos blocos habitacionais.



Figura 2 – Bloco do residencial José Rodrigues de Sousa.

Todas as unidades habitacionais contêm uma sala de estar, uma cozinha integrada com área de serviço, um banheiro e dois quartos, totalizando 39,13 m² de área. A Figura 3 mostra o layout de quatro apartamentos tipo do andar térreo. O ambiente estudado foi o quarto 1 (figura 4) por considerar a permanência prolongada, ele possui a face externa voltada para o Sul com uma abertura.

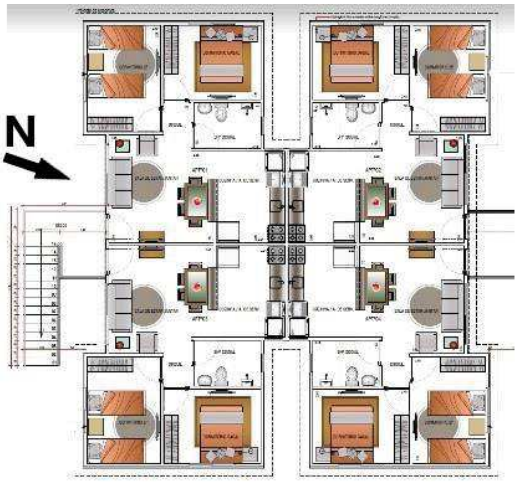


Figura 3 – Layout do térreo.

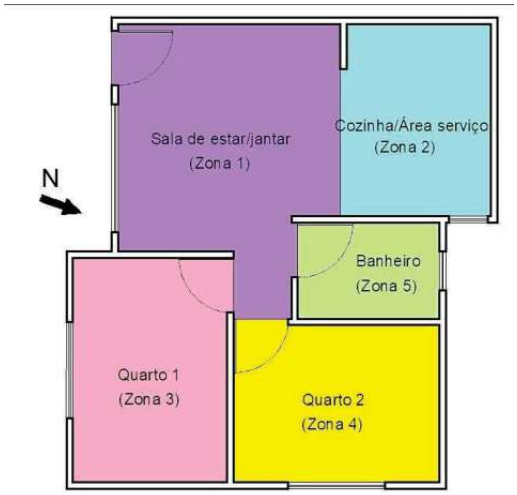


Figura 4 – Zonas térmicas do apartamento.

A fim de realizar levantamento para as simulações computacionais, foram instalados 2 equipamentos do tipo *datalogger,* modelo HOBO temp/RH/light/extchannel ONSET (Figura 5) que medem a temperatura e umidade que posteriormente foram utilizados para a calibração do modelo computacional. A unidade habitacional foi monitorada entre os dias 16 e 23 de novembro de 2019, porém para ser computado 24 horas todos os dias, foram considerados os dias entre 18 e 22 de novembro.

O equipamento externo foi fixado na parte exterior da residência, protegida da radicação direta por uma laje de concreto, os dados de temperatura do arquivo climático no *Energy Plus* foram substituídos, nos dias em que o aparelho realizou a medição, pelos dados de temperatura do equipamento externo. Vale ressaltar a limitação quanto à estratégia de medição da temperatura externa, devido à ausência de dados de temperatura anual de estação meteorológica na cidade.

O equipamento interno foi fixado por um fio a 1,80m do chão no centro do quarto da zona 3, permitindo que os moradores transitem pelo quarto, o equipamento externo foi instalado dentro de uma caixa perfurada em baixo da estrutura da escada, protegido da radiação solar direta. Os aparelhos medem a cada 5 minutos a temperatura de bulbo seco e umidade que posteriormente são analisadas por meio de planilhas eletrônicas.

É importante ressaltar que para a cidade de Capanema não existe arquivo climático disponível, devido a isso, a NBR15575 (ABNT, 2013) recomenda que seja considerada a cidade mais próxima. Desta forma, foi utilizado o arquivo climático do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Bragança (a 50km de Capanema), e este foi modificado para a inserção dos dados de temperatura e umidade medidos in loco.



