INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS EXTERNOS NOS FATORES QUE GERAM O SURGIMENTO E CRESCIMENTO DO MOFO[1]

SILVEIRA, V, C., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: vinicius@labcon.ufsc.br;
WESTPHAL, F, S., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: fernando.sw@ufsc.br

ABSTRACT

The emergence of isolated building systems, which increasingly seek to reduce heat exchanges between the exterior and interior of buildings, directly affect the user, which reduces the number of times the window opens, reducing the amount of air per hour. With this reduction of air, the appearance of dew points becomes more frequent, and joining these factors to an unfavorable solar orientation, the appearance of mold on the inner surfaces of the walls becomes practically unavoidable. In order to understand the real influence of the use of insulation or not, solar orientation and air changes per hour in the parameters that can be propellants for the appearance of the mold, simulations and a cross-analysis of data will be carried out, in order to understand the real one influence of each parameter on mold growth and appearance. Data collection will be performed through simulations in EnergyPlus, reproducing the characteristics of the materials realistically in a typical year for the city of Florianopolis

Keywords*: Mold. Condensation. Building. Insulation.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento e proliferação de mofos em residências é altamente prejudicial para a saúde, podendo causar de simples irritações no sistema respiratório, a sinusite e bronquite, em casos extremos de exposição prolongada.

Magalhães (2005) diferencia bolores de mofos por sua agressividade e pelo tempo de fixação na superficie. O primeiro é o estagio incial e apenas infecta a superficie sem grandes danos, e o segundo corroi o material ao qual esta fixado, sendo esta a fase mais avançada e de maior dificuldade de combate.

De acordo com Cunha, Vaupel e Rolf-Michael (2014), cidades que possuem invernos rigorosos, juntamente com condições especiais de umidade relativa do ar, além de elevadas temperaturas nas superfícies de paredes internas, propiciam condições que geram ou facilitam o crescimento de bolores.

Sedlbauer (2011) descreve quais seriam as condições ideais para favorecer o surgimento e o crescimento do mofo: umidade relativa do ar superior a 80% com temperaturas internas variando entre 10°C e 30°C. O autor ainda destaca que a condensação superficial é um grande facilitador para surgimento dos fungos e sua proliferação. Entretanto, outros autores (SOUZA e MATOSKI, 2017); (GUERRA, CUNHA e SILVA, 2011) citam que além das

[1] SILVEIRA, V, C., WESTPHAL, F, S. Influência de elementos externos nos fatores que geram o surgimento e crescimento do mofo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

condições ideais para o crescimento de fungos em ambiente com ventilação precária, o surgimento de bolores pode ser constatado com uma umidade relativa do ar superior a 65% para temperatura variando entre 15°C e 30°C. Os autores ainda salientam que, além das condições de temperatura, umidade e condensação superficial, outros fatores influenciam diretamente no crescimento e surgimento do mofo, sendo eles: qualidade do ar interno, nutrientes presentes nas superfícies e baixa exposição solar.

Johansson, Svensson e Ekstrand-Tobin (2013), em experimento realizado na Coreia Do Sul, definiram que o aumento de condensação nas superficies internas das paredes está diretamente ligado a alguns fatores, sendo eles: sistema construtivo (ausência de isolamento térmico), comportamento do usuário (evapotranspiração e aumento de cargas internas), orientação solar dos cômodos e ventilação do ambiente.

O presente trabalho consiste numa análise preliminar por simulação computacional visando quantificar a ocorrência de condições favoráveis à proliferação do mofo em residências. Para tal, foram simuladas duas orientações solares com quartos voltados para o norte (maior insolação), e uma segunda com quartos voltados para sul (menor insolação). Foi também realizado a simulação para duas diferentes configurações de trocas de ar por hora sendo os valores fixados em uma e cinco trocas por hora, respeitando os padrões considerados pela NBR 15575-1 (2013) na metodologia de análise de desempenho térmico. Juntamente também foi simulado a utilização ou não de isolamento (interno ou externo) na residência. Totalizando então 12 configurações possíveis para simulação, sendo estes modelos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Configuração dos modelos simulados

