



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA CRESCIMENTO DO MOFO EM RESIDÊNCIAS EM FLORIANÓPOLIS

Vinicius de Castro Silveira (1); Fernando Simon Westphal (2)

(1) Engenheiro civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, vinidecastro@gmail.com

(2) Dr Eng., Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, fernando.sw@ufsc.br
Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de conforto ambiental, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900, Tel.: (48) 3331-7080

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o intuito de compreender a influência do uso do isolamento térmico e trocas de ar, em uma residência naturalmente ventilada, nos parâmetros que podem gerar o crescimento de fungos do tipo *Aspergillus*, sendo as simulações realizadas no software EnergyPlus versão 8.8. Para satisfação do objetivo, simulou-se a residência variando o emprego de isolamento térmico nas fachadas externas entre três possibilidades, sendo elas; isolamento térmico pelo lado interno da parede, isolamento pelo lado externo da parede e sem utilização de isolamento térmico. A abertura das janelas foi utilizada para o período diurno, adotando duas condicionantes distintas, abertura por diferença de temperatura e fixada por horário, ou abertura fixada por horário independente das condições de temperatura. Como modelo, adotou-se uma habitação de interesse social (HIS) alternando os parâmetros construtivos e de ventilação propostos. Foi comparado então, como os parâmetros construtivos afetavam os períodos de ocorrência, constatando-se que quando se fixa à abertura das janelas independente da temperatura, é apresentada uma menor ocorrência das condições de longa duração, além de reduzir a diferença de desempenho entre os sistemas.

Palavras-chave: simulação computacional, mofo, umidade relativa interna, temperatura.

ABSTRACT

This paper was carried out in order to understand the influence of use of thermal insulation and air changes in a naturally ventilated residence in parameters that can generate growth of *Aspergillus* fungi. Simulations were carried out in EnergyPlus software version 8.8. In order to satisfy the objective, simulations were carried out by varying use of thermal insulation in external facades between three possibilities, being they insulation on internal side of walls, thermal insulation on external side of walls and without the use of thermal insulation. The opening of windows was used for daytime period, using two different conditioners, being open by temperature difference and fixed by time, or opening fixed by time independent of temperature. As a model, a single-family residence was adopted, alternating the proposed constructive and ventilation parameters. It was compared performance between proposed ventilation and constructive systems. It was observed that when the window opening is set independently of temperature, a lower occurrence of the long duration conditions satisfaction is observed, besides reducing the difference in performance between the systems.

Keywords: computer simulation, mold, relative humidity, temperature.

1. INTRODUÇÃO

Valtonen (2017) destaca que o crescimento e proliferação de mofo em residências é altamente prejudicial à saúde dos usuários, podendo desencadear desde simples irritações no sistema respiratório e nos olhos, a quadros mais graves, como sinusite e bronquite. A constante exposição ao mofo pode contribuir no desenvolvimento de asma, dispneia e sensação de ardor no sistema respiratório, combinado a tosse constantes. Podem ocasionar ainda sintomas reumáticos, que se assemelham às dores causadas pela fibromialgia e manifestações neurológicas, tais como, dores de cabeça, náusea e fadiga (EMPTING, 2009).

An e Yamamoto (2016) analisaram o crescimento de fungos em superfícies internas de edifícios residenciais localizados em Seul, na Coreia do Sul. Os autores constataram que o fungo da espécie *Aspergillus* crescem com facilidade nas superfícies, principalmente nos meses de inverno, no qual podem ser computados longos períodos com condensação superficial.

Almeida e Barreira (2017) avaliaram o risco de condensação e formação de mofo em um ginásio localizado em Viseu, região central de Portugal. Os autores analisaram, por meio de medições in situ, os períodos e locais onde acontecia condensação superficial. Foi constatado que os vestiários são os ambientes com a maior chance para o crescimento de mofo, uma vez que a exposição aos vapores dos chuveiros gera constante elevação da umidade relativa do ambiente.

Moon e Augenbroe (2003), constaram que a utilização de isolamento térmico pode desempenhar um papel fundamental no quesito desenvolvimento de mofo. Uma vez que a utilização de isolamento pode dificultar o surgimento de pontes térmicas, sendo este destacado como grande propulsores para o surgimento do mofo. Os autores ainda citam que residências com demasiado uso de isolamento, possuem maior dificuldade em dispersar e ganhar calor, podendo gerar ambientes favoráveis para o desenvolvimento do mofo. Já Fantucci et al. (2017) constataram que o uso de uma camada de isolamento de apenas 6mm pelo lado interno da parede apresentou três vezes menos chance de formação de mofo, se comparada à parede sem isolamento para um período de cinco anos de estudo.

Diversos autores abordam o tema crescimento e desenvolvimento de mofo, tendo como principal foco o estudo de fatores ideais para seu surgimento e proliferação, em comum, destacam-se os parâmetros mínimos e máximos de temperatura superficial e umidade relativa do ar interno necessário para a formação do mofo (DI GIUSEPPE, 2013; GERTIS; ERHORN; REISS, 1999; LANIER et al., 2010; LIE et al., 2019; NIELSEN et al., 2004; SEDLBAUER, 2001).

