

Bianca Camargo Martins
(Organizadora)

O Essencial da Arquitetura e Urbanismo 3



Atena
Editora

Ano 2019

Bianca Camargo Martins

(Organizadora)

O Essencial da Arquitetura e Urbanismo 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E78 O essencial da arquitetura e urbanismo 3 [recurso eletrônico] /
Organizadora Bianca Camargo Martins. – Ponta Grossa (SP):
Atena Editora, 2019. – (O Essencial da Arquitetura e Urbanismo;
v. 3)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-2654
DOI 10.22533/at.ed.654191704

1. Arquitetura. 2. Planejamento urbano. 3. Urbanismo. I. Martins,
Bianca Camargo. II. Série.

CDD 720

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Nos dias de hoje, é muito discutido o papel social da Arquitetura e do Urbanismo. Por muitos anos, o papel social foi interpretado apenas como a arquitetura específica para as camadas populacionais de menor renda, sem acesso ao mercado formal de moradias – e de arquitetura. Porém, com a crise urbana em que vivemos atualmente, onde grandes parcelas da população não tem acesso às “benesses” do espaço urbano, essa discussão voltou à tona.

Muito mais do que levar a arquitetura para os mais necessitados, devemos reinventar nossa prática profissional para sermos os agentes transformadores da sociedade atual e enfrentarmos os desafios, sociais, políticos e econômicos que estamos vivenciando diariamente em nossas cidades.

Esta edição de “O Essencial de Arquitetura e Urbanismo 2” apresenta experiências das mais diversas áreas da arquitetura e urbanismo, como: arquitetura, ensino, conforto ambiental, paisagismo, preservação do patrimônio cultural, planejamento urbano e tecnologia. Assim, busca trazer ao leitor novos conceitos e novas reflexões para a prática da arquitetura e do urbanismo.

Neste contexto, é abordada desde as metodologias pedagógicas ativas a serem utilizadas no ambiente escolar até a compatibilização de projetos com o uso da Metodologia BIM (Building Information Modeling). A acessibilidade é abordada a partir de diversas perspectivas: desde um edifício isolado até a acessibilidade de uma cidade, evidenciando a importância da discussão nos dias de hoje. Cabe destacar também os estudos de análise de edificações culturais e de cenografia de exposições e performances. A relação da cidade com o seu patrimônio cultural é tratada em diversos capítulos, desde a gestão patrimonial até a utilização de cemitérios como espaços de memória – uma iniciativa prática que demonstra que a arquitetura, assim como a cultura, está em todos os lugares. Dou ênfase também à importância dada ao patrimônio imaterial, tema de extrema relevância e que é, muitas vezes, desvalorizado pelo poder público.

A discussão sobre a dinâmica dos espaços urbanos é extensa e deveras frutífera. Nesta edição, os capítulos focam na importância da arborização urbana para o bem estar da população, na participação popular nas discussões sobre a cidade, na problemática da existência de vazios urbanos em áreas urbanas consolidadas, nas estratégias de *city marketing*, na cidade global e demais temas que comprovam a multiplicidade de questões e formas de análise que envolvem a discussão sobre a vida urbana.

Por fim, são apresentados estudos sobre novas tecnologias e materiais voltados ao desenvolvimento sustentável, especialmente no tocante à gestão de resíduos da construção civil e à mitigação de riscos e desastres.

Convido você a aperfeiçoar seus conhecimentos e refletir com os temas aqui abordados. Boa leitura!

Bianca Camargo Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PRESERVAÇÃO E RUÍNA UMA BREVE LEITURA DOS PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO URBANA A PARTIR DO SKYLINE DA CIDADE DE SALVADOR	
Ana Licks Almeida Ariadne Moraes Silva Márcia Maria Couto Mello	
DOI 10.22533/at.ed.6541917041	
CAPÍTULO 2	18
ESTUDO METODOLÓGICO DE REABILITAÇÃO URBANA: A DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS PARA CIDADE DE JOINVILLE-SC	
Maria Luiza Daniel Bonett Raquel Weiss	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042	
CAPÍTULO 3	39
QUARTA NATUREZA : UMA NOVA PAUTA NO PROJETO DE ARQUITETURA E URBANISMO	
Simone Back Prochnow Silvio Belmonte de Abreu Filho	
DOI 10.22533/at.ed.6541917043	
CAPÍTULO 4	54
ANÁLISE COMPARATIVA SEGUNDO AS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE ENTRE A OCUPAÇÃO DAS CHÁCARAS SANTA LUZIA E A PROPOSTA PARA HABITAÇÃO SOCIAL DO GOVERNO DE BRASÍLIA	
Julia Cristina Bueno Miranda Liza Maria Souza de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.6541917044	
CAPÍTULO 5	73
CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS ABERTOS: O ESTADO DA ARTE DO <i>UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX - UTCI</i> NO BRASIL	
Thiago José Vieira Silva Simone Queiroz da Silveira Hirashima	
DOI 10.22533/at.ed.6541917045	
CAPÍTULO 6	83
PERCEPÇÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE CALÇADO- PE, ATRAVÉS DE REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE 1988 AOS DIAS ATUAIS	
Raí Vinícius Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6541917046	
CAPÍTULO 7	95
PARQUE MACAMBIRA-ANICUNS: A CIDADE NO URBANO?	
Wilton de Araujo Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.6541917047	