	orientação solar	Trocas de ar por hora	Uso de isolamento

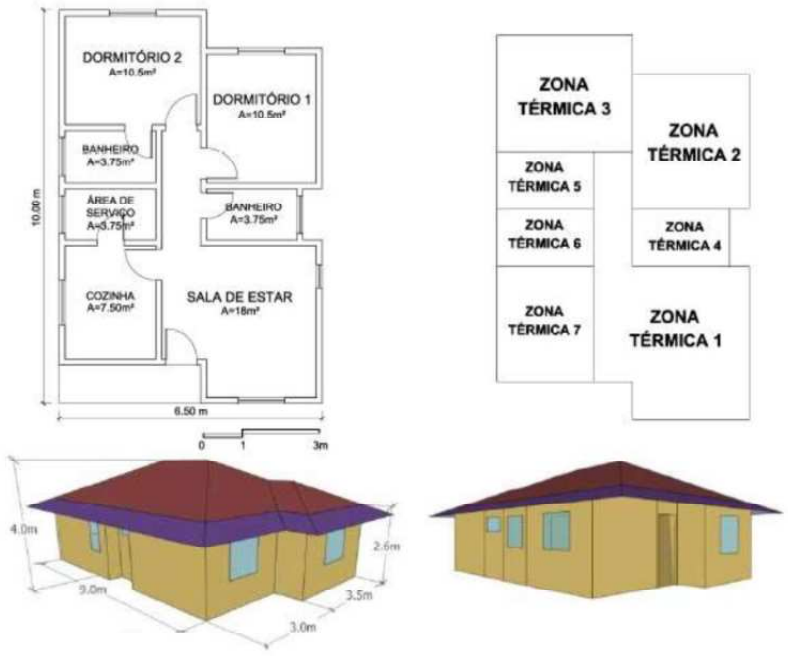
Modelos simulado	Norte	Sul	1	5	Sem isolamento	isolamento interno	isolamento externo
1	x		x		x		
2	x		x			x	
3	x		x				x
4	x			x	x		
5	x			x		x	
6	x			x			x
7		x	x		x		
8		x	x			x	
9		x	x				x
10		x		x	x		
11		x		x		x	
12		x		x			x

Fonte: Os autores

2. DADOS DE ENTRADA

Este estudo toma como base a simulação de uma residência unifamiliar, localizada em Florianópolis, na zona bioclimática 3 segundo a NBR:15220 (ABNT, 2005). Foram consideradas sete zonas térmicas, como pode ser constatado na Figura 1, sendo que foram analisados apenas os dados das zonas 1(sala de estar) e 2 (Dormitório 1).

Figura 1 - Planta baixa e croqui com representação das zonas térmicas

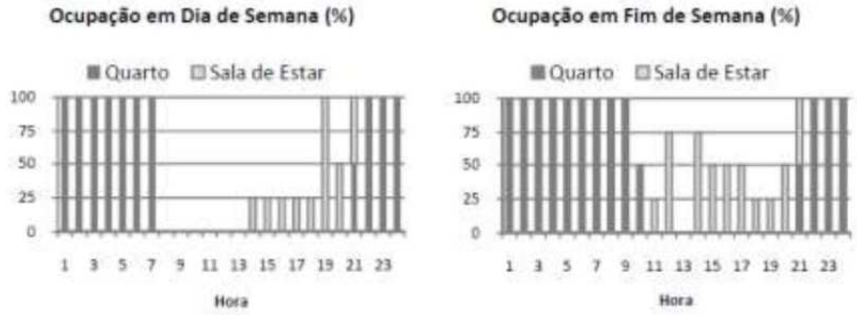


Fonte: Adaptado de LINCZUK e WESTPHAL(2016)

Outro ponto importante a ser considerado para as simulações são os padrões construtivos, de ocupação e iluminação, todos atendendo às especificações e requisitos do RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade

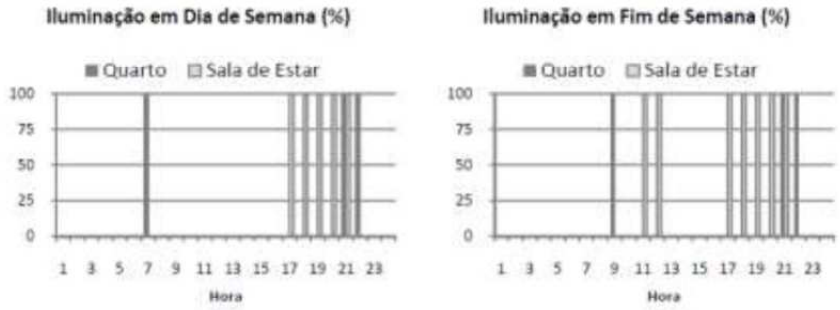
para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais) como pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Padrão de ocupação para Dia de Semana e Fim de Semana



Fonte: (INMETRO, 2012 p.69)

Figura 3-Padrão de iluminação para Dia de Semana e Fim de Semana.



