

**176020**

**Desempenho higrotérmico de paredes de fachada por meio de simulação computacional**

**Alexandre Cordeiro dos Santos**  
**Luciana Alves de Oliveira**  
**Osmar Hamilton Becere**  
**Julio Cesar Sabadini de Souza**

*In: MARTINS, Bianca Camargo.  
(Org.) O essencial da arquitetura e  
urbanismo 3. Ponta Grossa: Atena  
Ed., 2019. Cap.31, p.426-436.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

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](http://www.atenaeditora.com.br)

## 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 -  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );
- Porosidade aberta -  $\varepsilon$  ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ );
- Fator de resistência à difusão do vapor de água -  $\mu$  (-);
- 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 –  $\lambda$  -  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  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					
		$\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$\varepsilon$ ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )	$c$ ( $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ )	$\lambda$ ( $\text{W}/\text{mK}$ )	$\mu$ (-)	$W$ ( $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{s}})$ )
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 1<sup>1</sup>.

Fonte: Os autores.

Figura 2 – Implantação do edifício do Estudo de caso 2<sup>2</sup>.

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.

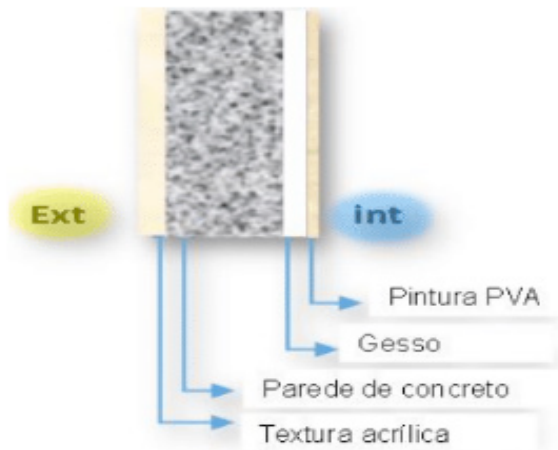


Figura 5 – Sistema construtivo do apartamento do estudo de caso 1.

Fonte: Os autores.

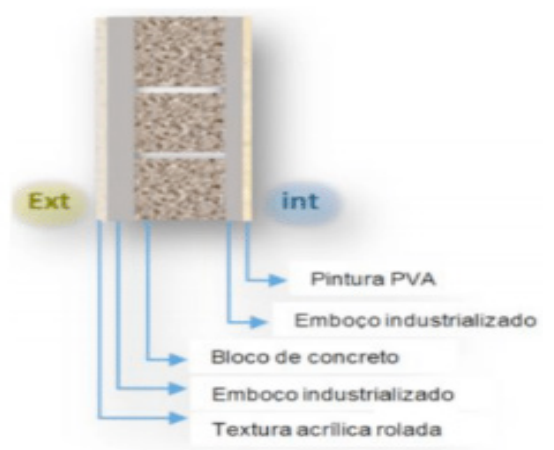


Figura 6 – Sistema construtivo do apartamento do estudo de caso 2.

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 calculadas 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 (1m<sup>2</sup>) considerado ao longo do

1 Fonte: [www.even.com.br/sp/guarulhos/vila-augusta/residencial/shop-club-guarulhos](http://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](http://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).

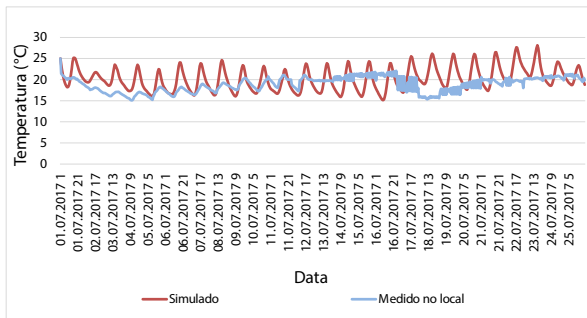


Figura 7 – Comparativo entre dados de temperaturas calculados e medidos in loco (S1).

Fonte: Os autores.

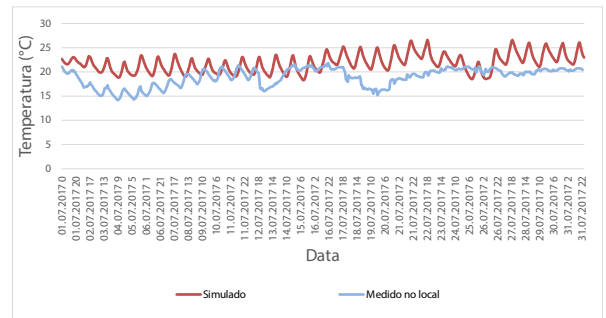


Figura 8 – Comparativo entre dados de temperaturas calculados e medidos in loco (S2).

