



Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Mafra Migliorini
(Organizadora)

Arquitetura e Urbanismo: Competência e Sintonia com os Novos Paradigmas do Mercado 3

Jeanine Maфра Migliorini
(Organizadora)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| A772 | Arquitetura e urbanismo [recurso eletrônico] : competência e sintonia com os novos paradigmas do mercado 3 / Organizadora Jeanine Mafra Migliorini. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-088-9 DOI 10.22533/at.ed.889202905 1. Arquitetura. 2. Planejamento urbano. 3. Urbanismo. I. Migliorini, Jeanine Mafra. <div style="text-align: right;">CDD 720</div> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Arquitetura é uma ciência abrangente, que envolve conhecimentos de diversas áreas. Estudar arquitetura é entrar em um vasto universo repleto de possibilidades; podemos abordar a questão técnica, quando tratamos dos métodos construtivos, do conforto ambiental, da ecoeficiência; ou ainda de questões sociais, da forma como os edifícios são ocupados, como o espaço construído pode interferir nas relações sociais.

Como ciência que acompanha os homens desde os primórdios da humanidade, a arquitetura tem histórias, memórias, erros, acertos e um futuro que pode ser construído com qualidade, através de pesquisas e estudos, como as realizadas neste livro, que se propõe a trazer à reflexão aspectos inerentes desta ciência.

Estas reflexões iniciam com uma temática tão necessária e urgente, a habitação de interesse social, tema incansável de debates que trazem à tona uma grande fragilidade do país; avançam por estudos acerca das tipologias de apartamentos, como elas se ressignificam ao longo do tempo, e seus espaços comuns; segue pela apresentação de estudos técnicos sobre conforto e geração de energia; abre-se espaço para a história da documentação e a memória urbana, entrando no debate sobre as cidades, sua sustentabilidade, e integra a essa discussão do urbano, o paisagismo, com sua interferência em espaços livres e fechados.

Tão variados como os assuntos deste livro são os interesses dos arquitetos e daqueles que estudam essa ciência. Não se faz arquitetura sem a técnica, sem o humano, o social, ou ainda a arte. Não se faz arquitetura sem o urbano, sem a paisagem. Tão vasto quanto essas possibilidades são seus meandros com outras ciências que oferecem aos leitores e pesquisadores reflexões sem fim.

Espero que se depare com elas! Boa leitura e ótimas reflexões!

Prof.^a Jeanine Maфра Migliorini

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM MADEIRA: CONJUNTO HABITACIONAL NO BAIRRO PEDRA 90, CUIABÁ/MT | |
| João Mário de Arruda Adrião José Manoel Henriques de Jesus DOI 10.22533/at.ed.8892029051 | |
| CAPÍTULO 2 | 19 |
| O SENTIDO DE LAR NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL: ESTUDO NO TABOQUINHA | |
| Nayra Gomes Souza Ampuero Ana Klaudia de Almeida Viana Perdigão DOI 10.22533/at.ed.8892029052 | |
| CAPÍTULO 3 | 32 |
| CALIBRAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIAR EM BELÉM-PA | |
| Kessily Medeiros Santos Eduardo Berenger de Carvalho Lobo Márcio Santos Barata DOI 10.22533/at.ed.8892029053 | |
| CAPÍTULO 4 | 47 |
| RENOVAÇÃO E REPRODUÇÃO DAS PLANTAS TIPO DE APARTAMENTOS EM JOÃO PESSOA | |
| Aline da Silva Carolino Marcio Cotrim Cunha Cristiana Maria Sobral Griz DOI 10.22533/at.ed.8892029054 | |
| CAPÍTULO 5 | 60 |
| CARACTERIZAÇÃO DE ITENS DE LAZER NOS MEZANINOS DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES ALTOS NA CIDADE DE MACEIÓ/AL/BR | |
| Alexandre Márcio Toledo Marta Cristina Cavalcante DOI 10.22533/at.ed.8892029055 | |
| CAPÍTULO 6 | 73 |
| AVALIAÇÃO DE LUZ NATURAL EM AMBIENTE DE SALA DE AULA: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – RJ | |
| Alice Cristine Ferreira Dias de Oliveira Sylvia Meimaridou Rola DOI 10.22533/at.ed.8892029056 | |
| CAPÍTULO 7 | 85 |
| VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE POR MEIO DE TELHAS FOTOVOLTAICAS APLICADAS A UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM BELO HORIZONTE-MG | |
| Ricardo Augusto dos Santos Horta Rodrigo de Mello Penna Raquel Diniz Oliveira DOI 10.22533/at.ed.8892029057 | |

CAPÍTULO 8 101

O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIO DE BALANÇO ENERGÉTICO NULO (ZEB) NUMA PERSPECTIVA TERMODINÂMICA

Roberta Carolina Assunção Faria

Thiago Montenegro Góes

Cláudia Naves David Amorim

Joára Cronemberger

Caio Frederico e Silva

DOI 10.22533/at.ed.8892029058

CAPÍTULO 9 121

ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO: PRIMEIRAS AÇÕES NO ACERVO BAUMGART

Denise Vianna Nunes

Ivan Silvio de Lima Xavier

Oswaldo Luiz de Carvalho Souza

Roberto Possolo Jermann

Luiz Felipe Machado Coelho de Souza

DOI 10.22533/at.ed.8892029059

CAPÍTULO 10 132

FORQUETA: A MEMÓRIA DOS ESQUECIDOS

Doris Baldissera

Nicole Rosa

DOI 10.22533/at.ed.88920290510

CAPÍTULO 11 146

ECO-MODELOS E CIDADES SUSTENTÁVEIS

Mirelle Lourenço de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.88920290511

CAPÍTULO 12 155

CENÁRIO URBANO E PAISAGÍSTICO DA PRAÇA INÁCIO LOPES MAGALHÃES E SEUS USOS PARA PROMOÇÃO DE QUALIDADE DE VIDA – CIDADE DE BOA VISTA/RORAIMA