Fonte: (INMETRO, 2012 p.71)

Visando compreender a real influência dos fatores anteriormente apresentados, nos parâmetros que influenciam no crescimento e formação do mofo, foram consideradas duas diferentes possibilidades. A primeira baseia-se nos valores de temperatura da zona e umidade relativa do ar, ou seja, sempre que a umidade relativa dor ar está acima de 80% e a temperatura fica entre 20 °C e 30°C, considera-se favorável para o surgimento de bolores. A segunda possibilidade consistiu na análise da temperatura de ponto de orvalho fornecida pelo EnergyPlus, considerando que sempre que a temperatura de uma superfície estiver inferior à temperatura de ponto de orvalho, ocorrerá condensação, sendo este, outro fator determinante para o aparecimento de bolores.

3. ANÁLISE DOS DADOS

Para a obtenção de dados foram analisadas as duas zonas separadamente, considerando as duas possibilidades de formação de bolor anteriormente apresentadas. As informações extraídas da simulação são apresentadas por meio de gráficos, onde o eixo vertical indica a quantidade de possibilidades em que a condição simulada era atendida, e o eixo horizontal representa os meses do ano. Para ser possível definir o total de possibilidades que podem ocorrer em uma zona para o período de um mês, podemos utilizar a

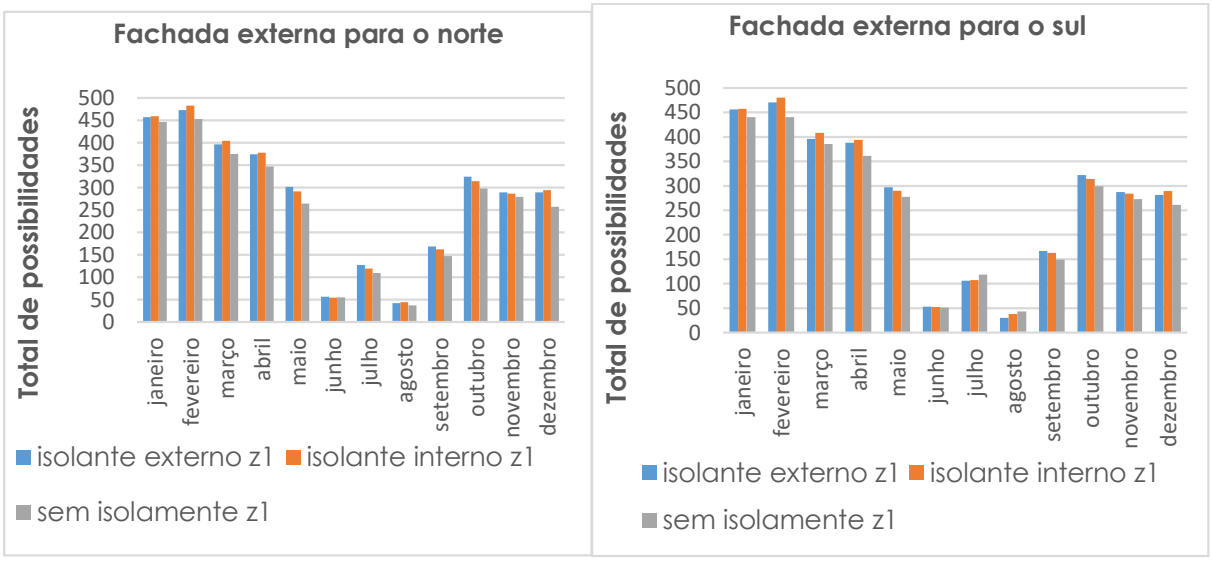
equação 1 onde: TP (total de possibilidades para o mês); D (número de dias do mês); Ns (número de superfícies da zona); 24 (horas).

$$Tp = D \times Ns \times 24 \quad (1)$$

As figuras de 4 até 7 são referentes a análise realizada na zona1(sala), que apresenta um total de 18 superfícies.