Diversos autores enfatizam que fungos, da espécie *Aspergillus*, são encontrados com demasiada facilidade em ambientes internos de residências, sendo este, responsável por cerca de 28% das infestações residências (GERTIS; ERHORN; REISS, 1999; MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2015; RICHARDSON; WARNOCK, 2003; SEDLBAUER, 2001).

Grant et al. (1989) realizaram ensaios com o intuito de encontrar quais as condições ideais para o surgimento de diversas espécies. Constataram que os fungos do tipo *Aspergillus* apresentam seu pico de desenvolvimento com temperatura superficial variando entre 12°C e 25°C, para umidade relativa do ar interno superior a 80 %.

Gertis, Erhorn e Reiss (1999) e Sedlbauer (2001) estudaram como diversos materiais comumente adotados na construção civil se portam, quando expostos a condições ideais para o desenvolvimento de fungos. Os autores constataram que se as condições de umidade e temperatura ideais forem satisfeitas durante um período superior a 4 horas, são geradas circunstâncias favoráveis para o surgimento do mofo. Gertis, Erhorn e Reiss (1999) e Sedlbauer (2001) ainda salientam que períodos de 6, 8, 12 e 24 horas elevam a possibilidade de surgimento e crescimento do mofo.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar um método simplificado, que por meio de simulação computacional, avalie como variações dos parâmetros construtivos em uma habitação de interesse social localizada na cidade de Florianópolis, influenciam nos valores de umidade relativa do ar interno e temperatura superficial, sendo estes, os parâmetros indicados como maiores influenciadores do surgimento do mofo.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em cinco etapas principais:

1. caracterização do clima a ser avaliado.
2. definição das características do modelo de residência objeto de estudo.
3. determinação dos parâmetros variáveis do modelo base.

4. execução das simulações computacionais no programa EnergyPlus versão 8.8.
5. análise dos resultados se favoráveis ao surgimento de fungos do tipo *Aspergillus*.

Para avaliar como a umidade relativa do ar e temperatura superficial de uma edificação são alteradas quando modificados parâmetros construtivos, foram adotadas para análise duas possibilidades de ventilação e três configurações de aplicação de isolamento térmico (sem isolamento, isolamento pelo lado interno das paredes externas, e isolamento pelo lado externo nas paredes externas), isto para uma habitação de interesse social ventilada naturalmente.

Sendo este um modelo simplificado, não foi considerado o fluxo de massa através dos componentes construtivos, avaliando apenas, como a variação dos parâmetros construtivos afetam a umidade relativa interna e a temperatura superficial, sendo estes, considerados parâmetros fundamentais para o desenvolvimento do mofo.

3.1. Caracterização do clima

O estudo foi realizado considerando o clima de Florianópolis, cidade litorânea localizada no sul do Brasil, na latitude (27°). Esta localidade possui condições climáticas propícias para o surgimento de mofo em edificações. Segundo dados dos arquivos climáticos da cidade, a umidade relativa do ar mantém-se constantemente próxima a 80% durante a maior parte do ano. A média mensal da temperatura do ar frequentemente permanece próxima de 20 °C, o que também contribui neste contexto. A Figura 1 apresenta dados estatísticos de umidade relativa e temperatura do ar extraídos do arquivo climático de Florianópolis (EnergyPlus, 2018).

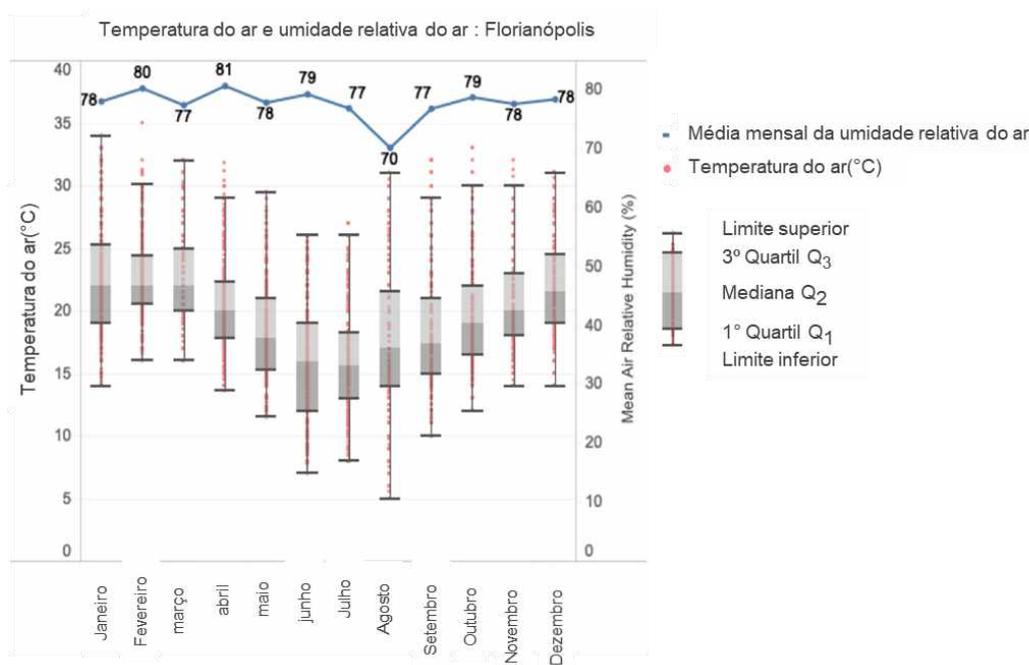


Figura 1 – Temperatura e Umidade Relativa: Florianópolis. Elaborado com dados de EnergyPlus(“Weather Data by Location | EnergyPlus”, 2018)