CAPÍTULO 8	101
VAZIOS URBANOS NA CIDADE: A PRAÇA LEVI COELHO DA ROCHA	
Renata Bacelar Teixeira	
Sidney Diniz Silva	
Renata Silva Cirino	
DOI 10.22533/at.ed.6541917048	
CAPÍTULO 9	117
ESPAÇOS LIVRES NO TÉRREO DE UM CORREDOR URBANO	
Adilson Costa Macedo	
Jessica Lorellay Cuscan Guidoti	
DOI 10.22533/at.ed.6541917049	
CAPÍTULO 10	137
OCUPANDO O CAMPUS: INTERDISCIPLINARIDADE E PRÁTICAS EDUCATIVAS NO ESPAÇO DA CIDADE	
Renata Bacelar Teixeira	
Ednei Soares	
Talita Queiroga	
DOI 10.22533/at.ed.65419170410	
CAPÍTULO 11	153
INSURGÊNCIAS URBANAS E FEMININAS COMO PRÁTICAS CORRELATAS PARA RESISTÊNCIA TERRITORIAL	
Carolina Guida Cardoso do Carmo	
DOI 10.22533/at.ed.65419170411	
CAPÍTULO 12	168
PARTICIPAÇÃO E ESPAÇO PÚBLICO: O PROCESSO DE DIÁLOGO SOBRE O “BERLINER MITTE” EM BERLIM	
César Henriques Matos e Silva	
DOI 10.22533/at.ed.65419170412	
CAPÍTULO 13	184
REGULAMENTAÇÃO DAS ZEIS EM FORTALEZA: ASSESSORIA TÉCNICA E MOBILIZAÇÃO POPULAR	
Gabriela de Azevedo Marques	
Marcela Monteiro dos Santos	
Thais Oliveira Ponte	
DOI 10.22533/at.ed.65419170413	
CAPÍTULO 14	200
ANÁLISE DAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ/SP APÓS A EXTINÇÃO DO BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO (BNH)	
Janayna Priscilla Vieira Guimarães	
Pedro Renan Debiazi	
DOI 10.22533/at.ed.65419170414	

CAPÍTULO 15	208
ACESSIBILIDADE PARA IDOSOS EM ÁREA LIVRE PÚBLICA DE LAZER	
Herena Marina Schüler	
Jessie Tuani Caetano Cardoso	
Isabela Fernandes Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.65419170415	
CAPÍTULO 16	221
A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS DA ACESSIBILIDADE NOS PLANOS URBANOS E DE MOBILIDADE	
Juan Pedro Moreno Delgado	
Jamile de Brito Lima	
Liniker de Jesus Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.65419170416	
CAPÍTULO 17	234
INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE: ANÁLISE DE TRÊS ESPAÇOS LIVRES DE CIRCULAÇÃO EM SANTA MARIA – RS	
Zamara Ritter Balestrin,	
Alice Rodrigues Lautert	
Luis Guilherme Aita Pippi	
DOI 10.22533/at.ed.65419170417	
CAPÍTULO 18	252
GERENCIAMENTO DE PROJETOS COMO INSTRUMENTO NA CONSTRUÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA	
Samira Alves dos Santos	
Emmanuel Paiva de Andrade	
Carina Zamberlan Flores	
DOI 10.22533/at.ed.65419170418	
CAPÍTULO 19	268
A “CIDADE GLOBAL” E A PRODUÇÃO IMOBILIÁRIA: ANÁLISE DA ATUAÇÃO DO MERCADO IMOBILIÁRIO RESIDENCIAL NO QUADRANTE SUDOESTE DE SÃO PAULO DE 2008 A 2017	
Isabela Baracat de Almeida	
Roberto Righi	
DOI 10.22533/at.ed.65419170419	
CAPÍTULO 20	281
A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA COMO ESTRATÉGIA DE CITY MARKETING	
Tarciso Binoti Simas	
Sônia Le Cocq d’Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.65419170420	
CAPÍTULO 21	297
A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E O DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES: O POTENCIAL DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NO GERENCIAMENTO DAS CIDADES CONTEMPORÂNEAS	
Roberta Betania Ferreira Squaiella	
Roberto Righi	
Maria Victoria Marchelli	
DOI 10.22533/at.ed.65419170421	

CAPÍTULO 22	312
NOVOS CONCEITOS X ANTIGOS PROBLEMAS: AS CIDADES INTELIGENTES E A INFORMALIDADE URBANA	
Giselle Carvalho Leal Rafael Soares Simão Adriana Marques Rossetto	
DOI 10.22533/at.ed.65419170422	
CAPÍTULO 23	327
PODERES PÚBLICOS MUNICIPAIS E AEROPORTOS NO ÂMBITO DO PLANEJAMENTO URBANO BRASILEIRO: UM PANORAMA PARCIAL, DE 2006 A 2017	
Paulo Sergio Ramos Pinto Marcos Thadeu Queiroz Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.65419170423	
CAPÍTULO 24	350
URBANISMO RURAL, UMA UTOPIA NÃO REALIZADA	
Giselle Fernandes de Pinho Evandro Ziggianti Monteiro Silvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina	
DOI 10.22533/at.ed.65419170424	
CAPÍTULO 25	366
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM METODOLOGIA BIM EM PERSPECTIVA: ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO EM UM EDIFÍCIO REAL	
Eveline Nunes Possignolo Costa Geraldo Donizetti de Paula	
DOI 10.22533/at.ed.65419170425	
CAPÍTULO 26	374
COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO DE INSTALAÇÕES: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL (2D) E A FERRAMENTA BIM	
Figueiredo, L. L. H., Mariano, L. N. Neto, L. S. C. Resende, L. G. S.	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042126	
CAPÍTULO 27	382
ANÁLISE DAS EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONFORME NBR 7229 E NBR 13969	
Mario Tachini Abrahão Bernardo Rohden Renan Guimarães Pires Spernau	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042127	