Breno Matheus de Santana Veloso

Camilla Marcelle da Silva

Sued Trajano de Oliveira

Paulina Onofre Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.88920290512

CAPÍTULO 13 166

O NATURAL E O CONSTRUÍDO :SISTEMAS VEGETADOS INTEGRADOS NA ARQUITETURA

Minéia Johann Scherer

Amanda Simonetti Pase

Janaína Redin

Luísa Berwanger

Thales Severo Alves

DOI 10.22533/at.ed.88920290513

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 14 | 180 |
| DESCARTE DE PODAS URBANAS E LIXO ORGÂNICO: UMA ANÁLISE SOBRE A VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM PÁTIO DE COMPOSTAGEM EM DOURADOS, MS | |
| Talita Paz Agueiro | |
| Márcio de Melo Carlos Santos | |
| DOI 10.22533/at.ed.88920290514 | |
| SOBRE A ORGANIZADORA | 186 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 187 |

CALIBRAÇÃO DE UM MODELO COMPUTACIONAL DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL MULTIFAMILIAR EM BELÉM-PA

Data de aceite: 28/05/2020
Data de Submissão: 02/03/2020

Kessily Medeiros Santos

Universidade Federal do Pará
Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/8224685332865646>

Eduardo Berenger de Carvalho Lobo

Universidade Federal do Pará
Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/9081971590818284>

Márcio Santos Barata

Universidade Federal do Pará
Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/7450171369766897>

RESUMO: O presente artigo teve como objetivo a calibração de um modelo computacional de uma Habitação de Interesse Social (HIS) multifamiliar desenvolvido a partir dos softwares *Euclide* e *EnergyPlus*. A edificação encontra-se localizada na cidade de Belém-PA, a qual faz parte da Zona Bioclimática 8. Foram analisadas duas variáveis de controle: geometria da cobertura e dados térmicos dos materiais da envoltória. A variável de resposta referente ao modelo simulado e à medição *in loco* foi a temperatura de bulbo

seco para dois ambientes de permanência prolongada. As medições ocorreram de 5 à 10 de dezembro de 2017. A comparação entre as temperaturas obtidas na simulação do modelo computacional e nos ambientes monitorados foi feita por meio de dois indicadores estatísticos principais: desvio médio e erro quadrático médio. Além desses, foram também verificados o *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error* CV(RMSE) e o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE). Os resultados mostraram que os valores de temperaturas obtidos por meio da simulação apresentaram boa correlação com as temperaturas monitoradas, reforçando a importância da calibração como uma ferramenta de auxílio na inserção de dados durante o processo de configuração de um modelo computacional.

PALAVRAS-CHAVE: Calibração, Edificação Multifamiliar, Desempenho Térmico, *EnergyPlus*

CALIBRATION STUDY OF A COMPUTATIONAL MODEL IN A MULTIFAMILY RESIDENCE OF SOCIAL INTEREST IN BELÉM

ABSTRACT: This paper consists on calibration a model social housing's. The computational model was build up from the *Euclide* and *EnergyPlus* softwares. The

social housing's analyzed is located on Belém's city and is part of a Bioclimatic Zone classified as 8. Two control variables were analyzed: the coverage geometry and the thermal properties of the envelope materials. The answer's variable for the simulated model and the in loco measurement was the dry bulb temperature for two extended permanence environments. The measurements occurred from December 5 to 10, 2017. The comparison between the temperatures obtained in the simulation of the computational model and in the temperature monitored environments was done through two main statistical indicators: mean deviation and mean square error. Also granting the Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error CV(RMSE) and the Normalized Mean Bias Error (NMBE). The results showed that the temperature values be achieved on the simulation have presented a good correlation with the monitored temperatures, emphasizing the importance of calibration as an interesting tool on during computational model's configuration.

KEYWORDS: Calibration, Multifamily Building, Thermal Performance, EnergyPlus

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tornou-se crescente a preocupação relacionada a fatores como sustentabilidade e segurança energética, fomentando a busca por uma oferta de energia elétrica capaz de atender a progressiva demanda, principalmente nos países emergentes (MORAIS, 2015). Entende-se como eficiência energética na arquitetura o potencial de conforto térmico, visual e acústico da edificação, sendo um edifício considerado eficiente energeticamente em relação a outro quando ele possui a capacidade de proporcionar as mesmas condições ambientais, com menor consumo de energia (LAMBERTS *et al.*, 2004).

Segundo o Balanço Nacional Energético de 2018, os setores residencial, comercial e público corresponderam a 50,8% do total do consumo de energia elétrica (EPE, 2018). Ainda referente a este consumo, a Nota Técnica sobre o Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro expõe que nos últimos 12 anos o consumo de energia elétrica para condicionamento de ar nas residências foi cerca de três vezes maior, tendo atingido 18,7 TWh em 2017 (NOTA TÉCNICA EPE 030, 2018).

Assim, pode-se dizer que uma das formas de reduzir o consumo de energia elétrica parte das decisões de projeto arquitetônico e do entendimento do comportamento de determinados sistemas construtivos diante das condições climáticas locais, tanto para novos projetos, quanto para *retrofit*. Nesse contexto, a utilização de *softwares* possibilita a análise prévia do desempenho energético da proposta projetual, auxiliando também na observação do comportamento dos elementos construtivos de uma edificação (LAMBERTS *et al.*, 2004). Para que isso ocorra de forma viável, é importante atentar para a inserção dos dados de entrada, uma vez que utilizados de forma equivocada nas simulações computacionais podem gerar a imprecisão dos resultados e a simplificação dos modelos (BARBOSA e GHISI, 2017).