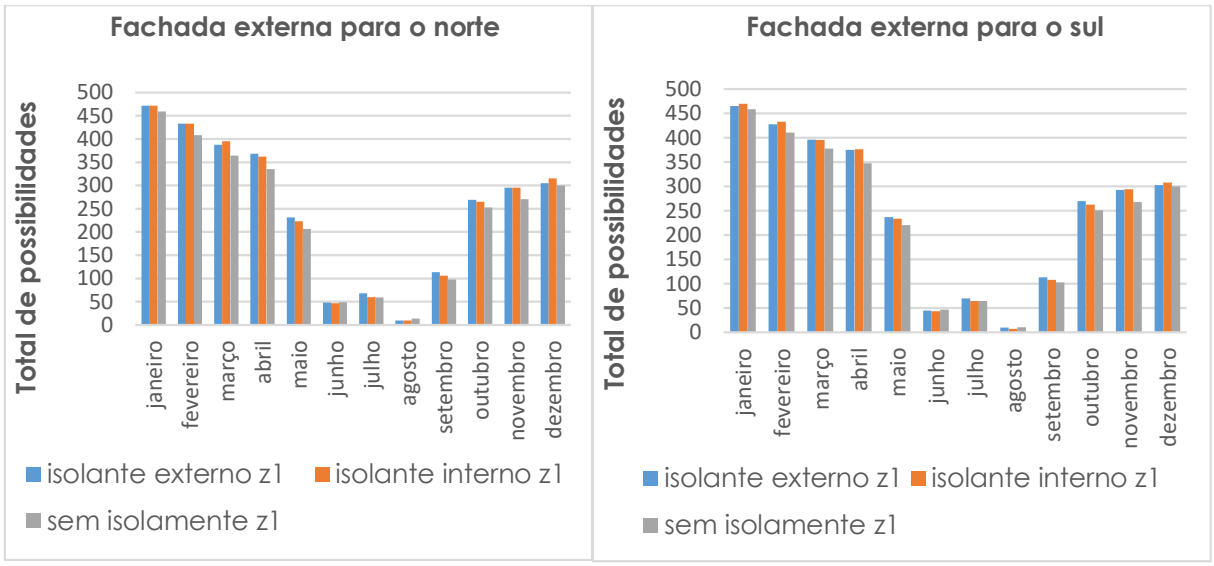
Nas figuras 4 e 5, é possível observar que as condições de umidade e temperatura são atendidas principalmente nos meses de verão, onde a temperatura e a umidade são mais elevadas. Outro fator a ser destacado é que o aumento no número de trocas de ar apresentou pouca influência na quantidade de casos. A orientação solar tem maior influência quando existem menos trocas de ar, principalmente observado nos meses de inverno. Já utilização de isolamento apresenta piores resultados, exceto no inverno. Isso se deve ao fato que quanto menos isolamento, maior a variação da temperatura interna, dificultando com que os valores para atendimento das condições sejam atingidos.

Figura 4- Umidade e temperatura do ar zona1, uma troca de ar por hora.



Fonte: Os autores

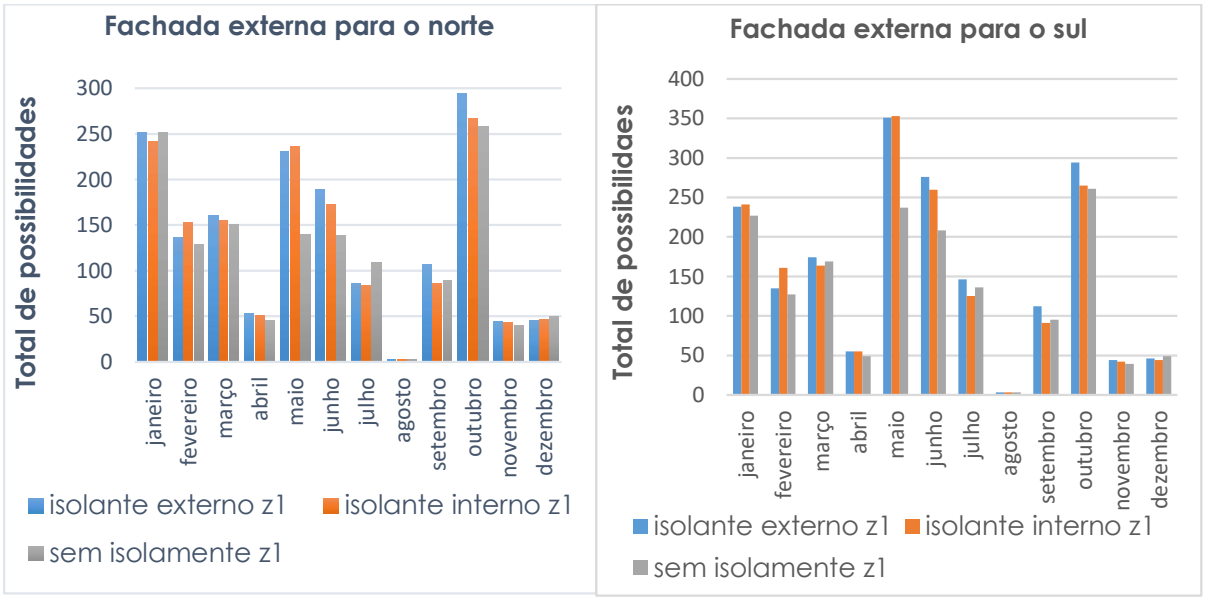
Figura 5-Umidade e temperatura do ar zona1, cinco trocas de ar por hora