CAPÍTULO 28	391
DESENVOLVIMENTO DE PLANILHA ELETRÔNICA PARA CÁLCULO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO POR VIA AÉREA CONSIDERANDO A ENERGIA LATERAL	
Rafaela Benan Zara Paulo Fernando Soares	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042128	
CAPÍTULO 29	405
VALORES DE REFERÊNCIA PARA AS CLASSES DE RUÍDO PREVISTAS NA NORMA NBR 15575	
Brito, A. C. Sales, E. M. Aquilino, M. M. Akutsu, M.	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042129	
CAPÍTULO 30	411
OCORRÊNCIA DE BOLORES EM EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE CASO EM HABITAÇÕES CONSTRUÍDAS COM PAREDES DE CONCRETO	
Thiago Martin Afonso Adriana Camargo de Brito Maria Akutsu	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042130	
CAPÍTULO 31	426
DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DE PAREDES DE FACHADA POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ESTUDOS DE CASO	
Alexandre Cordeiro dos Santos Luciana Alves de Oliveira Osmar Hamilton Becere Júlio Cesar Sabatini de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042131	
CAPÍTULO 32	437
ADIÇÃO DE EVA E VERMICULITA EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO: ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO	
Francisco Ygor Moreira Menezes Sara Jamille Marques de Souza Felipe Fernandes Gonçalves Dielho Mariano Dantas de Moura Cicero Joelson Vieira Silva Robson Arruda dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042132	
CAPÍTULO 33	448
ANÁLISE DOS REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN GREEN CONSTRUCTION EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES DE PEQUENO PORTE	
Dayana Silva Moreira Gontijo Jhonvaldo de Carvalho Santana Andreia Alves do Prado	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042133	

CAPÍTULO 34	462
ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO LEAN CONSTRUCTION EM CANTEIROS DE OBRAS RODOVIÁRIAS: ESTUDO DE CAMPO EM TRECHO DA BR 158	
Taíme da Cruz Oroski José Ilo Pereira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042134	
CAPÍTULO 35	469
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PERDAS E DANOS (D _A LA) NO BAIRRO VILA AMÉRICA NO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ	
Tazio Guilherme Leme Cavalheiro Viadana Fernando Rocha Nogueira Alex Kenya Abiko	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042135	
CAPÍTULO 36	479
APLICAÇÃO DE CONCRETO PERMEÁVEL PARA A MITIGAÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES	
Loyane Luma Sousa Xavier Rafaela Cristina Amaral Abrahão Bernardo Rohden Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042136	
CAPÍTULO 37	494
ANÁLISE DA VIABILIDADE NA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA CALÇADISTA DE FRANCA/SP NA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO	
Fabiana Andresa da Silva Victor José dos Santos Baldan Javier Mazariegos Pablos	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042137	
CAPÍTULO 38	508
ANÁLISE DOS ÍNDICES FÍSICOS DA CINZA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E DA AREIA NATURAL	
Luana Cechin Marcio Leandro Consul de Oliveira Mariane Arruda Martins Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.6541917042138	
SOBRE A ORGANIZADORA	516

DESEMPENHO HIGROTÉRMICO DE PAREDES DE FACHADA POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ESTUDOS DE CASO

Alexandre Cordeiro dos Santos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Laboratório de Materiais de Construção Civil, São Paulo – SP.

Luciana Alves de Oliveira

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos, São Paulo – SP.

Osmar Hamilton Becere

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Laboratório de Materiais de Construção Civil, São Paulo – SP.

Júlio Cesar Sabatini de Souza

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos, São Paulo – SP.

RESUMO: A presença de umidade nas edificações, acima de certos limites e combinada a determinados intervalos de temperatura, pode favorecer o desenvolvimento de fungos emboloradores no interior das edificações, comprometer a saúde dos usuários e a durabilidade do edifício e do mobiliário. As normas técnicas brasileiras atuais ainda são insuficientes para lidar com essa questão e uma das alternativas é a simulação computacional, que, embora possua algumas limitações, pode ser útil nesse diagnóstico. O objetivo deste trabalho é mostrar os resultados da avaliação

higrotérmica (temperatura e umidade) de duas fachadas de dois prédios diferentes, que fazem parte dos estudos de caso deste trabalho. Esta avaliação foi feita através de simulação computacional com o software WUFI-Pro. As seguintes atividades foram realizadas: revisão bibliográfica, ensaios laboratoriais para determinação das características higrotérmicas dos materiais de construção utilizados nas fachadas dos estudos de caso e coleta de temperatura e umidade nos apartamentos (habitação) dos estudos de caso. O uso de uma simulação computacional para avaliar a transferência de umidade através de uma parede é viável. Os dados obtidos mostram que a porcentagem de ocorrência de umidade nos estudos de caso é consistente com os resultados obtidos na simulação.

PALAVRAS-CHAVE: Umidade; Fachada; Avaliação higrotérmica.