A incidência de radiação solar terá influência na temperatura e na umidade relativa do ambiente, sendo também importante a caracterização deste dado climatológico para a cidade de Florianópolis. Na Figura 2 e na Tabela 1 pode-se observar que a fachada norte recebe mais radiação solar total anual que as demais orientações, sendo mais que o dobro comparado à fachada sul. Entretanto, entre novembro e janeiro, as fachadas norte e sul recebem quase a mesma quantidade de radiação, ao passo que, nos meses de inverno a incidência na fachada norte chega à cinco vezes maior do que na fachada sul (junho).

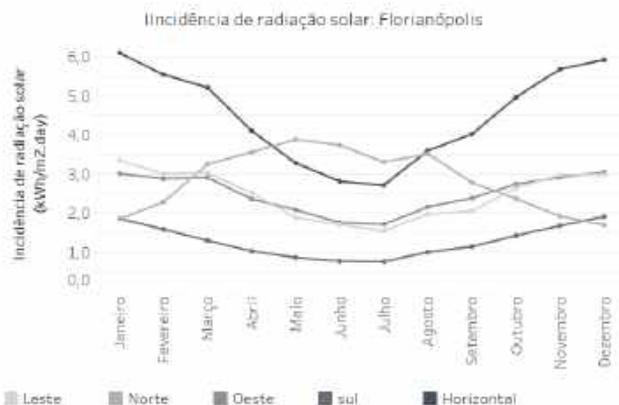


Figura 2 – Incidência de radiação solar em Florianópolis: mensal. Elaborado com dados de EnergyPlus, (“Weather Data by Location | EnergyPlus”, 2018).

Tabela 1– Incidência de radiação solar em Florianópolis: total anual. Elaborado com dados de EnergyPlus, (“Weather Data by Location | EnergyPlus”, 2018)

Orientação solar	Incidência anual de radiação solar [kWh/m2.ano]
Leste	900
Norte	1.041
Oeste	909
Sul	464
Horizontal	1974

3.2. Caracterização da geometria

Este estudo analisa por meio de simulação computacional uma residência unifamiliar térrea de dois quartos, com área de 57,75m². As zonas térmicas foram modeladas conforme ambientes da edificação, totalizando sete zonas. Na Figura pode ser observada a planta baixa com distribuição dos ambientes e das zonas térmicas, além da vista isométrica do modelo. As investigações foram realizadas para a parede externa de um dos dormitórios (zona 2), também indicada na Figura 3.

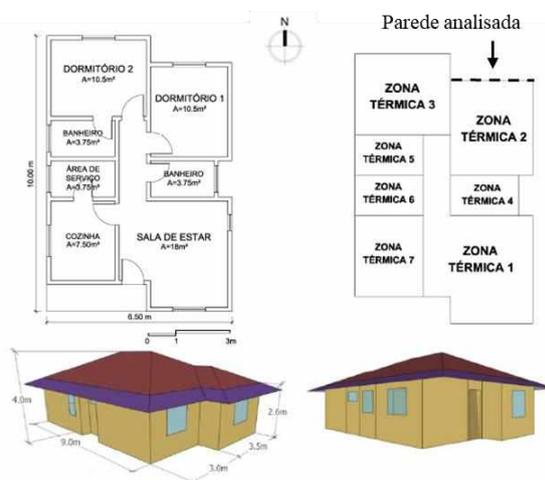


Figura 3 – Planta baixa e croqui com representação das zonas térmicas. Adaptado de Linczuk e Westphal, (2016)

3.3. Ganhos Internos e Padrões de Uso

Os valores de cargas térmicas internas provenientes de iluminação, equipamentos e ocupação humana foram configurados conforme recomendações indicadas pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (2012). A Tabela 2 apresenta um resumo das densidades de carga interna utilizadas nos modelos.

Tabela 2 – Densidade de potência instalada em iluminação, cargas internas de equipamentos e taxas metabólicas para cada atividade adotada para dormitórios e sala

Ambiente	Densidade de potência em iluminação (W/m ²)	Densidade de potência em equipamentos (W/m ²)	Calor produzido por pessoa(W)
Quartos	5,0	-	81(Dormindo ou descansando)
Sala de estar	6,0	1,5	108 (Sentando ou vendo TV)

Os padrões de ocupação dos quartos foram configurados conforme Figura 4, sendo a ocupação máxima (100%) de dois usuários. A schedule de ocupação da sala está representada na Figura 5, sendo, a ocupação máxima de quatro pessoas. Considerou-se a existência de cargas de equipamentos somente na sala de estar, em uso 24 horas por dia. Os padrões de uso de iluminação estão representados na Figura 6, para os quartos, e na Figura 7, para a sala.