Mendes *et al.* (2005) aborda que desde o início dos anos 80 o Brasil vem importando programas de simulação de países que dispõe de maior investimento financeiro para pesquisas neste setor. Como exemplo, pode-se abordar o *software EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, que no contexto brasileiro tem sido um

dos mais utilizados para simulação computacional, sendo também recomendado pela ABNT NBR 15575 (2013). Este programa reúne aspectos essenciais para a análise de desempenho energético, como os sistemas de ventilação e de renovação do ar nos ambientes e a criação de rotinas por meio da inserção de cargas térmicas no modelo (ENERGYPLUS, 2016). Entretanto, é também considerado um programa complexo no que tange a entrada de dados, devido sua interface pouco amigável e a demanda de um conhecimento interdisciplinar do usuário. Quanto a interface pouco amigável, *é válido destacar que há extensões que possibilitam a leitura e a gravação do modelo geométrico do EnergyPlus em seu formato original IDF, como o software Euclide, também utilizado neste estudo.*

Diante deste cenário, é possível dizer que a calibração é um mecanismo capaz de auxiliar no processo de inserção de dados em programas computacionais, viabilizando as escolhas adequadas para o desenvolvimento de um modelo mais próximo possível das condições reais de uma edificação, bem como dos dados referentes ao clima do local de implantação. De acordo com Galvarro *et al.* (2013) a calibração consiste em comparar os resultados da simulação com valores monitorados ou de referência, visando corrigir erros e reduzir incertezas do modelo. Esta comparação é feita por meio de indicadores que determinam a diferença entre os dados da medição e do modelo simulado. Fernandes e Labaki (2015) apontam que a qualidade da calibração pode ser estimada por diferentes indicadores, estando entre os mais utilizados, o *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error* CV(RMSE) e o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE), os mesmos foram utilizados pelas autoras. Outros indicadores que também são usualmente adotados correspondem ao erro quadrático médio e ao desvio médio (GALVARRO *et al.*, 2013; BARBOSA e GHISE, 2017).

Portanto, entende-se que este trabalho contribui na verificação de condições de representação numérica para modelos de Habitação de Interesse Social (HIS) multifamiliar.

2 | OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo a calibração de um modelo computacional desenvolvido nos softwares *Euclide* e *EnergyPlus*, tendo como base uma HIS multifamiliar, localizada cidade de Belém-PA.

3 | MÉTODO

O método adotado está disposto em três etapas principais: realização da medição *in loco* para obtenção da temperatura de bulbo seco de dois ambientes, caracterização do modelo computacional para a simulação e o procedimento de calibração.

3.1 Medição da temperatura interna *in loco*



Figura 1 – Edificação analisada



Figura 2 – Fachada oeste com pintura não finalizada

A Figura 3 apresenta o pavimento-tipo do edifício, sendo a parte hachurada em cinza a parcela do bloco que foi considerada como elemento de sombreamento no modelo computacional, uma vez que os apartamentos são separados por uma escada aberta. Dessa forma, infere-se que a interação entre as respectivas zonas pode ser desconsiderada. A HIS foi construída em estrutura de concreto armado e fechamento com paredes em alvenaria de tijolo rebocada. A pintura das paredes externas é finalizada com tinta acrílica semibrilho nas cores azul e amarelo. A cobertura é constituída por telhas cerâmicas tipo capa-canal apoiadas sobre estrutura de madeira. As janelas possuem $1,44\text{m}^2$ e são compostas de esquadria de alumínio adonizado fosco fechadas com vidros transparentes de 3mm de espessura, em duas folhas de correr, que ficam sobrepostas quando a janela se encontra em sua abertura máxima, ou seja, possui um vão de abertura de $0,72\text{m}^2$. As partes internas das unidades habitacionais apresentam paredes e teto rebocados, sendo o último uma laje de concreto rebocada e pintada com tinta PVA. Já o piso não apresenta tipo algum de revestimento, estando apenas no estágio de contra piso. O estudo foi realizado considerando os ambientes de permanência prolongada Dormitórios A e B da unidade habitacional do 4º pavimento (Figura 4). Quanto aos ambientes que foram escolhidos para o estudo, a zona térmica do Dormitório A possui uma fachada norte com abertura e outra fachada oeste, ambas expostas à insolação direta, ao passo que o Dormitório B tem sua maior área de parede externa voltada para o oeste com abertura, bem como o menor volume entre os dormitórios do apartamento.



Figura 3 – Pavimento-tipo da edificação



Figura 4 – Planta-baixa unidade habitacional

No projeto arquitetônico e na visita ao local, identificou-se que a sala, a cozinha e a área de serviço são separadas apenas por meia parede, por isso a Zona 04 engloba esses 3 ambientes, bem como a circulação que dá acesso aos dormitórios e ao banheiro. Nesse contexto, a unidade habitacional estudada possui fachadas norte, oeste e cobertura expostas à insolação direta, sendo, portanto, no que tange ao conforto térmico, o caso mais crítico de acordo com a NBR 15 575 (ABNT, 2013). Foi utilizado para a medição in loco equipamento de aquisição de dados *datalogger*, modelo HOBO *temp/RH/light/extchannel* ONSET (Figura 5), com a finalidade de obter os valores de temperatura de bulbo seco de dois ambientes internos, com medição a cada 5 minutos. Em ONSET (1999), consta que a precisão do HOBO é de 0,7°C de temperatura no que tange a uma temperatura de 21°C. O aparelho foi posicionado próximo à área central dos ambientes a fim de evitar a incidência solar direta, disposto sobre um cavalete a uma altura de 1,20 m do piso (Figura 6). As medições consideradas para a calibração foram realizadas durante 5 dias, de 5 à 10 de dezembro de 2017. Após esse período, os dados foram extraídos em formato de planilhas eletrônicas, a fim de serem comparados, por meio dos indicadores de calibração, com os resultados obtidos na simulação computacional.



Figura 5 – Aparelho de medição-HOBO



Figura 6 – Posicionamento do cavalete

3.2 Caracterização do modelo para a simulação computacional

Na elaboração da geometria da edificação (Figura 7) foram modelados todos os apartamentos da parcela do bloco representada por zonas térmicas, cada um com cinco zonas, totalizando 80 zonas térmicas, considerando a interação térmica entre as zonas representadas no modelo. A construção do modelo geométrico foi desenvolvida a partir da versão 0.9.3 do *Euclid*, uma extensão gratuita para o *SketchUp*, disponibilizada pela *Big Ladder Software*. A partir desta extensão, o arquivo geométrico foi exportado para o formato IDF, utilizado pelo *Energyplus* (Figura 8), possibilitando a abertura para edição com vista à inserção dos demais dados necessários para a simulação computacional do desempenho térmico.