ABSTRACT: The presence of humidity in buildings, above certain limits and combined with certain temperature ranges, can favor the development of mould growth inside in buildings and compromise the health of users and the durability of building and furniture. Current Brazilian technical standards are still insufficient to deal with this issue and one of the alternatives is computational simulation, which, although it has some limitations, may be useful

in this diagnosis. The aim of this manuscript is to show the results of the hygrothermal assessment (temperature and moisture content) of the two facades section of two different buildings, which is part of the case studies. This assessment was done through computer simulation with WUFI-Pro software. The follow activities were done: Bibliographical review, laboratory tests for collecting the hygrothermal characteristics of the building materials used in the facades of the case studies and collected of the temperature and moisture in the apartments (housing) of the case studies. The use of a computer simulation to evaluate the moisture transfer through a wall is feasible. The data obtained show that the percentage of moisture occurrence in the case studies is consistent with the results obtained in the simulation.

KEYWORDS: Moisture. Facade. Hygrothermal assessment.

1 | INTRODUÇÃO

A presença de umidade na face interna dos elementos que compõe as envoltórias das edificações pode tornar os ambientes insalubres e comprometer a saúde dos usuários e a durabilidade das edificações e do mobiliário. Parte dessas manifestações patológicas poderia ser evitada, uma vez que estão relacionadas à concepção do projeto. Entretanto, as normas técnicas brasileiras em vigor ainda são insuficientes para suprir essa demanda. Frente a isso as simulações computacionais com sistemas avançados de modelagem, embora possuam algumas limitações, são cada vez mais uma alternativa para a análise do comportamento das envoltórias quanto à possível presença de umidade. Entende-se que é um tema de grande relevância, pois assim como ocorreu em países desenvolvidos, como exemplo a Alemanha (KUNZEL, 1994), pesquisadores brasileiros (MENDES, 1997; SATO, 1998; MENDES et al., 2003) tem desenvolvido estudos relacionados à umidade em elementos porosos de edificações e no desenvolvimento de software de simulação higrotérmica desde a década de 90.

Nesse contexto a simulação higrotérmica computacional permite reproduzir o processo de transferência de calor e de transporte de umidade através da seção de uma parede, considerando um sistema construtivo real, o que permite analisar se existe potencial de surgimento de eventuais patologias devido à umidade nas edificações, como exemplo os fungos. TRECHSEL (2009) e ANSI/ASHRAE 160 (2006) apresentam os principais conceitos relacionados à umidade e a seu transporte, ou seja, transporte de água no estado líquido ou de vapor, adotados neste trabalho.

Assim, o objetivo deste artigo é mostrar os resultados da análise do comportamento higrotérmico unidirecional (temperatura e teor de umidade) da seção de duas paredes de fachada de duas edificações diferentes, ambas objeto de estudos de caso. Tal análise foi feita por meio de simulação computacional com o software WUFI Pro. Os principais dados de entrada requisitados para a simulação são: temperatura interna e externa, umidade relativa interna e externa, velocidade do vento e características higrotérmicas dos materiais da fachada. A umidade e temperatura internas foram

coletadas num ambiente real (estudo de caso), as temperaturas e umidade relativa externa, bem como velocidade do vento, foram coletadas de um arquivo climático, considerando o local de implantação das fachadas dos estudos de caso. Para obtenção das características higrotérmicas dos materiais foram feitos ensaios.

2 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- revisão bibliográfica,
- realização de ensaios laboratoriais para verificação das características higrotérmicas de materiais de construção,
- dois estudos de casos,
- simulação computacional.

Quanto aos ensaios laboratoriais, a tabela 1 mostra os tipos de ensaios e respectivos métodos adotados. Foram realizados ensaios em componentes construtivos similares aos utilizados nas fachadas estudadas, visando possibilitar a criação de banco de dados de entrada para a simulação computacional.

Quanto aos estudos de caso, foram monitoradas a temperatura e umidade relativa da superfície das paredes de dois apartamentos, um construído com o sistema de parede de concreto e outro de alvenaria estrutural de blocos de concreto. Resumindo-se, as principais atividades para compor o estudo de caso foram:

- Análise dos projetos de implantação e arquitetura dos edifícios e dos apartamentos monitorados. Os seguintes aspectos foram analisados: orientação dos apartamentos com relação ao Norte, entorno, ventilação, dimensões dos caixilhos, área de ventilação, pé-direito, possibilidade de renovação de ar pela existência de ventilação cruzada, etc.;
- Instalação de dispositivos para monitoramento remoto das condições de temperatura e umidade nos dois apartamentos objeto dos estudos de caso. Foram posicionados sensores ao menos em uma parede de cada ambiente;
- Coleta de dados do microclima interno das edificações em estudo com os sensores, basicamente, temperatura, umidade relativa e temperatura potencial de condensação.

Quanto à simulação, foram inseridas no software as características dos materiais das paredes para permitir a análise do comportamento higrotérmico a partir de dados reais de temperatura e umidade relativa, considerando um período de três anos de simulação. Também foi feita uma comparação entre os dados coletados (temperatura e umidade) em campo com os existentes na base de dados do WUFI. Para os dados

de temperatura e umidade externa foi utilizado o arquivo climático *TMY* da base EPW-ANTAC (RORIZ, 2012).

3 | CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS E COMPONENTES DAS ENVOLTÓRIAS

Apesar da base de dados do WUFI PRO 5.3 disponibilizar uma grande quantidade de dados de materiais de construção, não contempla todos os materiais usuais na construção civil brasileira. Dessa forma, as características dos materiais não contemplados nessa base de dados, para fins de utilização como dados de entrada do software, foi obtida da caracterização física de materiais similares aos que compõem as fachadas dos edifícios estudados (Tabela 1), a saber: blocos de concreto, paredes de concreto, argamassa de revestimento, tinta látex PVA, textura acrílica e gesso de revestimento. Os ensaios de caracterização realizados foram:

- densidade de massa aparente no estado endurecido - ρ (kg/m^3);
- Porosidade aberta - ε (m^3/m^3);
- Fator de resistência à difusão do vapor de água - μ (-);
- Coeficiente de absorção de água líquida W - $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}})$.