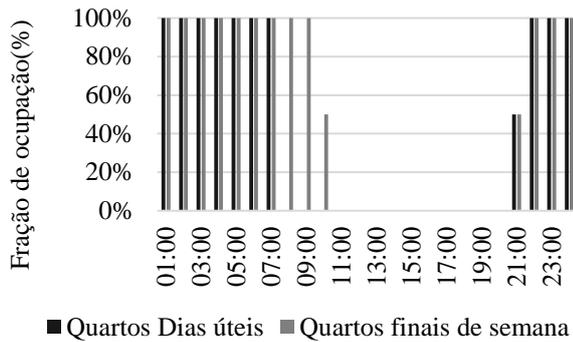


Figura 4 – Padrão de ocupação dos dormitórios (%).

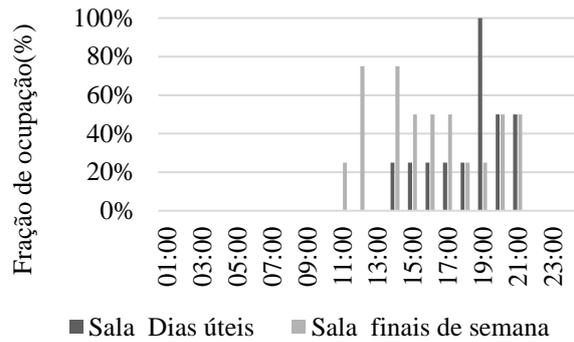


Figura 5– Padrão de ocupação da sala (%).

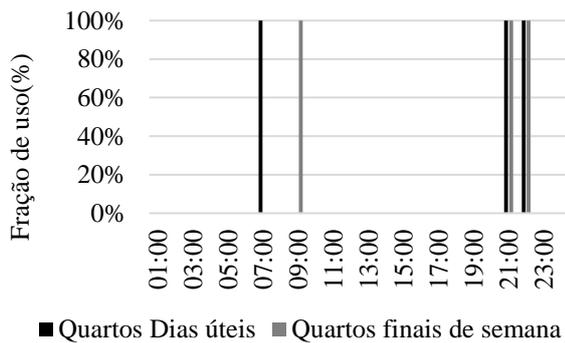


Figura 6 – Padrão de iluminação dos dormitórios (%).

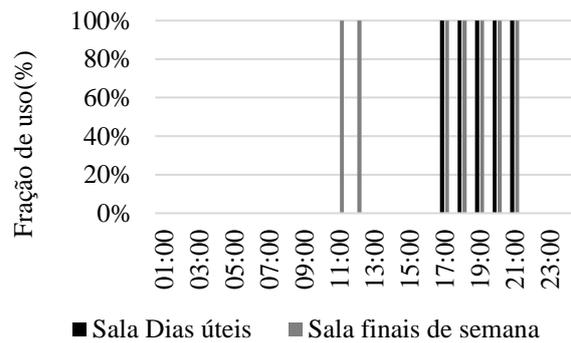


Figura 7 – Padrão de iluminação dos sala (%).

3.4. Ventilação natural

A ventilação natural foi modelada com os objetos *Airflow Network* para o período diurno, como pode ser observado na Figura 8. Configurou-se em um primeiro momento para que as portas e janelas fossem abertas quando a temperatura do ar interno está superior à do ar externo, e essa não inferior a 20°C, evitando o desconforto por frio. Em um segundo momento retirou-se a restrição de temperatura, fixando à abertura durante o mesmo período, entretanto, independente das condições de temperatura interna e externa.

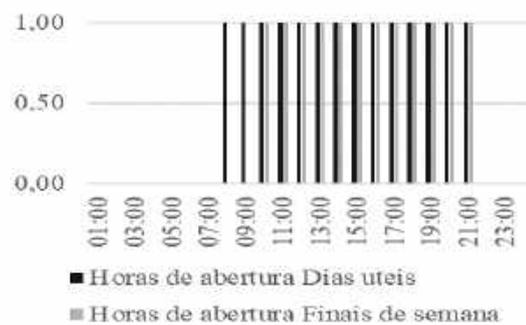


Figura 8 – Schedule de aberturas período diurno.

3.5. Sistemas construtivos

O modelo de simulação foi configurado com forro em laje de concreto e cobertura em telhas de fibrocimento, ambos sem isolamento térmico. O piso da residência foi modelado como sendo de concreto maciço (20 cm), com resistência térmica de 0,47 m².K/W, transmitância térmica de 2,14 W/m².K e 163 kJ/m².K de capacidade térmica. O piso foi modelado em contato direto com o solo e para isso utilizou-se a ferramenta *Slab*, do EnergyPlus, para gerar um perfil mensal de temperatura em função do clima externo e condições internas da residência. Para as paredes, adotou-se um sistema construtivo em alvenaria, utilizando tijolos de 8 furos retangulares e revestimento de argamassa. A parede externa do caso base possui resistência térmica de 0,41 m².K/W, transmitância térmica de 2,41 W/m².K e 158,01 kJ/m².K de capacidade térmica. A Tabela 3 apresenta a composição dos sistemas construtivos, e a Tabela 4 detalha as propriedades térmicas dos materiais empregados.