Figura 5 – Equipamento de medição HOBO.

3.2. Desenvolvimento do modelo computacional.

O modelo computacional foi construído a partir do plugin *Euclid* versão 9.3, extensão gratuita disponibilizada pela *Big Ladder Software* para o SketchUp, e exportado como arquivo geométrico em extensão IDF ao *EnergyPlus* versão 9.3.0 (Figura 6). Foram modeladas todas as edificações do bloco onde a unidade habitacional se encontra, cada UH contém 5 zonas térmicas, totalizando 40 zonas térmicas (Figura 7).

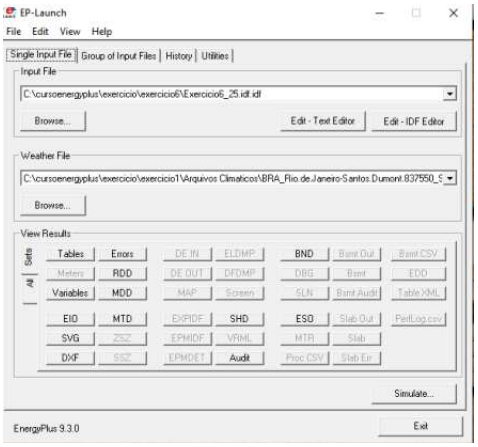


Figura 6 – Interface gráfica do EnergyPlus.

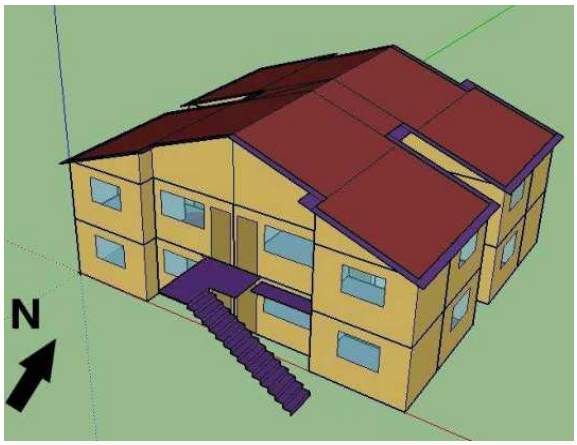


Figura 7 - Modelo computacional com o plugin Euclide.

A fim de representar de forma satisfatória as características da edificação e do entorno, foram adotados os dados de entrada a seguir. A simulação foi realizada em terreno de subúrbio; no caso da precisão da convergência de cargas térmicas e de temperatura, adotou-se erro de 0,01 W e 0,1°C, respectivamente. Para a radiação solar e a refletância das superfícies externas, adotou-se *FullExterior*, sendo considerado as sombras externas existentes. A temperatura do solo foi de 25°C, pois é o valor máximo que o *EnergyPlus* aceita. Para que as zonas térmicas fossem registradas a cada 5 minutos, o valor inserido no *timestep* foi 12. As unidades habitacionais foram entregues ao moradores em 2015, devido a isso o padrão de uso e ocupação (Tabela 1) foi formulado de acordo como indicado pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais- RTQ-R (PROCEL, 2012) para equipamentos elétricos e iluminação. As informações da rotina de ocupação da residência foi formulada por uma entrevista com a moradora.

PARÂMETROS	PADRÃO DE USO E OCUPAÇÃO
Pessoas	2 pessoas
Iluminação	Potência instalada (W/m²): Dormitórios 5,0; Sala 6,0
Equipamentos Elétricos	0%
Abertura de Janelas	Abertas das 18:00 às 12:00 hrs
Abertura de Portas	Porta internas abertas 100% e Porta externas fechadas 100%

Tabela 1 – Padrão de uso e ocupação de acordo com o RTQ-R.