Por sua vez, as propriedades relativas a calor específico – c - $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ e Condutividade térmica – λ - $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ foram obtidas da literatura disponível, a saber: NBR 15220-2: 2005, ISO 10456: 2005 e NIT 2: 2000.

A Tabela 1 mostra os resultados da caracterização dos materiais e componentes.

Métodos de ensaios		NBR 13280: 2005	ASTM D4404: 2010	NBR 15220- 2: 2005	NBR 15220- 2: 2005	EN ISO 12572: 2001	EN ISO 15148: 2002
Material	Espessura (m)	Características					
		ρ (kg/m^3)	ε (m^3/m^3)	c ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)	λ (W/mK)	μ (-)	W ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}})$)
Pintura látex PVA (interior)	0,00009	1100	0,25 (*)	2835 (*)	0,6 (*)	345 (*)	0,017
Revestimento de gesso (interior)	0,005	1200 (*)	0,41	840 (*)	0,53 (*)	10	0,29
Bloco de concreto (14x19x39) cm	0,14	2007	0,17	1000 (*)	1,75 (*)	14	0,013

Parede de concreto	0,15	2200 (*)	0,22 (*)	1000 (*)	1,75 (*)	76 (*)	0,013 (*)
Emboço industrializado (interior/ exterior)	0,015	1800	0,39	1000 (*)	1,15 (*)	10	0,02
Textura acrílica (exterior)	0,003	1288	0,35 (*)	2557 (*)	0,74 (*)	548	0,0017

(*) Valor obtido de normas, publicações e/ou catálogos de fabricantes.

Tabela 1 – Características dos materiais e componentes

Fonte: Os autores

4 | ESTUDO DE CASO - OBTENÇÃO DE DADOS DE MICROCLIMA

As principais características dos dois edifícios e dos apartamentos objeto dos estudos de caso, bem como a localização dos sensores instalados são descritas no Quadro 1. Esses dados foram utilizados para a simulação.

Estudo de caso 1 (S1)	Estudo de caso 2 (S2)
<p>Sistema construtivo: Paredes de concreto com textura acrílica nas fachadas. No interior, pintura látex aplicada sobre gesso (Figura 5). Quantidade de torres: 06 (Figura 1). Pavimentos : 10 Unidades por pavimento: 6 Total de Unidades: 360 Andar monitorado: 4º andar – Torre 5 – Orientação: Noroeste (Figura 3) Total de ocupantes do apartamento: 03 (2 adultos e uma criança) Data de instalação dos sensores: 23.02.2017 Quantidade de sensores instalados: 6 Período de coleta de dados na posição 1: 01.03.2017 a 05.05.2017 Posição dos sensores: Figura 3.</p>	<p>Sistema construtivo: Paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto com emboço e textura acrílica nas fachadas. No interior, pintura látex interna aplicada sobre emboço (Figura 6). Quantidade de torres: 30 (Figura 2). Pavimentos : 6 Unidades por pavimento: 6 Andar monitorado: 4º andar (último pavimento) – Torre 28 – Orientação: e Oeste (Figura 4) Total de ocupantes do apartamento: 02 adultos Data de instalação dos sensores: 22.02.2017 Quantidade de sensores instalados: 6 Período de coleta de dados na posição 1: 01.03.2017 a 04.05.2017 Posição dos sensores: Figura 4.</p>
	

Figura 1 – Implantação do edifício do Estudo de caso 1¹.

Fonte: Os autores.

Figura 2 – Implantação do edifício do Estudo de caso 2².

Fonte: Os autores.



Figura 3 – Instalação dos sensores no apartamento do estudo de caso 1.

Fonte: Os autores.

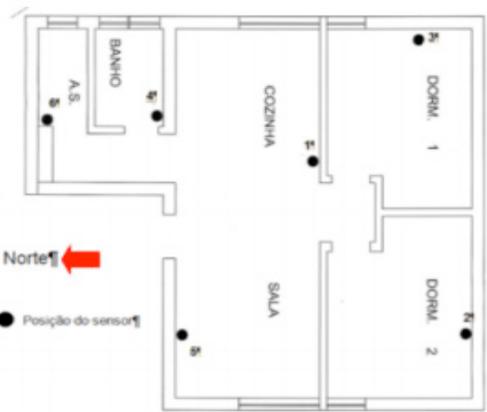


Figura 4 – Instalação dos sensores no apartamento do estudo de caso 2.

Fonte: Os autores.

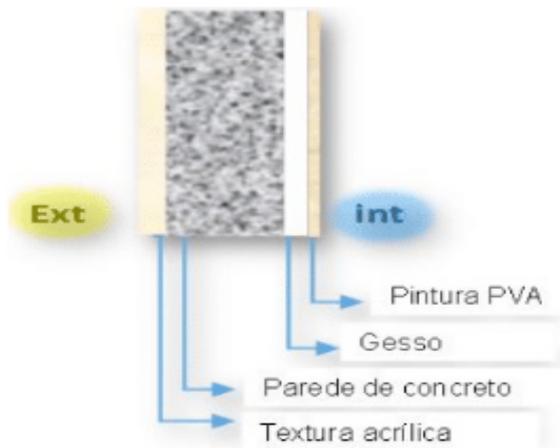


Figura 5 – Sistema construtivo do apartamento do estudo de caso 1.