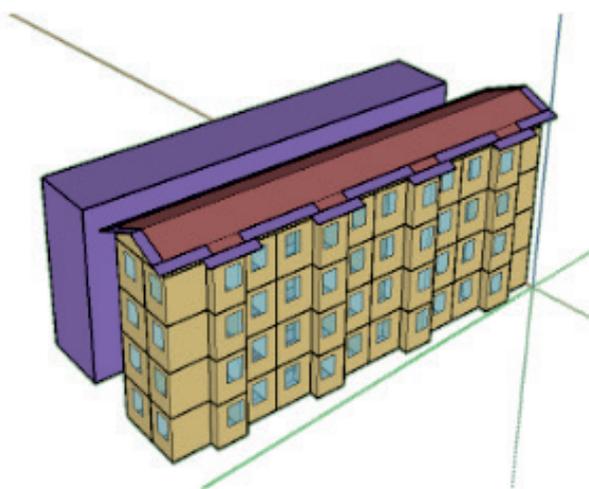


Figura 7—Geometria da Edificação Figura 8—Interface gráfica do EnergyPlus

3.2.1 Arquivo climático

A caracterização climatológica da cidade de Belém-PA foi inserida no software EnergyPlus por meio do arquivo climático em formato EnergyPlus Weather Data (EPW) presente no Test Reference Year (TRY) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizado no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). Com o intuito de conferir à simulação um cenário climatológico mais próximo das condições de medição (BUORO, 2008; FERNANDES e LABAKI, 2015; BARBOSA e GHISI, 2017), o arquivo climático obtido foi aberto em planilha eletrônica, possibilitando a substituição dos seguintes parâmetros meteorológicos: temperatura de bulbo seco, ponto de orvalho, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade do vento.

Os parâmetros meteorológicos com valores correspondentes ao período da medição foram obtidos no site do INMET, a partir da Estação Meteorológica de Observação de Superfície, a qual permite o acesso aos dados registrados nos últimos 90 dias. A substituição dos dados no arquivo climático se deu no período de 28 de novembro à 10 de dezembro, sete dias antes da realização das medições. As demais variáveis, bem como os demais dias do ano, permaneceram conforme os dados contidos no ano climático de referência.

3.2.2 Dados de Entrada no programa EnergyPlus

Para a presente análise, foi utilizada a versão 8.7 do software EnergyPlus, a escolha do terreno foi determinada conforme as características mais próximas da área do entorno do modelo: suburbs, ambiente arborizado, visto que o local apresenta baixo gabarito das edificações e áreas verdes próximas. Para a precisão da convergência de cargas térmicas e a precisão da convergência de temperatura, adotou-se erro de 0,01 W e 0,1°C, respectivamente. No que tange à radiação solar e à refletância das superfícies externas que incidem no edifício, adotou-se FullExterior, considerando dessa forma as sombras externas existentes. O período de execução da simulação foi de 5 à 10 de dezembro do arquivo climático, conforme as datas da medição in loco.

Gomes (2012) aponta que as temperaturas do solo exercem um papel importante no desempenho térmico da edificação, tendo em vista que podem ser responsáveis pela falha ou sucesso de um sistema construtivo. Ao inserir valores maiores que 25°C e executar a simulação, é possível observar que o EnergyPlus gera como aviso para o objeto Site:GroundTemperature:BuildingSurface que a existência de valores fora do intervalo de 15-25°C podem ser considerados inadequados. Por isso, para esta temperatura, foi adotado o valor de 25°C em todos os meses, visto que o programa não admite valores superiores (CASTAÑO, 2017). O valor inserido no Timestep foi de 12, para que as temperaturas das zonas térmicas fossem registradas a cada 5 minutos. Cabe mencionar que, assim como no estudo de Barbosa e Ghisi (2017), não houve rotina de ocupação, visto que, durante as medições, o apartamento ainda não tinha sido entregue aos moradores, por isso o padrão de uso e ocupação foi simplificado (Quadro 1).

| Parâmetros | Padrão de uso e ocupação |
|------------------------|---|
| Pessoas | 0% |
| Iluminação | 0% |
| Equipamentos Elétricos | 0% |
| Abertura de Janelas | Fechadas |
| Abertura de Portas | Porta externa fechada, portas internas abertas 100% |

Quadro 1– Padrões de uso e ocupação

Apesar de não haver uma rotina de abertura para as janelas e portas externas, optou-se por caracterizar um cenário de ventilação natural na simulação, adotando o coeficiente com o valor de 0,66 para a infiltração de ar pelas janelas e portas. Dessa forma, foi utilizado o grupo *AirflowNetwork*, que para os cálculos de vazão de ar considera alguns fatores importantes como a velocidade e a direção do vento, dimensões das aberturas e temperatura interna e externa do ar em relação à zona térmica (KUBO, 2017). O *AirflowNetwork* é baseado em uma abordagem de rede de trabalho que deve ser construída corretamente pelos usuários, sendo necessário que os nós inseridos

formem alguns caminhos e estejam conectados uns aos outros (GU, 2007, tradução nossa). A Figura 9 ilustra um possível padrão de fluxo de ar desenhado pelo grupo *AirflowNetwork*

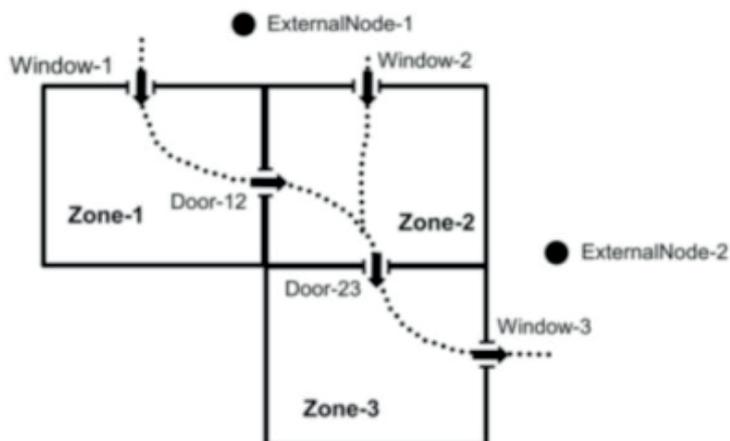


Figura 9 –Possível padrão de fluxo de ar desenhado pelo grupo *AirflowNetwork*

Quanto à absorvência das superfícies externas, foi considerado o valor de 0,3 para paredes externas de cores claras, 0,8 para paredes com a pintura ainda não concluída e de 0,75 para a cobertura. As propriedades térmicas dos materiais e a resistência térmica das câmaras de ar foram adotadas de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005), estando descritas na Tabela 1.