Fonte: Os autores

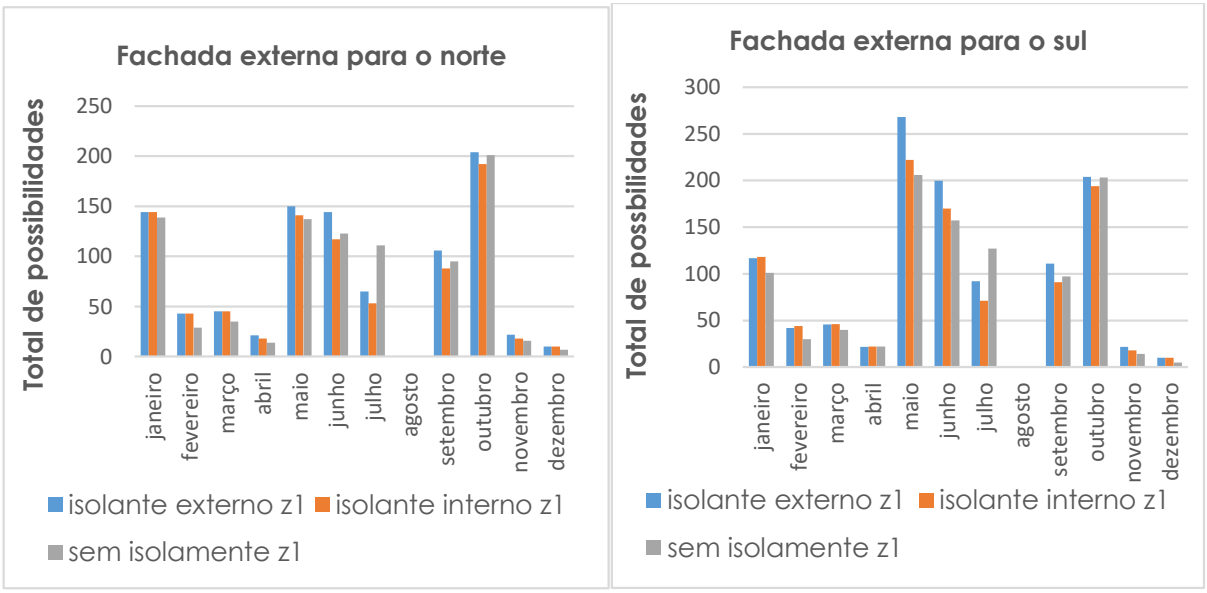
Nas figuras 6 e 7 é possível observar que as condições de ponto de orvalho são atendidas em período de umidade elevada (verão) e períodos de baixas temperaturas (inverno). Com o aumento no número de trocas de ar, é possível observar uma significativa redução na quantidade de casos. A orientação solar influencia diretamente na temperatura superficial. Quando a sala está voltada para o norte e não possui isolamento é possível observar uma grande redução na quantidade de casos. Isso ocorre devido à maior incidência solar, que quando aliada ao sistema construtivo sem isolamento, a temperatura superficial é maior, logo não se atinge a temperatura de ponto de orvalho.

Figura 6- Ponto de orvalho zona1, uma troca de ar por hora.



Fonte: Os autores

Figura 7-Ponto de orvalho zona1, cinco trocas de ar por hora.