Os valores para taxas metabólicas foram baseados no *Handbook of fundamentals da ASHARAE* (1993) considerando uma área de pele de 1,80m² (Tabela 2).

Ambiente	Atividade realizada	Calor produzido (W/m²)	Calor produzido para área de pele (W)
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81

Tabela 2 – Taxas metabólicas de acordo com a ASHRAE.

Considerando o uso e ocupação com as aberturas das janelas seguindo a rotina da moradora, foi configurado no campo *Schedule: Compact* a porcentagem de abertura das janelas, tendo em vista o vão útil

de 50% para o tipo de janela de sobrepor e os horários de abertura das mesmas. Para a configuração do comportamento da ventilação natural no apartamento, optou-se no campo *AirFlowNetwork:SimulationControl* pelo método *Surface Average Caculation* para o cálculo do coeficiente de pressão de vento.

Sabendo que infiltração de ar pelas portas e janelas influencia nas configurações de ventilação natural, foi considerado no campo *AirflowNetworking* o valor de 0,66 para a infiltração, pois ainda que fechadas, não são vedadas completamente, permitindo a passagem de uma determinada quantidade de ar.

Quanto a absortância das superfícies externas, o valor considerado foi de 0,3 para paredes de cores claras; 0,7 para paredes de cores escuras e 0,75 para a cobertura. A Tabela 3 apresenta as características dos materiais e a resistência térmica da câmara de ar que foram adotadas na simulação computacional, de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Material	Rugosidade	Espessura (m)	Condutividade (W/m – K)	Densidade (Kg/m³)	Calor Específico (KJ/Kg-K)	Resistência Térmica (m².K/W)
Concreto celular	Rugoso	0,1	0,56	1520	0,963	-
Arg. gesso	Lisa	0,02	0,7	1200	0,84	-
Rev. cerâmico	Lisa	0,07	0,9	1600	0,92	-
Forro gesso	Lisa	0,02	0,35	750	0,84	-
Madeira porta	Média rugosidade	0,03	0,15	608	1,4	-
Telha cerâmica	Média rugosidade	0,013	1,05	2000	0,92	-
Arg. revestimento	Média rugosidade	0,025	1,15	1800	0,1	-
Câmara de Ar Cobertura	-	-	-	-	-	0,21

Tabela 3 – Propriedades térmicas dos materiais.

3.3. Análise de sensibilidade para calibração do modelo.

Para a análise de sensibilidade foram comparados os valores obtidos de temperatura de bulbo seco da simulação computacional com os obtidos no monitoramento da unidade habitacional. Foram adotados como indicadores estatísticos principais o desvio médio (Dm) e o erro quadrático médio (EQ), representadas pelas Equações 1 e 2, respectivamente.

Equação 1

$$Dm = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(yi - xi)}{N}\right]$$

Equação 2

$$EQ = \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(yi - xi)^2}{N}\right]^{\frac{1}{2}}$$

Onde:
Dm é o desvio médio entre temperaturas (°C);
Yi é a temperatura horária simulada (°C);
Xi é a temperatura horária monitorada (°C);
N é o número de observações (adimensional);
EQ é o erro quadrático médio (°C).

Além disso, foram adotados também os indicadores estatísticos da ASHRAE (2002): *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error CV(RMSE) e o Normalized Mean Bias Error* (NMBE), descritos nas Equações 3 e 4, respectivamente. Para que o modelo seja considerado calibrado pela ASHRAE, os resultados para o CV(RMSE) deve ser de até 30% e até 10% para o NMBE.