Fonte: Os autores.

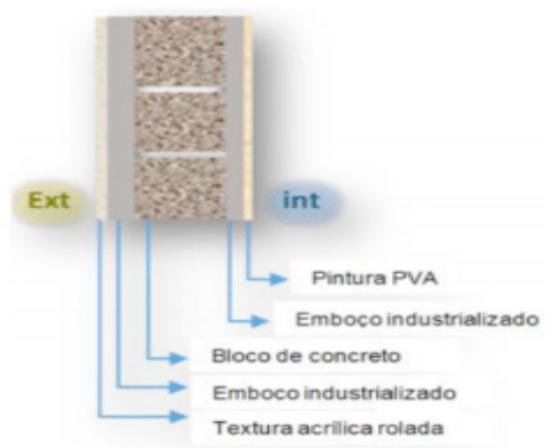


Figura 6 – Sistema construtivo do apartamento do estudo de caso 2.

Fonte: Os autores.

Quadro 1 – Informações dos estudos de caso.

Fonte: Os autores

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras 7, 8, 9 e 10 são apresentados os dados das temperaturas e umidade medidas no local, comparados com os dados calculados no WUFI Pro, em regime transiente, com base na norma EN 15026. Embora haja certa diferença entre os dados reais e os simulados, os resultados tiveram a mesma tendência.

Nas figuras 9 e 10 são apresentados os resultados da simulação com relação ao teor de umidade total de um trecho (seção) de parede (1m²) considerado ao longo do

1 Fonte: www.even.com.br/sp/guarulhos/vila-augusta/residencial/shop-club-guarulhos

2 Fonte: www.archdaily.com.br/br/01-182522/favela-nova-jaguare-setor-3-slash-boldarini-arquitetura-e-urbanismo (eu não colocaria essas fontes)

tempo, para ambos os estudos de casos. Nesses gráficos percebe-se que a parede tem potencial de secagem, por conta dos materiais que a compõem os quais permitem a difusão de vapor; além disso, esse potencial de secagem é válido somente para as condições de macro e microclima analisadas.

Ao término das simulações, o perfil de ganho de umidade praticamente foi igual ao medido inicialmente. Os sistema construtivos apresentaram bom desempenho e não deixou a umidade quanto à entrada umidade na superfície interna da parede (Figura 11 e Figura 12).

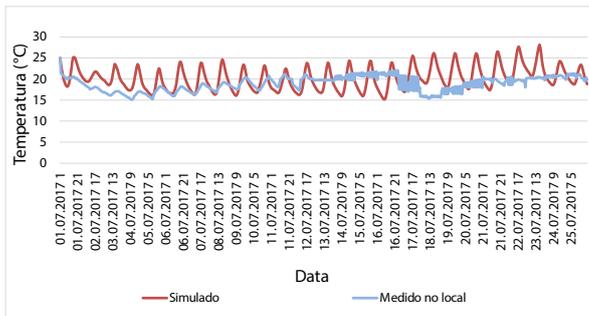


Figura 7 – Comparativo entre dados de temperaturas calculados e medidos in loco (S1).

Fonte: Os autores.

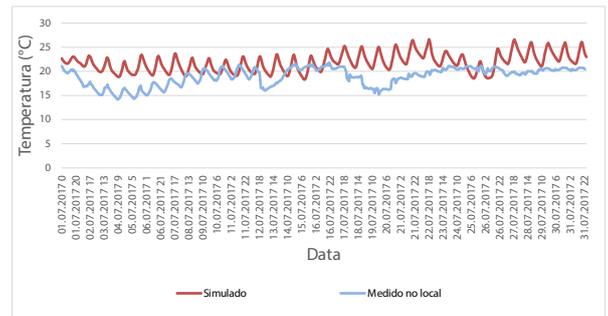


Figura 8 – Comparativo entre dados de temperaturas calculados e medidos in loco (S2).

Fonte: Os autores.

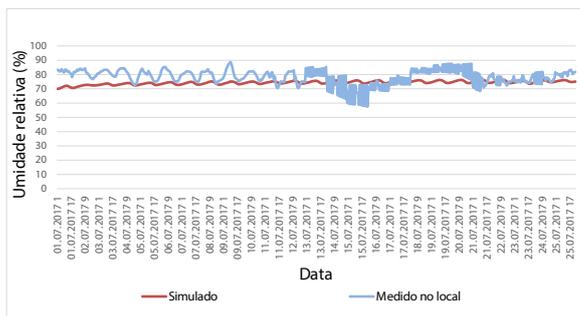


Figura 9 – Comparativo entre dados de umidade relativa calculada e medido in loco (S1).

Fonte: Os autores.

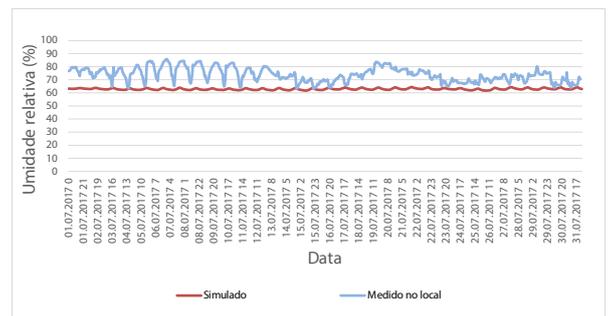


Figura 10 – Comparativo entre dados de umidade relativa calculada e medido in loco (S2).