| Material | Rugosidade | Espessura (m) | Condutividade (W/m-K) | Densidade (kg/m ³) | Calor Específico (J/kg-K) | Resistência Térmica (m ² .K/W) |
|------------------------|------------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|---|
| Concreto | Rugoso | 0,1 | 1,6 | 2300 | 0,85 | - |
| Madeira | Rugosidade média | 0,03 | 0,15 | 608 | 1,4 | - |
| Telha Cerâmica | Rugosidade média | 0,01 | 1,05 | 1600 | 0,92 | - |
| Tijolo | Rugosidade média | 0,01 | 1,05 | 1600 | 0,92 | - |
| Tijolo | Rugosidade média | 0,015 | 1,05 | 1600 | 0,92 | - |
| Argamassa | Rugosidade média | 0,025 | 1,15 | 1800 | 1 | - |
| Câmara de Ar Parede | - | - | - | - | - | 0,16 |
| Câmara de Ar Cobertura | - | - | - | - | - | 0,21 |

Tabela 1–Características dos materiais utilizados na simulação numérica

3.3 Procedimento de calibração

Os resultados dos valores de temperatura de bulbo seco obtidos na simulação do modelo computacional foram comparados com os valores obtidos no monitoramento dos ambientes do apartamento a partir de uma análise de sensibilidade que adotou como

indicadores estatísticos principais o desvio médio (Dm) e o erro quadrático médio (EQ), conforme as equações 1 e 2, respectivamente.

$$Dm = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)}{N} \right] \quad (1)$$

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

Onde:

Dm é o desvio médio entre temperaturas (°C);

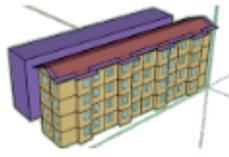
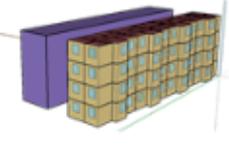
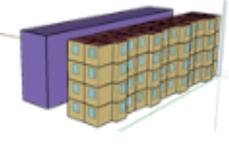
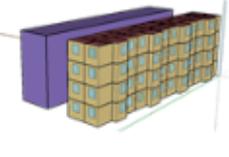
Yi é a temperatura horária simulada (°C);

Xi é a temperatura horária monitorada (°C);

N é o número de observações (adimensional);

EQ é o erro quadrático médio (°C).

De modo que os resultados da calibração fossem os mais fidedignos possíveis, ou seja, que os valores da temperatura de bulbo seco obtidos da simulação computacional ficassem próximos aos valores das temperaturas obtidas no monitoramento, foram estudadas quatro situações para o modelo simulado. As variações ocorreram individualmente e, caso a modificação adotada representasse boa sensibilidade do modelo, era mantida na simulação subsequente, caso contrário, era descartada. Na situação 00, caso base, considerou-se a geometria da cobertura como uma zona térmica (KUBO, 2017) e foram adotados os dados térmicos dos materiais construtivos indicados na NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Nos casos subsequentes, a geometria da cobertura foi considerada como uma camada no objeto Construction do EnergyPlus e os dados térmicos dos materiais da envoltória, condutividade térmica e densidade do tijolo e da argamassa, sofreram alterações superior e inferior de 15% em relação ao padrão adotado no caso base. O Quadro 2 descreve as variáveis para cada situação. Esta metodologia foi semelhante à adotada por Barbosa e Ghisi (2017).

| SITUAÇÃO | VARIÁVEIS | MODELO |
|----------|--|---|
| 00 | Geometria da cobertura como uma zona térmica |  |
| | Dados térmicos dos materiais: NBR 15220-2/2005 | |
| | Transmitância térmica da envoltória: 1,814 W/m².K | |
| 01 | Geometria da cobertura em camadas: Resistência térmica da câmara de ar da cobertura= 0,21 m².k/w |  |
| | Dados térmicos dos materiais: NBR 15220-2/2005 | |
| | Transmitância térmica da envoltória: 1,814 W/m².K | |
| 02 | Geometria da cobertura em camadas: Resistência térmica da câmara de ar da cobertura= 0,21 m².k/w |  |
| | Dados térmicos dos materiais com redução de 15% nos valores da condutividade térmica e da densidade para a Argamassa e o Tijolo. | |
| | Transmitância térmica da envoltória resultou em 1,768 W/m².K | |
| 03 | Geometria da cobertura em camadas: Resistência térmica da câmara de ar da cobertura= 0,21 m².k/w |  |
| | Dados térmicos dos materiais com aumento de 15% nos valores da condutividade térmica e da densidade para a Argamassa e o Tijolo. | |
| | Transmitância térmica da envoltória resultou em 1,850 W/m².K | |

Quadro 2– Situações analisadas

Além do Desvio médio e do Erro quadrático Médio, os valores da variável de resposta da medição e da simulação também foram comparados com os indicadores estatísticos indicados pela ASHRAE (2002): *Coefficient of Variation of the Root Mean Squared Error CV(RMSE)* e *o Normalized Mean Bias Error (NMBE)*, descritos pelas equações 3 e 4, respectivamente. O objetivo da utilização destes outros indicadores foi verificar se os resultados obtidos também se enquadrariam nos valores admitidos pela ASHRAE. Para que um modelo seja considerado calibrado, ele deve apresentar resultados de 30% para o CV(RMSE) e 10% para o NMBE.