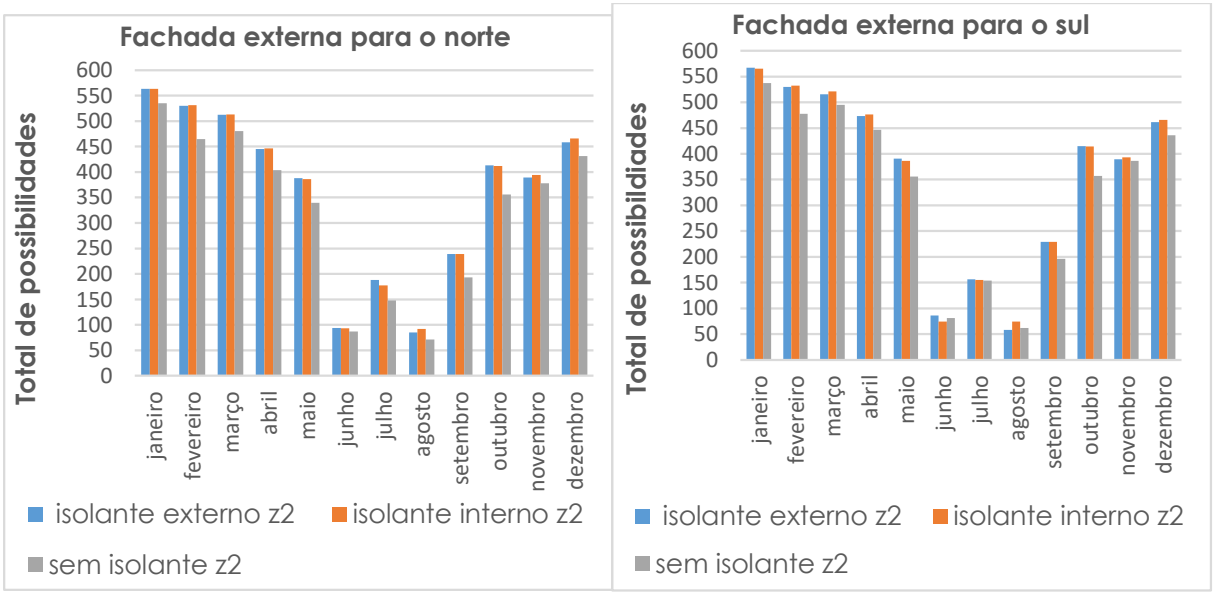


Fonte: Os autores

As figuras de 8 até 11 são referentes a análise realizada na zona2(quarto), que apresenta um total de oito superfícies.

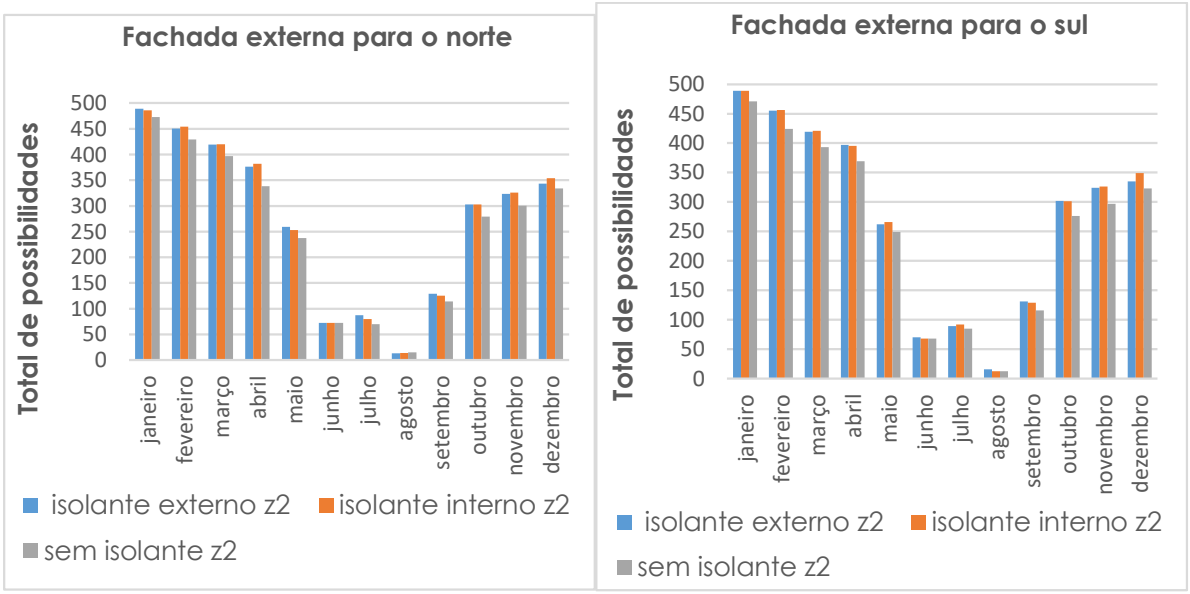
Nas figuras 8 e 9 é possível observar um panorama muito semelhante as figuras 4 e 5, onde as condições de umidade e temperatura são atendidas principalmente nos meses de verão, onde a temperatura e a umidade são mais elevadas. É possível observar que o aumento no número de trocas de ar resultou numa significativa redução na quantidade de ocorrências. A orientação solar para a zona2 resultou numa maior quantidade de casos, principalmente no inverno com a fachada externa para o norte, devido à maior temperatura interna, que resulta da maior incidência solar. A não utilização de isolamento mais uma vez apresentou melhores resultados, pois quanto menos isolamento, maior a variação da temperatura interna, evitando que os valores para atendimento das condições sejam atingidos.