Tabela 3 - Descrição dos elementos construtivos

Descrição	R (m ² .K/W)	U (W/m ² .K)	CT (kJ/m ² .K)
Telhado			
Laje de concreto e telhas de fibrocimento	0,65	1,13	178,12
Parede externa			
Reboco, tijolo cerâmico 8 furos, reboco	0,41	2,41	158,02
Parede externa + isolamento térmico			
Reboco, tijolo cerâmico 8 furos, reboco + 50mm de isolamento térmico	1,62	0,62	174,89
Paredes internas			
Reboco, tijolo cerâmico 8 furos, reboco	0,41	2,41	158,02
Piso			
Laje de concreto de 20 cm	0,47	2,14	163,00

A partir da configuração base das paredes apresentada na Figura 9 as mesmas foram modeladas adotando a utilização de isolamento térmico, apenas nas paredes externas, totalizando três diferentes composições: sem isolamento térmico; com isolamento externo; ou com isolamento na superfície interna. Como isolante térmico, utilizou-se manta de lã de vidro de 50 mm de espessura. As propriedades térmicas das composições de paredes externas com isolamento térmico resultaram em resistência térmica de 1,62 m².K/W, transmitância térmica de 0,62 W/m².K e 174,88 kJ/m².K de capacidade térmica.

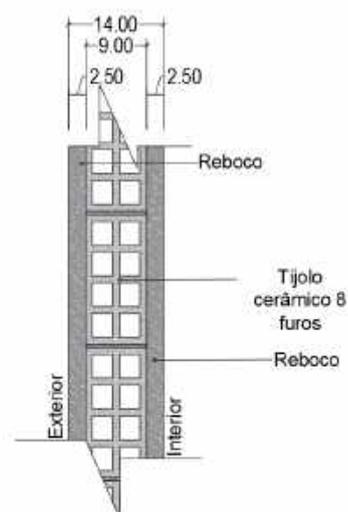


Figura 9 – Configuração das paredes externas: caso base (sem isolamento). Unidades: cm.

Tabela 4 - Propriedades físicas dos materiais construtivos.

Materiais	Espessura (m)	λ (W/m.K)	R (m ² .K/W)	C (Kj/(Kg.K))	ρ (Kg/m ³)	Capacidade térmica (KJ/(m ² .K))	α
Reboco	0,025	1,15	0,02	1,00	2000	50,00	0,20
Tijolo cerâmico	0,01	0,90	0,02	0,92	2252	29,01	0,50
Placa Cimentícia	0,01	0,95	0,01	0,84	1800	15,12	0,20
Telha de fibrocimento	0,006	0,95	0,01	0,84	1800	9,07	0,60
Laje de concreto (forro)	0,07	1,75	0,04	1,00	2200	154,00	0,50
Laje de concreto (pisso)	0,20	1,75	0,11	1,00	2200	440,00	0,50
Portas de madeira	0,04	0,23	0,15	1,34	750	40,20	0,70
Isolamento 50 mm	0,05	0,04	1,19	0,70	50	1,75	0,50
Câmara de ar	-	-	0,17	-	-	-	-

3.6. Análise das trocas de ar

Um ponto fundamental nos parâmetros de surgimento do mofo são as trocas de ar por hora, uma vez que, uma maior ventilação em determinado horário pode alterar as condições do ambiente interno, logo, é possível afirmar que a ventilação é um fator fundamental, principalmente, quando analisada sua influência perante a umidade relativa do ar interno. Como exemplo, um ambiente fechado com a presença de ocupantes durante um longo período eleva a umidade relativa do ambiente, podendo favorecer o surgimento do mofo.

Nos gráficos a seguir, são apresentadas as porcentagens de trocas de ar por hora em relação ao total anual, sendo que os valores demonstram a ocorrência de determinada condição em relação ao total de trocas de ar computadas durante o ano.

Um ponto a ser destacado na Figura 10 (A), é a influência do isolamento na distribuição da quantidade de trocas de ar por hora, onde, o sistema sem isolamento apresentou resultados de maior expressão nas quantidades acima de 2 trocas/hora, principalmente nos meses de inverno.

Para o modelo em que se optou pela ventilação por diferença de temperatura, fica evidente como a ventilação se distribuiu principalmente nos meses mais quentes. Isto ocorre devido às baixas temperaturas constatadas no inverno, onde, por não ser atendida a condição de temperatura superior a 20°C, foram observados períodos quando se possibilitavam as trocas de ar apenas durante curtos espaços de tempo.

Quando analisada a distribuição das trocas de ar Figura 10 (A), pode ser constatado um predomínio para os períodos com ventilação inferior a 4 trocas/hora no ambiente, sendo nos meses de primavera a maior quantidade de períodos acima de 4 trocas/hora.

A simulação para o período de abertura pré-selecionado, foi realizada com o objetivo analisar como seriam desenvolvidas as trocas de ar durante todo o ano, caso fossem permitidas trocas de ar independentemente das condições climática.

Na Figura 10 (B) onde as simulações foram realizadas fixando o horário de abertura independente das condições de temperatura, constata-se que a utilização de isolamento térmico não demonstrou variação entre os modelos, podendo todos os dados serem apresentados em uma única coluna.

Nos modelos em que se permitiu a abertura durante o dia independente das condições de temperatura, foi observado uma distribuição da maior parte dos períodos de trocas de ar por hora entre 2 trocas/hora e 6 trocas/hora.