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum(m_i - s_i)^2}{n-1}}}{\bar{m}_l} \quad (3)$$

$$NMBE = \frac{\frac{\sum(m_i - s_i)}{n-1}}{\bar{m}} \quad (4)$$

Onde:

m_i - Dado medido (°C ou KWh)

s_i - Dado simulado (°C ou KWh)

n - Número de dados do período simulado

\bar{m}_l - Média aritmética da amostra de n observações (°C ou KWh)

4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

O Quadro 3 apresenta os resultados dos indicadores obtidos conforme as situações avaliadas em cada etapa da calibração, são estes: 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)* da temperatura de bulbo seco monitorada e simulada de cada uma das situações estudadas no modelo computacional para os Dormitórios A e B.

| Situação | Amplitude Térmica (°C) | | Dm (°C) | | EQ (°C) | | CV(RMSE) (%) | | NMBE (%) | |
|----------|------------------------|------|------------|------|------------|------|--------------|------|------------|-------|
| | Dormitório | | Dormitório | | Dormitório | | Dormitório | | Dormitório | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Medição | 4,72 | 5,85 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 00 | 3,60 | 3,55 | 0,34 | 0,41 | 1,21 | 1,23 | 3,86 | 3,92 | 1,09 | 1,30 |
| 01 | 3,92 | 3,91 | 0,10 | 0,08 | 1,16 | 1,15 | 3,69 | 3,67 | -0,33 | -0,24 |
| 02 | 4,16 | 4,15 | 0,18 | 0,15 | 1,15 | 1,15 | 3,67 | 3,66 | -0,57 | -0,47 |
| 03 | 3,73 | 3,71 | 0,03 | 0,00 | 1,16 | 1,16 | 3,70 | 3,69 | -0,10 | 0,00 |

Quadro 3– Resultados dos indicadores

A Situação 00, que adota a geometria da cobertura como uma zona térmica e os valores dos dados térmicos dos materiais conforme os valores indicados pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005), apresentou os maiores valores para 4 das 5 variáveis observadas e o menor valor dentre as amplitudes térmicas resultantes, sendo considerada, portanto, não satisfatória. A Situação 01 sofreu modificação apenas na geometria da cobertura, que foi representada pelo valor da resistência térmica da câmara de ar como uma das camadas presentes no elemento de construção. Esta modificação causou uma redução considerável em 4 das 5 variáveis analisadas, assim como um aumento no valor da Amplitude Térmica, deixando-a mais próxima da amplitude térmica da medição realizada nos ambientes. Por conta disso, a modificação da representação da geometria da cobertura foi mantida para as demais situações.

Na Situação 02, os dados térmicos dos materiais da envoltória, no caso o tijolo cerâmico e a argamassa de revestimento (reboco) foram considerados com uma redução de 15% na condutividade térmica e na densidade. Isto resultou no aumento do valor referente ao Dm, ao NMBE e à amplitude térmica, enquanto que as demais variáveis tiveram uma pequena redução. Pelo fato de a alteração 02 propiciar o aumento do desvio médio, uma das variáveis estatísticas principais neste estudo, na Situação 03 optou-se por aumentar em 15% os valores da condutividade térmica e da densidade do tijolo e da argamassa. A partir desta modificação nos dados de entrada, o Dm alcançou os valores mais baixos dentre as 4 situações analisadas, já o EQ apresentou para o Dormitório A valor igual ao Dormitório A

da Situação 01 e valor 0,01 maior em relação aos valores das Situações 01 e 02 para o EQ resultante da comparação para o Dormitório A.

Dentre as quatro situações avaliadas, foram consideradas satisfatórias as de números 01 e 03, pois apresentaram os menores valores de desvio médio e erro quadrático, que se traduz numa maior representação do modelo computacional em relação à situação real observada no monitoramento. Quanto à verificação dos parâmetros recomendados pela ASHRAE (2002), CV(RMSE) e NMBE, todos os casos considerados já admitem o modelo como calibrado, visto que se encontram dentro dos limites de 30% e de 10%, respectivamente.

Os resultados demonstram que a geometria da cobertura é bastante relevante, apontando a necessidade de um estudo prévio de representação deste elemento no modelo computacional, a fim de testar a viabilidade de inseri-la, ou não, como uma zona térmica. Reforça também, assim como em outros estudos realizados, a viabilidade de uma análise prévia para os valores das características térmicas dos materiais inseridos no modelo computacional, pois – como consta na própria norma –, tratam-se de valores apenas indicativos (ABNT, 2005). Ademais, de acordo com Santana (2006) e Pereira e Ghisi (2015), estas variações são adequadas porque existe uma linearidade entre a influência da transmitância térmica dos materiais sobre o desempenho térmico.

As Figuras 10 e 11 apresentam o comportamento das variações de temperatura de bulbo seco obtidas na medição e das obtidas nas simulações das Situações 01 e 03 referentes ao dia 7 de dezembro de 2017, num período de 24 horas, para os dois ambientes. A calibração do modelo se mostrou satisfatório para os Dormitórios A e B, tendo em vista que o comportamento entre as temperaturas na medição e na simulação foram similares, assim como os valores do Dm e do EQ, já mencionados anteriormente.

É válido comentar que a diminuição de temperatura entre os horários de 14h-15h na linha que representa a medição nos gráficos podem ser interpretados como o horário de chuva, recorrente na cidade de Belém-PA (MORAES e FILHO, 2018). Nas duas situações expostas, é notória a elevação da temperatura de forma mais acentuada no Dormitório B. Entende-se que isso se deve ao fato de este ambiente possuir o menor volume e uma abertura para oeste, o que resulta no ganho de calor mais acelerado em comparação ao Dormitório A.