Fonte: Os autores.

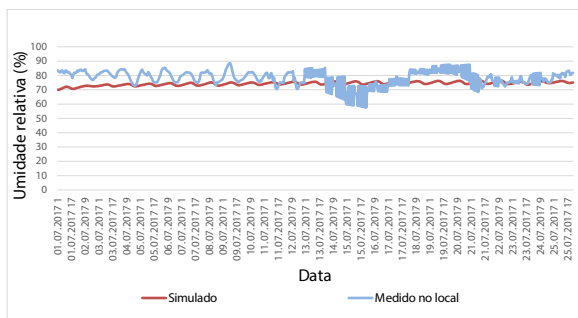


Figura 9 – Comparativo entre dados de umidade relativa calculada e medido in loco (S1).

Fonte: Os autores.

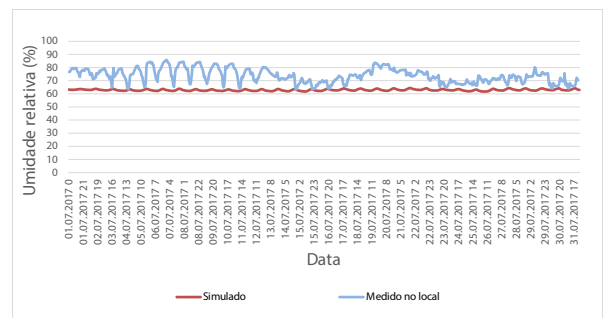


Figura 10 – Comparativo entre dados de umidade relativa calculada e medido in loco (S2).

Fonte: Os autores.

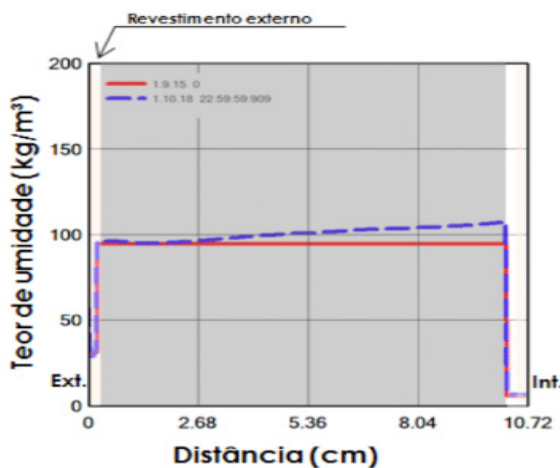


Figura 11 – Teor de umidade da seção da parede (S1).

Fonte: Os autores.

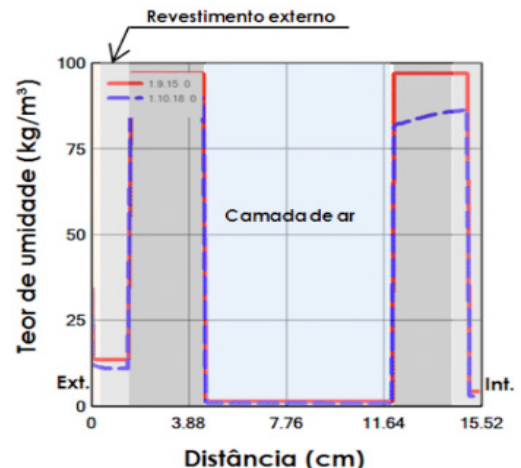


Figura 12 – Teor de umidade da seção da parede (S2).

Fonte: Os autores.

Na Figura 13 e Figura 14 são apresentados os dados do teor de umidade total de um trecho de parede (1m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup> e 6,2 kg/m<sup>2</sup>), ao final das simulações ficaram abaixo de 9,35 Kg/m<sup>2</sup> no S1 e 5,70 kg/m<sup>2</sup> no S2.

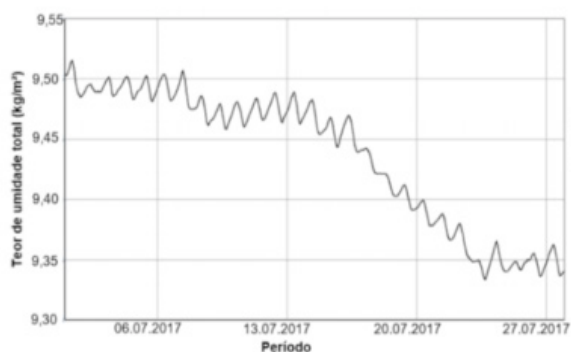


Figura 13 – Teor de umidade da parede (S1).