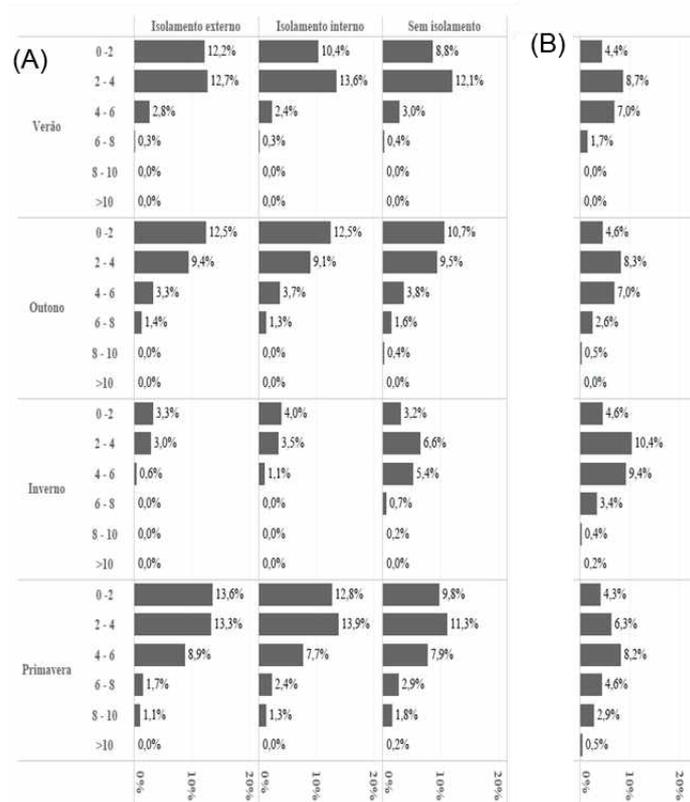


Figura 10 – (A) Ventilação durante as estações do ano para abertura por diferença de temperatura. (B) Ventilação durante as estações do ano para abertura fixada por horário.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Esta etapa corresponde à análise das condições favoráveis ao surgimento do mofo nos dormitórios do modelo computacional. Realizou-se uma análise comparativa entre os diferentes sistemas construtivos (posição do isolamento térmico nas paredes externas) e condicionante de abertura adotada, quantificando-se a ocorrência de condições ideais para a formação do mofo.

A análise realizada foi fundamentada pela pesquisa de Grant et al. (1989), Gertis, Erhorn e Reiss (1999) posteriormente complementados por Sedlbauer (2001), onde as condições ideais para proliferação do mofo tipo *Aspergillus* são: umidade relativa do ar interno superior a 80% e temperatura superficial interna entre 12 °C e 25 °C, por um período mínimo de quatro horas consecutivas.

Com base em dados horários de umidade relativa e temperatura do ar interno, obtidos por meio de simulação computacional, contabilizou-se a ocorrência de períodos que atenderam às condições anteriormente descritas. A soma das ocorrências foi feita sempre contemplando primeiro a pior situação (24 horas consecutivas ou mais).

4.1. Análise dos parâmetros de umidade e temperatura conforme Grant et al. (1989)

As figuras a seguir representam a satisfação das condições para a formação de fungos do tipo *Aspergillus* propostas por Grant et al. (1989). Tais condições seriam de umidade relativa do ar interno acima de 80%, juntamente com temperatura superficial variando entre 12°C e 25°C. Estes dois fatores combinados a um período superior a 4 horas, geram as condições favoráveis para o surgimento dos fungos do tipo *Aspergillus*. Entretanto, quando as condições forem satisfeitas por períodos de 6, 8, 12 ou 24 horas, são gerados agravantes para a infestação pelo fungo (GERTIS; ERHORN; REISS, 1999; SEDLBAUER, 2001).

Na Figura 11, são apresentados os modelos em que se optou pela abertura das janelas dependendo da temperatura interna e externa da edificação. É constatada satisfação da ocorrência de fungos do tipo *Aspergillus* para todos os meses do ano, entretanto, se analisadas as condições por hora, nos meses de inverno são apresentados os maiores períodos de 24 horas ininterruptas, sendo este o cenário que melhor favorece o surgimento deste micélio.

Quando analisado o desempenho por estação do ano, nos meses de verão é constatado um predomínio das condições inferiores a 24 horas. A medida em que o modelo se aproximou dos meses de inverno, observa-se uma migração dos valores dos períodos de 4, 6, 8 para os períodos de 12 e 24 horas. Isto em decorrência da menor interação entre os meios, acarretando em uma redução na quantidade de trocas de ar. Porém, com a redução da quantidade de trocas de ar no ambiente, eleva-se a umidade relativa no dormitório, permitindo assim, longos períodos de satisfação das condições favoráveis para a formação de fungos do tipo *Aspergillus*.