Fonte: Os autores.

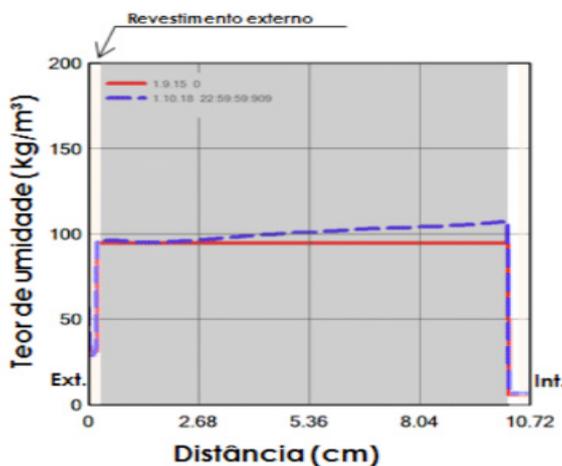


Figura 11 – Teor de umidade da seção da parede (S1).

Fonte: Os autores.

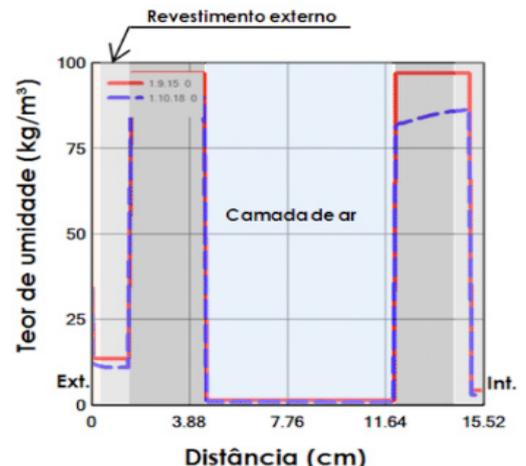


Figura 12 – Teor de umidade da seção da parede (S2).

Fonte: Os autores.

Na Figura 13 e Figura 14 são apresentados os dados do teor de umidade total de um trecho de parede (1m² x sua respectiva espessura), considerado ao longo do tempo. Percebe-se que as paredes de S1 e S2 possuem potencial de secagem, pois não houve ganho de umidade crescente na situação considerada. Os teores de umidade inicial de S1 e S2 (9,5 kg/m² e 6,2 kg/m²), ao final das simulações ficaram abaixo de 9,35 Kg/m² no S1 e 5,70 kg/m² no S2.

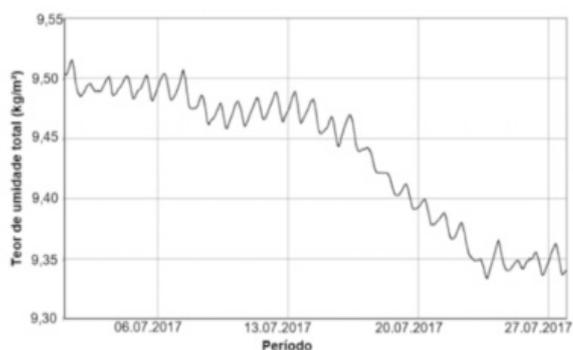


Figura 13 – Teor de umidade da parede (S1).

Fonte: Os autores.

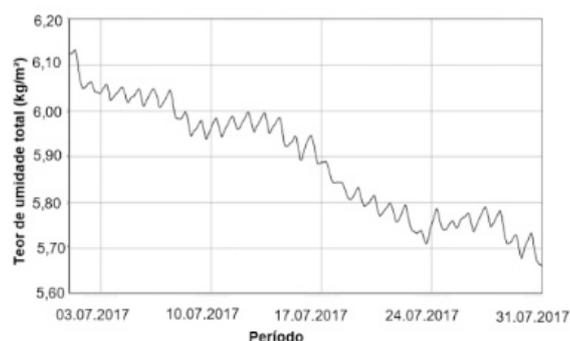


Figura 14 – Teor de umidade da parede (S2).

Fonte: Os autores.

Por sua vez, na Figura 15 e Figura 16 - após as simulações, são apresentadas as isopletras da previsão do risco de proliferação de microrganismos (baseado no modelo probabilístico do WUFI-Pro, proposto por Sedlbauer, 2001). Os pontos correspondentes a temperatura e umidade em cores, disponibilizadas na ordem crescente de amarelo, verde claro, verde escuro e preto, indicam os intervalos de tempo entre o início e fim do cálculo, conforme definido no menu “Controle”.

Quando as isopletras (nuvem de pontos) estão abaixo das curvas LIM BI e LIM BII, não há risco de proliferação de microrganismos. Nesse trabalho o limite considerado foi a curva LIM B II, que representa substratos com estrutura porosa, por exemplo, emboço, reboco, concreto, materiais de construção minerais, tintas etc. As isopletras estão abaixo da curva LIM B II, portanto de acordo com esse modelo biohigrotérmico do WUFI Pro 5.3, não há risco de proliferação de microrganismos.