Equação 3

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\Sigma(m_i - S_i)^2}{n-1}}}{\overline{m}_l}$$

Equação 4

$$NMBE = \frac{\Sigma(m_i - S_i)}{\frac{n-1}{\overline{m}}}$$

Onde:
mi - Dado medido (°C ou KWh)
si- Dado simulado (°C ou KWh)
n- Número de dados do período simulado
$\overline{ml}$ - Média aritmética da amostra de n observações (°C ou KWh)

Foram estudadas quatro situações para o modelo simulado, variando a inserção das edificações do entorno e os dados térmicos dos materiais indicado na norma ABNT NBR 15220 (ABNT, 2005), conforme mostrado na Tabela 4. O objetivo foi obter os valores de temperatura de bulbo seco da simulação que ficassem próximos dos valores de temperatura obtidos no monitoramento. Quanto menores fossem os indicadores, mais representativo está o modelo da situação real (monitorada).

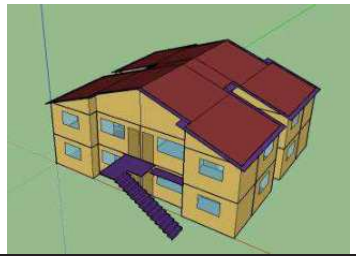
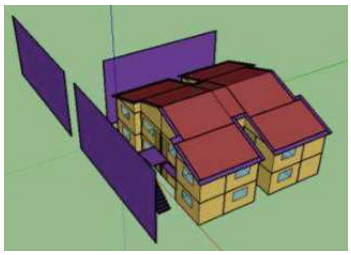
SITUAÇÃO	VARIÁVEIS	MODELO
00	Geometria da cobertura como zona térmica Sem adição dos prédios do entorno Dados térmicos dos materiais: NBR 15220-2/2005	
01	Geometria da cobertura como zona térmica. Adição dos prédios do entorno como sombreamento Dados térmicos dos materiais: NBR 15220-2/2005	
02	Geometria da cobertura como zona térmica. Adição dos prédios do entorno como sombreamento Dados térmicos dos materiais com aumento de 15% nos valores de condutividade térmica para concreto e telha cerâmica	
03	Geometria da cobertura como zona térmica. Adição dos prédios do entorno como sombreamento Dados térmicos dos materiais com redução de 15% nos valores de condutividade térmica para concreto e telha cerâmica	

Tabela 4 – Situações analisadas.

É importante ressaltar que devido o concreto celular ser caracterizado pela sua baixa densidade em virtude da incorporação de ar na sua estrutura, as alterações na densidade desse material como uma variável na análise de sensibilidade adotados no trabalho de Santos *et al*. (2019) não foram incorporados neste processo de calibração tendo em vista que alterações na densidade desse concreto em específico descaracteriza as suas propriedades.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos dos indicadores para cada situação avaliada para o modelo são mostrados na Tabela 5, são eles: amplitude térmica, desvio médio (Dm), erro quadrático (EQ) *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error CV(RMSE) e Normalized Mean Bias Error* (NMBE). A amplitude térmica consiste na diferença entre os valores máximos e mínimos da temperatura de bulbo seco monitorada e simulada das situações estudadas na modelagem computacional da zona 3, dormitório para duas pessoas.

Situação	Amplitude Térmica (°C)	Dm (°C)	EQ (°C)	CV (RMSE) (%)	NMBE (%)
Medição	5,01	-	-	-	-
00	6,35	0,03	0,60	2,22	-0,14
01	6,16	0,04	0,55	2,06	0,16
02	6,24	0,06	0,57	2,13	0,23
03	6,08	0,02	0,53	1,98	0,08

Tabela 5 – Resultado dos indicadores.

A situação 00 que adotou a geometria da cobertura como zona térmica sem a adição do entorno e considerando os dados térmicos dos materiais de acordo com a NBR 15220 demonstrou os piores valores para erro quadrático e *CV(RMSE)*; portanto, não sendo satisfatória. Esse resultado atesta a influência do entorno no processo de calibração, visto que as variações na implantação dos blocos habitacionais no lote interferem na distribuição dos ventos e radiação solar sobre a edificação de referência.