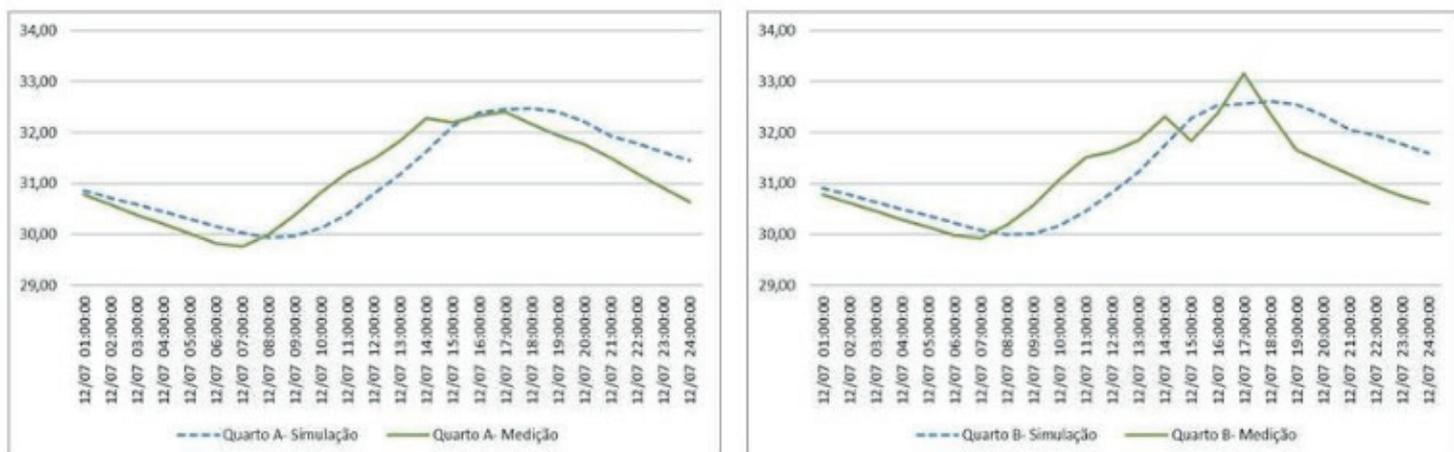


Figura 10 – Variação das temperaturas de medição e simulação, Situação 01, Dormitório A e B

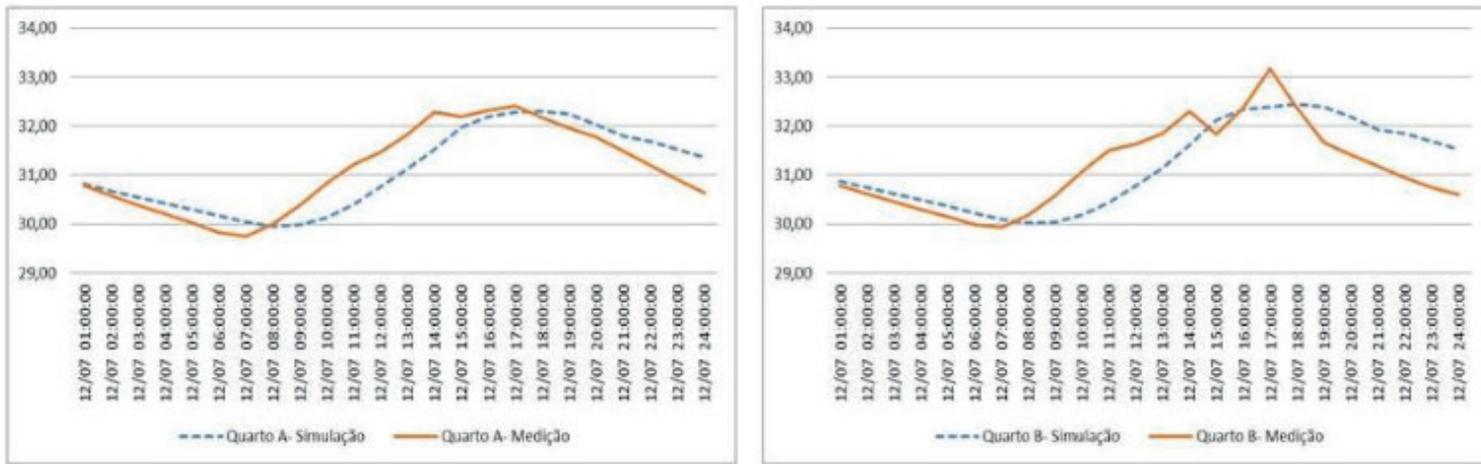


Figura 11 – Variação das temperaturas de medição e simulação, Situação 03, Dormitório A e B

5 | CONCLUSÕES

O processo de calibração mostrou-se satisfatório, visto que proporcionou a visualização do comportamento das temperaturas entre dois cenários: medição e simulação. Para o caso analisado neste estudo, a representação da geometria da cobertura apresentou grande relevância. Assim, pode-se dizer que nem sempre o volume de ar presente na cobertura de uma edificação poderá ser modelado como uma zona térmica, pois isso pode resultar no distanciamento da representação entre o modelo simulado e o modelo real.

Além disso, a inserção de parâmetros recentes no arquivo climático também se mostrou importante no processo de calibração, auxiliando na caracterização mais próxima entre as condições climáticas da edificação em situação de medição e de simulação.

Quanto às limitações, cabe destacar que, pelo fato da edificação se encontrar desocupada, não foi necessária a inserção de dados que se mostram relevantes em outros estudos, como o uso de equipamentos elétricos e a rotina de ocupação. Ademais, o fato de as medições terem ocorrido no 4º pavimento, tornou inviável uma análise mais aprofundada sobre os dados de entrada referente à temperatura do solo, somando-se à limitação do *software* que não admite valores maiores que 25° para esta temperatura. Assim, entende-se que tais limitações simplificaram o processo de calibração.

Por fim, constatou-se que a partir da observação e do estudo dos dados de entrada, tem-se a possibilidade de elaborar modelos computacionais que apresentem um desempenho térmico próximo ao de uma edificação real. Dessa forma, ressalta-se a importância da calibração como uma ferramenta de correção de erros e redução de incertezas durante a configuração de um modelo computacional. Ademais, pode-se dizer que a simulação computacional apresenta o potencial de contribuir tanto para o estudo prévio do repertório que pode ser aplicado em novos projetos, quanto para *retrofit*, possibilitando assim análises de viabilidade térmica e econômica para escolhas projetuais na construção civil.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BUORO, Anarrita Bueno. **Conforto térmico e eficiência energética em hotéis econômicos**. 2008. 240 fl. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). FAU, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- CASTAÑO, Héctor Fabian. **Impactos de dispositivos de sombreamento externos e muro na ventilação natural e no desempenho térmico de uma habitação de interesse social térrea**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Instituto de Arquitetura e Urbanismo. São Carlos, 2017.
- ENERGYPLUS. EnergyPlus Engineering Reference. The Reference to EnergyPlus Calculations. EnergyPlus, set., 2016.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017** / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018.
- 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, I.B.B; TIBIRIÇA, A.C.G. **Calibração de simulação térmica de uma unidade habitacional em edifício multifamiliar**. ENCAC 2013. Anais. Brasília 2013.
- GOMES, Adriano Pinto. **Método de avaliação do desempenho térmico de edifícios comerciais e residenciais em Light Steel Framing**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Ouro Preto, novembro de 2012.
- GU, Lixing. **Airflow Network Modeling in EnergyPlus**. 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition, 2007, Beijing, China. p. 964-971.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.
- KUBO, Karina Gonzaga. **A influência das variáveis do design day consideradas na simulação com o energyplus e desconsideradas pela NBR15575/2013 nos resultados de desempenho térmico de edificações**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2017.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; CUNHA NETO; José A. Bellini da. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.5, n.4, p.47-68, out./dez. 2005.
- MORAES, Dayse; FILHO, Manoel. **Contribuição das chuvas do período da tarde em belém e possíveis**

relações com a normal climatológica. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 14 – Vol. 23 – Jul/Dez 2018.