Figura 8- Umidade e temperatura do ar zona2, uma troca de ar por hora.



Fonte: Os autores

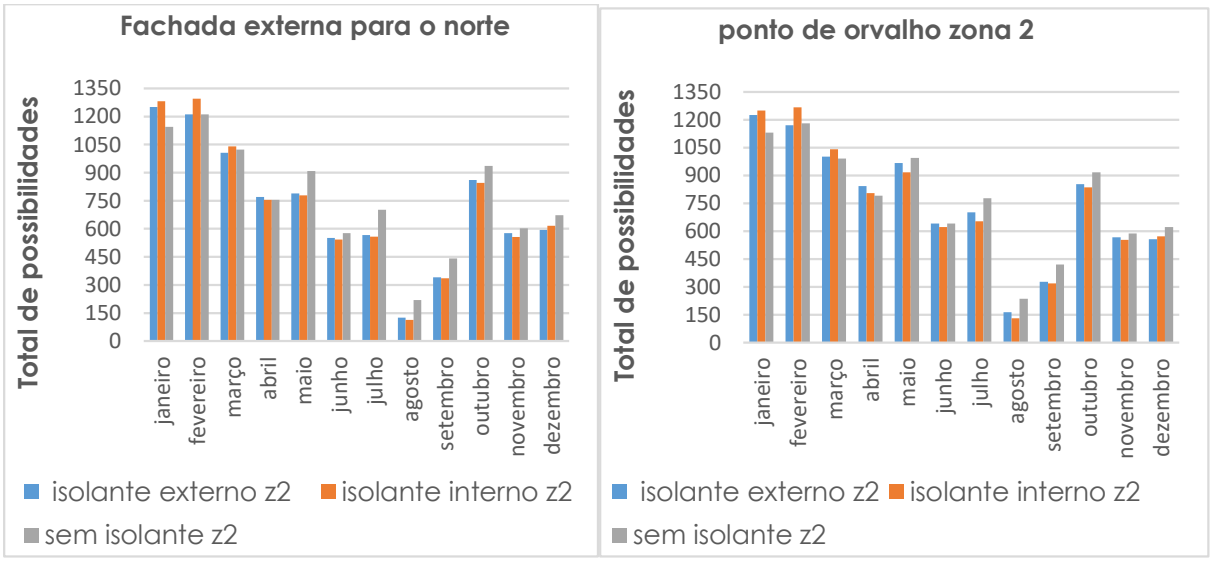
Figura 9- Umidade e temperatura do ar zona2, cinco troca de ar por hora.