Na situação 01, foi adicionado o entorno como sombreamento, foi mantida a geometria da cobertura como zona térmica e os dados dos materiais conforme a NBR 15220, os resultados se apresentaram mais satisfatórios para 4 dos 5 indicadores analisados em comparação com a situação 00. Isso se deve à disposição dos blocos habitacionais nas quadras que são bastante próximos entre si e geram sombreamentos no apartamento estudado; entretanto, ainda não foi satisfatório comparado com os demais resultados.

Na situação 02, foi acrescido 15% nos valores de condutividade térmica para o concreto celular e a telha cerâmica, foi mantido o entorno como sombreamento e a cobertura como zona térmica. Esta situação apresentou o pior resultado de desvio médio, e nos demais indicadores houve aumento nos valores em comparação com a situação 01, o que evidencia discrepância entre os valores de temperatura medidos e simulados; logo, não sendo satisfatório.

Na situação 03, foi reduzido 15% os dados de condutividade térmica para o concreto celular e telha cerâmica, o entorno foi mantido como sombreamento e a cobertura como zona térmica. Os dados dos indicadores evidenciaram os melhores resultados para todos os parâmetros; em destaque ao desvio médio com o valor de 0,02; expressando grande proximidade entre os valores de temperatura medidos e simulados. Desta forma, essa simulação foi considerada aceitável e calibrada.

Para todas as situações, os indicadores de CV (RMSE) E NMBE da ASHRAE se mostraram satisfatórios pois ficaram abaixo da porcentagem limite de 30% e 10% respectivamente.

A Figura 8 apresenta o gráfico para a situação 03 com os valores de temperatura externa e temperatura interna do ambiente medido e simulado para o dia 18 de novembro, caracterizado como um período de altas cargas térmicas na região amazônica. O comportamento entre a variação de temperatura para o quarto 1 (zona 3) no período de 24 horas comprova a proximidade entre a medição e a simulação, validando o modelo computacional e dando confiabilidade ao resultados.

É evidente no gráfico a amplitude entre os dados de temperatura externa e interna do quarto 1, isso se deve às propriedades térmicas do concreto celular que apresenta valores de resistência térmica maiores do que o concreto convencional, ocasionando maior atraso térmico na liberação do calor incidente durante o dia.