MORAIS, Luciano Cardoso de. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e Tendências futuras.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Bauru, 2015.

NASCIMENTO, Cicerino Cabral do. **Clima e morfologia urbana em Belém.** 1993.157fl. Dissertação (Mestrado em Desenho Urbano) - Curso de Pós-Graduação, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 1993.

NOTA TÉCNICA EPE 030. **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética.** Nº EPE-DEA-NT-030/2018-r0, 13 de Dezembro de 2018.

ONSET COMPUTER CORPORATION. **Manual HOBO Datalogger RH-Temp.** ONSET, [S.l.], 1999.

SANTANA, M. V. **Influência de parâmetros construtivos no consume de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis.** Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acervo 10, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 138

Amazônia 19, 20, 21, 30, 31, 155

Ambiente 16, 17, 18, 20, 21, 22, 29, 38, 43, 53, 55, 56, 60, 64, 66, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 82, 85, 86, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 117, 136, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 154, 155, 156, 159, 161, 162, 166, 178, 183, 184

Apartamento 35, 38, 39, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 95

APO 2

Autonomia 73, 74, 75, 77, 78, 80, 82, 83, 151

Avaliação 2, 3, 6, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 24, 45, 76, 77, 82, 84, 94, 104, 115, 118, 149, 150, 165

B

Bairro Pedra 90 2

Bioclimática 32, 75, 102, 104, 114, 166

C

Calibração 9, 32, 34, 36, 39, 40, 42, 43, 44, 45

Cidades sustentáveis 146, 147, 148, 152, 153, 184, 185

Concepção Arquitetônica 20, 74, 121

Configuração Espacial 50, 52, 54

Conforto 8, 7, 21, 33, 36, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 105, 107, 114, 115, 116, 157, 159, 162, 163, 164, 166

Construção 2, 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 16, 22, 26, 27, 30, 37, 42, 44, 49, 74, 77, 86, 99, 102, 108, 110, 117, 118, 119, 123, 125, 126, 127, 129, 131, 139, 142, 147, 150, 151, 178

Construído 8, 4, 6, 11, 17, 19, 20, 30, 45, 72, 77, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 117, 118, 119, 124, 166, 167

D

Desempenho Térmico 32, 37, 38, 43, 44, 45, 177

dia 5, 43, 62, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 89, 90, 91, 95, 96, 101, 128, 147, 152, 154, 156, 159, 161, 164, 183

Dia 76, 79, 82, 94, 95

Diretrizes 17, 71, 75, 83, 120, 146, 148, 149, 150

E

Eco-Modelos 146, 147, 148, 149, 150, 152

Ecomoradia 1, 2, 3, 4, 6, 13, 16, 17, 18

edificação 11, 13, 29, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 44, 62, 73, 74, 86, 88, 89, 90, 96, 97, 102, 108, 110, 117, 127, 129, 167, 168, 169, 177, 178

Edifício 33, 35, 38, 45, 47, 48, 50, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 74, 75, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 113, 116, 118, 126, 127, 139, 167, 168, 175, 177, 178, 179

Eficiência 12, 15, 33, 45, 46, 73, 83, 86, 88, 90, 95, 97, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117,

151, 152

Emílio Baumgart 121, 122, 123, 124, 127, 131

Energética 33, 45, 46, 73, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 95, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 112, 116, 117, 150, 151, 152

Energética 37, 45, 89, 99, 114, 116, 166

Energyplus 37, 45

Espaços 8, 2, 31, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 71, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 143, 145, 156, 157, 159, 164, 165, 167, 168, 171, 176, 177, 178, 180

Estratégia 19, 60, 62, 104, 105, 114, 116, 118, 153, 166, 167, 175, 177

Estrutura 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 21, 35, 48, 87, 89, 104, 111, 121, 122, 126, 127, 128, 134, 139, 157, 172, 176

F

Fator de Luz 73, 75, 76, 77, 79, 83

Forqueta 132, 133, 134, 135, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 145

H

Habitação 8, 1, 3, 17, 19, 20, 21, 24, 29, 30, 31, 45, 48, 51, 59, 86, 88, 95, 97, 126

Habitação social 19, 20, 21, 24, 30, 48

I

Iluminância 73, 75, 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83

L

Lar 16, 19, 20, 21, 24, 25, 28, 29, 30

Lazer 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 135, 138, 155, 156, 178

Luz 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 112, 176

M

Madeira 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 25, 29, 35, 76, 150, 151, 163, 164

Mezanino 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Mobilidade 132, 134, 142, 143, 144, 152

Multifamiliar 9, 32, 34, 45, 60, 126

N

Natural 12, 38, 45, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 101, 102, 104, 105, 108, 114, 115, 116, 159, 167, 176, 182, 184

P

Pavimento 35, 36, 44, 60, 62, 64, 66, 68, 69, 71, 124, 126, 127, 128

Plantas 17, 24, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 63, 65, 68, 77, 121, 156, 170, 173, 175, 176, 179

Projeto Arquitetônico 20, 30, 33, 36, 101

R

Requalificação 132, 135, 137, 143

S

Sala de Aula 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Sistemas 6, 12, 17, 33, 34, 53, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 104, 106, 107, 108, 128, 148, 153, 166, 167, 168, 169, 173, 175, 176, 177, 178, 179

Sustentabilidade 8, 33, 101, 102, 132, 137, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 167, 180, 181

T

Térmico 32, 33, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 74, 83, 86, 101, 104, 108, 114, 115, 177

U

Urban21 132, 133

urbanismo verde 146, 148

 **Atena**
Editora

2 0 2 0