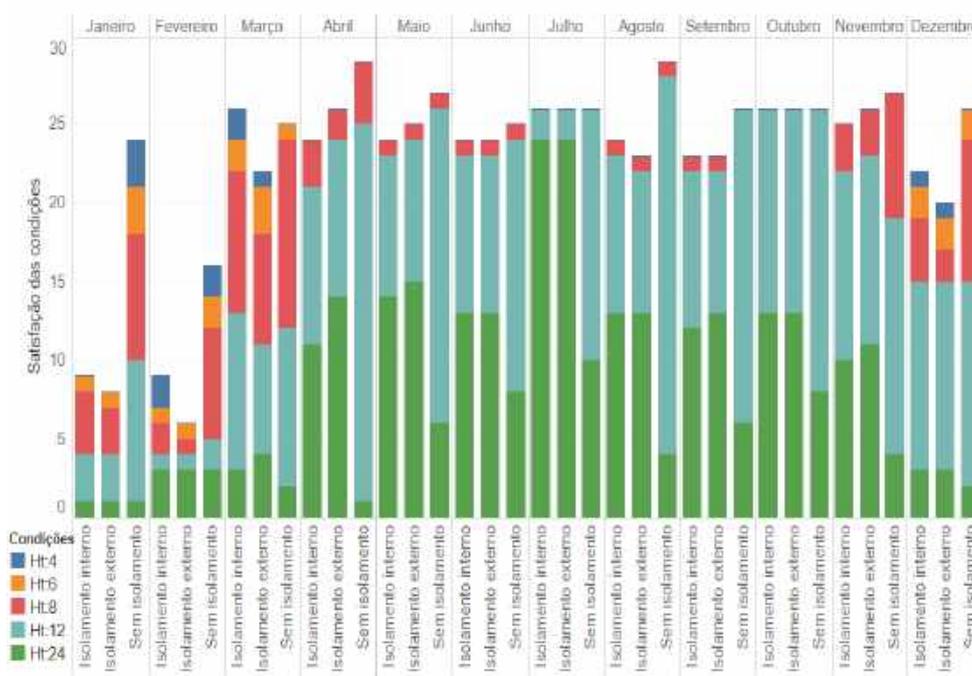


Figura 11 – Satisfação das condições para formação do mofo para os valores de Grant et al. (1989). Quartos voltados para o norte, ventilação por diferença de temperatura, para as três possibilidades de isolamento.

Quando analisado o desempenho entre os sistemas construtivos mostrados na Figura , para os meses de verão observa-se uma melhor performance para os sistemas que adotam isolamento térmico independente de sua orientação na parede. Entretanto, para as outras estações do ano, o sistema sem isolamento térmico apresenta melhor desempenho, uma vez que sua utilização resultou em uma menor quantidade de períodos acima de 12 horas de satisfação das condições ideais.

Numericamente, as ocorrências por períodos inferiores a 24 horas diminuem nos modelos com isolamento nas paredes, porém isto não indica melhora em relação à configuração da parede base. Isto ocorre pois contabilizou-se sempre o maior período possível de ocorrência contínua de atendimento das condições, não computando valores intermediários.

Na Figura 12 é observado que as condições de 24 horas apresentam uma significativa redução, principalmente nos meses de inverno para os sistemas com a presença de isolamento térmico, isto se comparado ao modelo por aberturas com condicionantes de temperatura (Figura 11).

Na Figura 12, os sistemas construtivos adotados apresentaram pouca variação de desempenho, sendo que nos meses quentes pode ser verificado, que o sistema sem isolamento térmico apresenta um desempenho muito inferior aos demais, acarretando em uma maior quantidade de períodos de ocorrência. Entretanto, quando comparado o desempenho dos sistemas para as outras estações do ano, é apresentada uma menor disparidade de rendimento, pois, mesmo que o sistema sem isolamento térmico apresente menos casos de 24 horas, o mesmo gera mais casos para os horários de 12, 8, 6 e 4 horas, não sendo observado então, uma grande disparidade de rendimento entre os sistemas adotados.

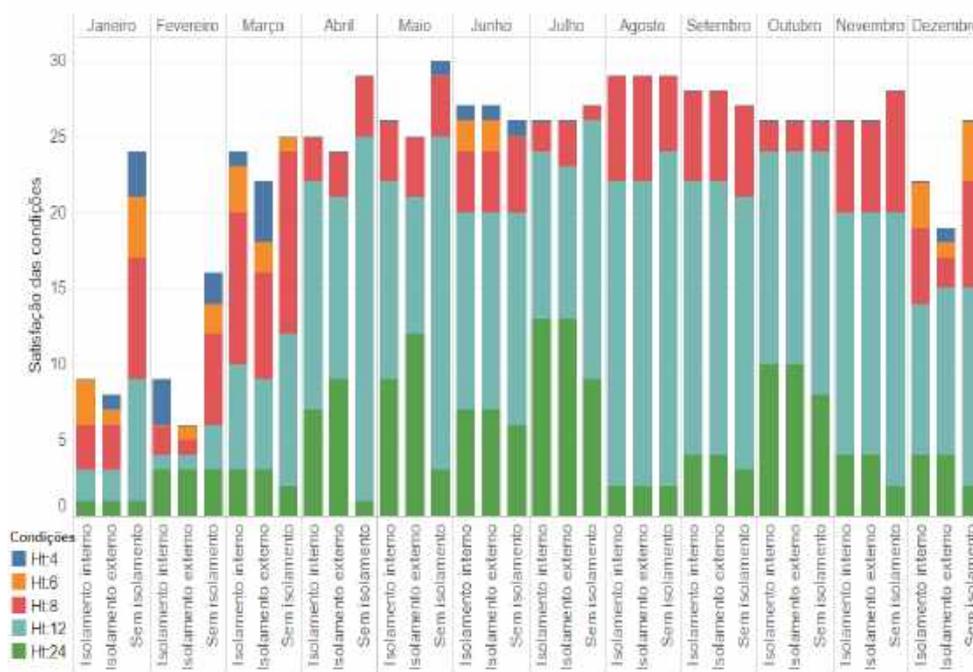


Figura 12 – Satisfação das condições para formação do mofo para os valores de Grant et al. (1989). Quartos voltados para o norte, ventilação fixada por horário, para as três possibilidades de isolamento.