Fonte: Os autores.

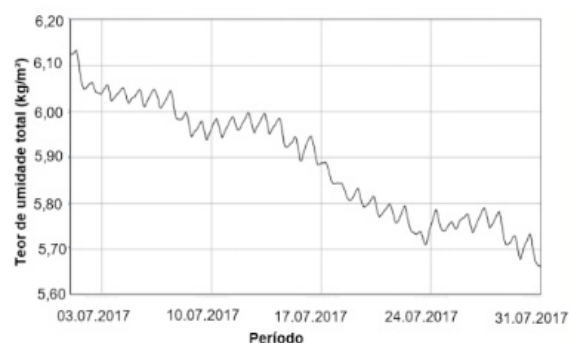


Figura 14 – Teor de umidade da parede (S2).

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.

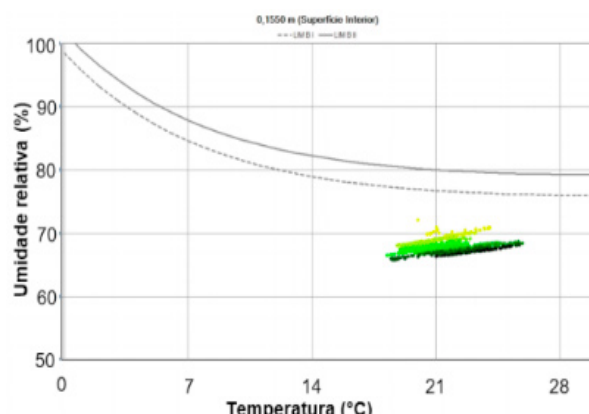
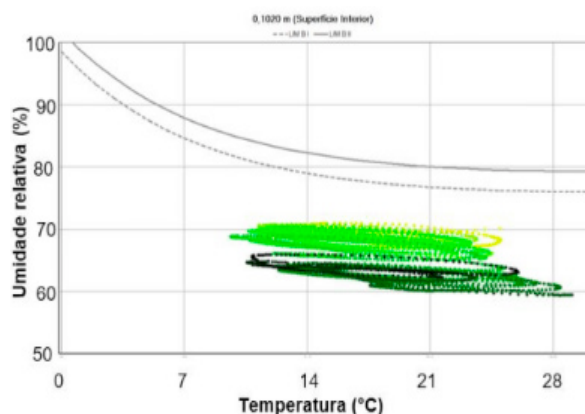


Figura 15 – Previsão do risco de proliferação de microrganismos (S1).

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.

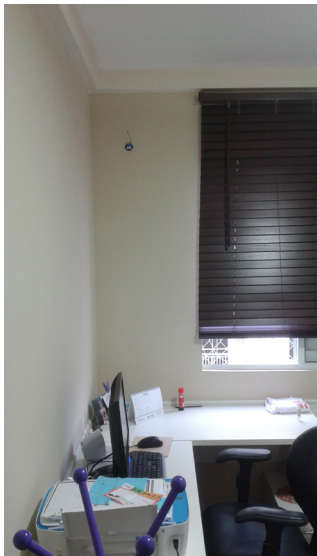


Foto 1: Dormitório da adolescente (S1).

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.

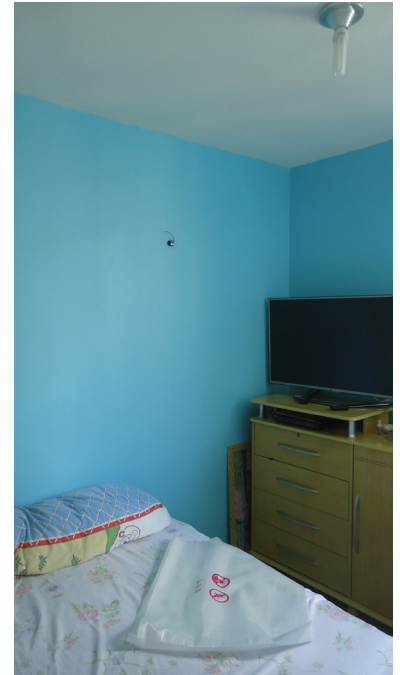


Foto 6: Dormitório casal (S2).  
Fonte: Os autores.

## 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](http://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.