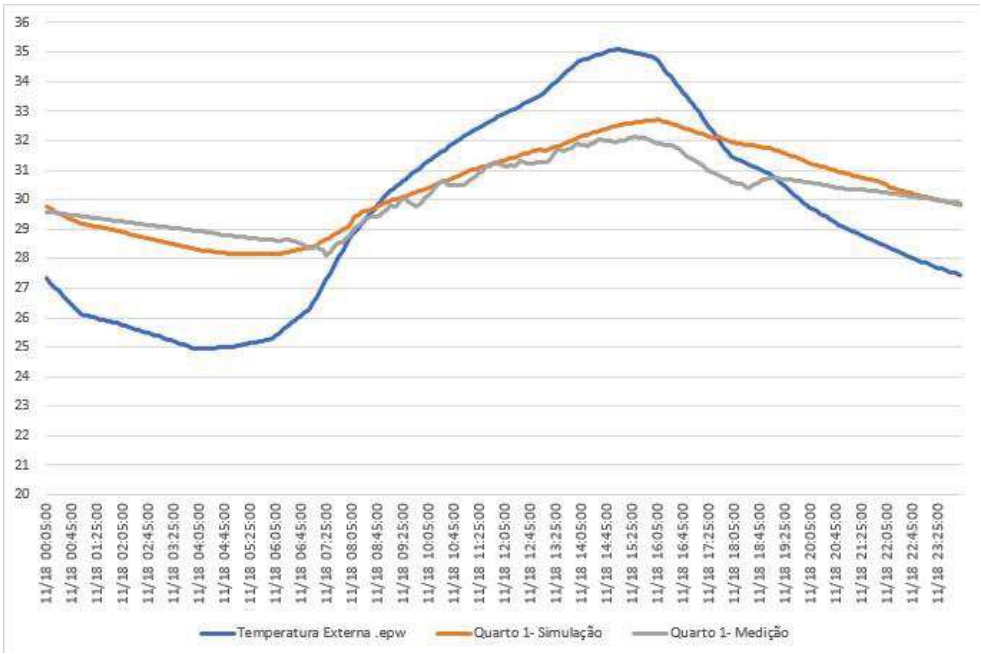


Figura 8 – Variação de temperatura para o quarto 1, na situação 03.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, foi possível considerar o modelo computacional calibrado devido a grande proximidade entre os valores de temperaturas medidos e simulados. Para que a simulação computacional pudesse representar a realidade no estudo de caso desta pesquisa, alguns parâmetros foram fundamentais. Destacam-se a correta definição do entorno como fatores que influenciam na incidência solar e ventilação, como apontaram Barbosa e Ghisi (2017). Foi imprescindível também o levantamento da rotina de uso e ocupação do apartamento monitorado através de entrevista com a moradora a fim de representar fielmente o comportamento da edificação real.

Além disso, se mostrou fundamental para a calibração a utilização dos dados de temperatura medidos in loco em substituição aos dados da média de 30 anos do arquivo climático do INMET devido às mudanças no comportamento climático da região amazônica nas últimas décadas.

O indicador de Desvio Médio (Dm) foi o mais significativo, de posse desses dados foi possível concluir que a diferença entre a temperatura medida e simulada ficou em média 0,02 °C, ou seja, muito próximo e preciso.

Desta forma, essa pesquisa acrescenta no campo da eficiência energética um estudo de caso para habitações de interesse social, com o sistema construtivo de concreto celular moldado in loco, em uma análise de pós ocupação. É sugerido para trabalhos futuros o estudo do impacto da temperatura do solo para calibrações de unidades habitacionais térreas da Zona Bioclimática 8.

A limitação encontrada ao longo desse trabalho foi a ausência de dados climáticos para a cidade onde a habitação está locada, visto que, embora seja permitido por norma considerar os dados da cidade mais próxima, condições urbanas e naturais podem trazer alterações nos dados de temperatura.

Por fim, destaca-se a importância da calibração como ferramenta de análise preliminar para avaliação de desempenho térmico e energético que resulte em modelos computacionais confiáveis e resultados acertivos, com o objetivo de induzir à escolha de boas práticas projetuais e corretas intervenções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro, 2013.

ASHRAE – American Society Of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Guideline 14-2002. Measurement of Energy and Demand Savings. Atlanta, 2002.

BARBOSA, K.H.; GHISI, E. Proposta de calibração de um modelo computacional de uma tipologia de residência unifamiliar em Goiânia. XIV ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais. Camboriú-SC, 2017.

ELETROBRAS; PROCEL. Manual para Aplicação do RTQ-R. 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplica%C3%A7%C3%A3o_do_%20RTQ-R-v01.pdf > Acesso em 25 de março de 2021.

FERNANDES, L.O.; LABAKI, L.C. Calibração De Edifício Institucional Na Cidade De Campinas – SP. XIII ENCAC - Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído. Anais. Campinas-SP, 2015.

GALVARRO, S. F. S.; CARLO, J. C.; GUIMARÃES, Í. B. B.; TIBIRIÇÁ, A. C. G. Calibração de simulação térmica de uma unidade habitacional em edifício multifamiliar. XII ENCAC- Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais. Brasília - DF, 2013.

PEREIRA, C. D.; GHISI, E. Calibração de um modelo computacional de uma residência unifamiliar localizada em Florianópolis. XII ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais. Fortaleza - CE, 2008.

SANTOS, M. K.; LOBO, E. C.; BARATA, M. S. Calibração de um modelo computacional de uma habitação de interesse social multifamiliar em Belém – PA. XV Encontro Nacional e XI Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais. João Pessoa – PE, 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da graduanda Kessily Medeiros da UFPA e do professor Cícero Lopes da PUC-Rio.