Quando analisado o desempenho pelo tipo de ventilação adotada, é atentado que nos modelos em que se adota a abertura fixada por horário apresentados na Figura 12, é que independente do sistema construtivo, a maior possibilidade de ventilação gerou uma redução considerável na quantidade de períodos de 24 horas de satisfação das condições nos meses de inverno. Isto quando comparado ao modelo em que se optou pela abertura com a condicionante de temperatura e horário apresentado na Figura 11.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar a importância da escolha do sistema construtivo, além do tipo de abertura a ser utilizado, visando minimizar as infestações por fungos, principalmente os do tipo *Aspergillus*. Pode ser destacado, que a utilização de ventilação fixada durante o dia todo minimiza os períodos mais longos de satisfação das condições ideais para o surgimento do mofo.

Quando comparado o desempenho dos sistemas por estação do ano, constatou-se que nos meses de verão pouca variação de desempenho entre os modelos de abertura simulados. Entretanto, quando

comparadas as demais estações, a abertura fixada por horário apresentou uma significativa redução nos períodos de 24 horas ininterruptas de satisfação das condições para surgimento do fungo *Aspergillus*, fragmentando as condições nos horários subsequentes, logo é possível afirmar que uma maior possibilidade de ventilação diminui os registros de 24 horas de ocorrência.

Pode ser constatado que o desempenho do sistema de isolamento térmico adotado sofre variação de acordo com as condições de aberturas simuladas, além da estação do ano.

No modelo com ventilação fixada por diferença de temperatura e fixada por horário, o sistema sem presença de isolamento térmico apresenta, na maioria dos meses, uma quantidade inferior de períodos de satisfação à proliferação de mofo. Exceto pelos meses de inverno no modelo com ventilação fixada apenas por horário, onde foi observada pouca variação de desempenho entre os sistemas construtivos. Sendo assim, é possível afirmar que o desempenho dos sistemas construtivos está diretamente ligado ao tipo de ventilação adotada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. M. S. F.; BARREIRA, E. Condensation and Mold Risk Evaluation in a Gymnasium: In Situ Measurements and Numerical Simulation. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 31, n. 5, p. 04017049, out. 2017.
- AN, C.; YAMAMOTO, N. Fungal compositions and diversities on indoor surfaces with visible mold growths in residential buildings in the Seoul Capital Area of South Korea. **Indoor Air**, v. 26, n. 5, p. 714–723, 1 out. 2016.
- DI GIUSEPPE, E. Development of Mould in Indoor Environments. In: [s.l.] Springer, Cham, 2013. p. 25–35.
- EMPTING, L. Neurologic and neuropsychiatric syndrome features of mold and mycotoxin exposure. **Toxicology and Industrial Health**, v. 25, n. 10, p. 577–581, 2009.
- GERTIS, K.; ERHORN, H.; REISS, J. **Klimawirkungen und Schimmelpilzbildung bei sanierten Gebäuden (Climate effects and mold formation in renovated buildings)**. Building Physics. **Anais...**Berlin: 1999
- GRANT, C. et al. The moisture requirements of moulds isolated from domestic dwellings. **International Biodeterioration**, v. 25, n. 4, p. 259–284, 1 jan. 1989.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Rio De Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac>>.
- LANIER, C. et al. Airborne molds and mycotoxins associated with handling of corn silage and oilseed cakes in agricultural environment. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 16, p. 1980–1986, 1 maio 2010.
- LIE, S. K. et al. Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting? **Building and Environment**, v. 152, p. 192–203, 1 abr. 2019.
- LINCZUK, V.; WESTPHAL, F. S. Benefits of the use of thermal insulation in a naturally ventilated residential building in Brazilian temperate climate. **Int. Journal of Engineering Research and Application**, v. 6, n. 64, p. 2248–962264, 2016.
- MOON, H. J.; AUGENBROE, G. **Evaluation of hygrothermal models for mold growth avoidance prediction Cost Optimization to Satisfy Stringent Energy Targets View project**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/239848561>>. Acesso em: 21 jan. 2019.
- MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; PFALLER, M. A. **Medical microbiology**. 8ª ed. [s.l.] Elsevier, 2015.
- NIELSEN, K. F. et al. Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 54, n. 4, p. 325–336, 1 dez. 2004.
- RICHARDSON, M. D.; WARNOCK, D. W. **Fungal Infection diagnosis and management**. Massachusetts: Blackwell, 2003.
- SEDLBAUER, K. **Prediction of mould fungus formation on the surface of/and inside building components**. [s.l.] Fraunhofer Institute for Building Physics, 2001.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **energyplus Energy Simulation Software**, 2018. Disponível em: <<https://energyplus.net>>
- VALTONEN, V. Clinical diagnosis of the dampness and mold hypersensitivity syndrome: Review of the literature and suggested diagnostic criteria. **Frontiers in Immunology**, v. 8, n. AUG, p. 1–6, 2017.
- Weather Data by Location | EnergyPlus**. Disponível em: <https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/BRA/BRA_Florianopolis.838990_SWERA>. Acesso em: 25 ago. 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.