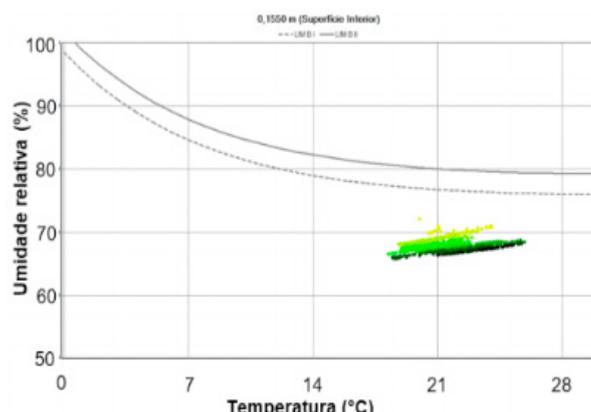
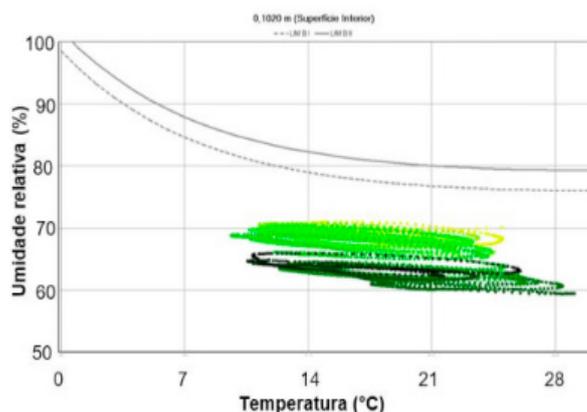


Figura 15 – Previsão do risco de proliferação de microrganismos (S1).

Fonte: Os autores.

Figura 16 – Previsão do risco de proliferação de microrganismos (S2).

Fonte: Os autores.

A previsão do risco de proliferação de microrganismos em S1 e S2, foi confirmada *in loco* (Foto 1 a Foto 6). Da Foto 1 à Foto 3 são apresentados os locais onde foram posicionados os sensores no Estudo de caso 1 (S1). Da Foto 4 à Foto 6 são apresentados os locais onde foram posicionados os sensores no Estudo de caso 2 (S2). É possível constatar que não havia problemas relacionados à proliferação de fungos emboladores nos dois estudos de caso, confirmando os dados simulados.



Foto 1: Dormitório da adolescente (S1).

Fonte: Os autores.



Foto 2: Dormitório casal (S1).

Fonte: Os autores.



Foto 3: Varanda (S1).

Fonte: Os autores.



Foto 4: Sala (S2).
Fonte: Os autores.



Foto 5: Cozinha (S2).
Fonte: Os autores.



Foto 6: Dormitório casal (S2).
Fonte: Os autores.

6 | CONCLUSÃO

Conclui-se que é possível usar a simulação computacional para avaliar a transferência de umidade através da parede, até porque o percentual de umidade observado nas paredes dos estudos de casos é condizente com o resultado obtido na simulação. A simulação higrotérmica permite reproduzir o processo de transferência de calor e umidade em um sistema construtivo real, permitindo estudos de sensibilidade sobre composição, características dos materiais e condições climáticas.

Embora essa ferramenta computacional possua algumas limitações, ela permite a possibilidade de avaliação das questões de umidade ainda em fase de projeto, bem como pode contribuir para a seleção de materiais mais adequados para cada situação.

REFERÊNCIAS

ANSI/ASHRAE - American National Standards Institute & American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. **ANSI/ASHRAE 160 - Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings**. Atlanta, 2016.

ABNT NBR 13280:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa no estado endurecido (Procedimento CT-OBRAS-LMCC-R-PE-005).

FREITAS, V. P.; PINTO, P. S. **Permeabilidade ao vapor de materiais de construção – condensações internas**. 2.ed. Nota de informação técnica - NIT – 002 do Laboratório de Física das Construções - LFC da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING. **ASTM D4404** Determination of Pore Volume and Pore Volume

Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry. Philadelphia, 2010.

EN ISO 12572: 2001, Higrothermal Performance of Buildings Materials and Products: Determination of Water Vapour Transmission Properties (Procedimento CT-OBRAS-LMCC-R-PE-035).

EN ISO 15148: 2002, Higrothermal Performance of Buildings Materials and Products: Determination of Water Absorption Coefficient by Partial Immersion(Procedimento CT-OBRAS-LMCC-R-PE-036).

EPW-ANTAC (RORIZ, 2012).

KÜNZEL, H. M. **Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One and two dimensional calculation using simple parameters.** Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart, 1995. <www.dec.fct.unl.pt/seccoos/smtc/pub1.pdf>. Acesso em 19.fev.2018. 65p.

MENDES, N. Modelos para Previsão da Transferência de Calor e de Umidade em Elementos Porosos de Edificações. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

MENDES, N.; OLIVEIRA, R. C. L. F.; Santos, G. H. . **Domus. 2003. Patente: Modelo de Utilidade.** Número do registro: 05270-5, data de depósito: 01/07/2003, título: «Domus» , 2003a.

TRECHSEL, H.R. (Ed.). Moisture Control in Buildings: The Key Factor in Mold Prevention. 2. ed. Philadelphia: Trechsel, Trechsel R, 2009. 485 p.

SOBRE A ORGANIZADORA

Bianca Camargo Martins - Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Especialista em Arquitetura e Design de Interiores pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná e Mestranda em Planejamento e Governança Pública pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde desenvolve uma pesquisa sobre a viabilidade da implantação de habitação de interesse social na área central do Município de Ponta Grossa – PR. Há mais de cinco anos atua na área de planejamento urbano. É membra fundadora da Associação de Preservação do Patrimônio Cultural e Natural (APPAC). Atualmente é docente da Unicesumar, onde é responsável pelas disciplinas de urbanismo, desenho urbano e ateliê de projeto.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-265-4