Fonte: Os autores

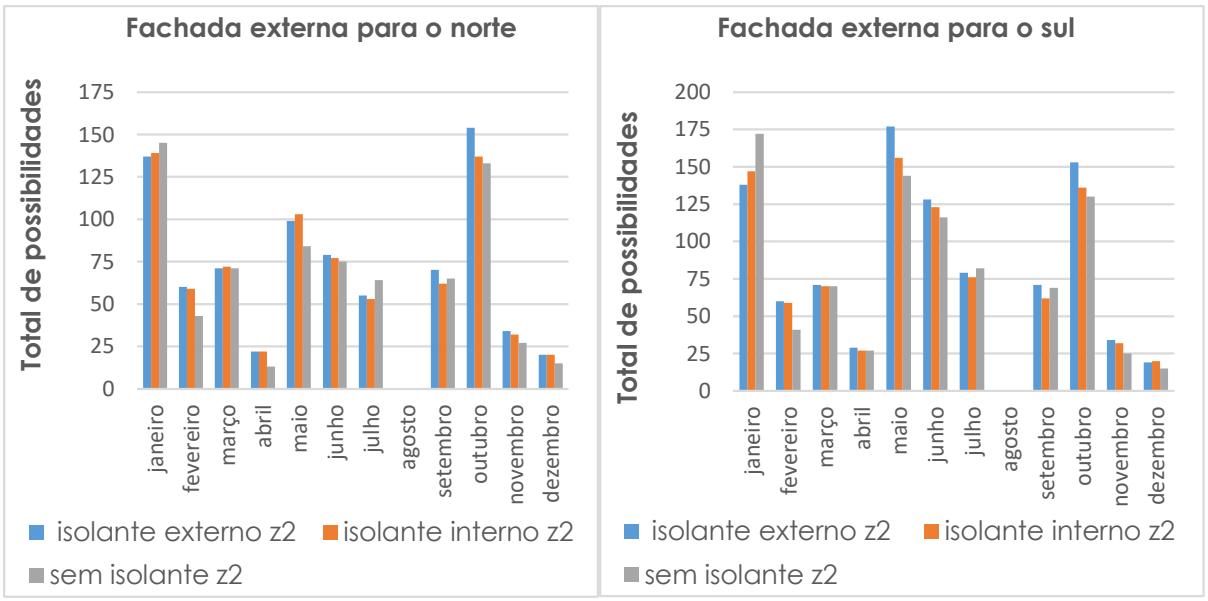
Nas figuras 10 e 11 é possível observar que as condições de ponto de orvalho, são atendidas no modelo com menos trocas de ar durante praticamente todo o ano. Pelo fato da zona 2 ser um ambiente relativamente menor que a zona 1, o número de trocas de ar gera uma influência relativamente maior no que diz respeito à obtenção do ponto de orvalho. Outro fator determinante é a orientação solar favorável que acaba por acarretar em uma maior temperatura das superfícies internas. Já a não utilização de isolamento, se mostrou benéfica apenas para quando utilizada cinco trocas de ar por hora, para uma troca a utilização de isolamento demonstrou melhor eficácia devido ao maior aquecimento das superfícies internas.

Figura 10- Ponto de orvalho zona2, uma troca de ar por hora.



Fonte: Os autores

Figura 11- Ponto de orvalho zona2, cinco trocas de ar por hora.



Fonte: Os autores

4. CONCLUSÃO

Para o modelo simulado, a utilização de isolamento contribui para que sejam geradas as condições ideais para a formação de mofo nas superfícies internas, principalmente se tratando de ponto de orvalho. Como fator determinante, a orientação solar pode ser destacada pois sua variação acarretou em significativas mudanças nos registros de possibilidade de ocorrência de mofo principalmente em se tratando de ponto de orvalho.

Outro ponto a ser considerado é a influência da ventilação na redução das condições de proliferação do mofo, colocando em segundo plano a importância da envoltória com maior isolamento térmico.

Como a umidade relativa do ar da região de Florianópolis é geralmente alta, a possibilidade de formação de mofo pela umidade e temperatura é muito maior do que a possibilidade de formações por ocorrência de ponto de orvalho muito baixo.

REFERÊNCIAS

_____.ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. 2005.

_____. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1/2013: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: valiação do desempenho térmico de edificações residenciais. Rio de Janeiro. 2013.

CUNHA, E. G. D.; VAUPEL, K.; ROLF-MICHAEL, L. Verificação da Formação de Mofo e Bolor em Superfícies Interiores de Paredes Exteriores Situadas na Zona Bioclimática 3 de Acordo com a NBR 15220 e PNBR 02.136.01. **ENCAC,** 2014.

GUERRA, F. L.; CUNHA, E. D.; SILVA, A. C. B. D. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES FAVORÁVEIS À FORMAÇÃO DE MOFO OU BOLOR EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA DE PELOTAS. **ENCAC,** Búzios, 2011. 1235-1248.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Portária n. 18. **Eletrobrás**, 2012. Rio de Janeiro. RJ.

LIMITED., T. N. **Sketchup MAKE 13.0.4812.**, 2017. Disponivel em: <http://www.sketchup.com/>.

LINCZUK, V.; WESTPHAL, F. S. Benefits of the use of thermal insulation in a naturally ventilated residential building. **jornal of engeneering research and application**, v. 6, n. 6, p. 64-75, june 2016.

MAGALHÃES, W. L. E. CONTROLE DE MANCHADORES E APODRECEDORES DA MADEIRA. **SEMINÁRIO DE ATUALIDADES DE PROTEÇÃO FLORESTAL**, Blumenau, Junho 2005.

SEDLBAUER, K. ***Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen*.** Dissertation, Stuttgart, 2011. 105.

SOUZA, W. B. D.; MATOSKI, A. CARACTERIZAÇÃO DE FUNGOS EM ALVENARIAS - ESTUDO DE CASO EM HOSPITAL. **ENCAC,** Balneario camboriu, p. 1995-2003, 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus 8.1.** Energy Simulation Software, 2017. Disponivel em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>.