2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

A INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO ENTRE ÁREA DE ABERTURAS DE ENTRADA E ÁREA DE ABERTURAS DE SAÍDA DO AR EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS: ANÁLISES PARAMÉTRICAS EM CFD[1]

PASSOS, Isabela Cristina da Silva (1); BITTENCOURT, Leonardo Salazar (2); SACRAMENTO, Alexandre da Silva (3)

(1) Centro Universitário CESMAC, isabela.arquitetura@gmail.com
(2) Universidade Federal de Alagoas, lsb54@hotmail.com
(3) Universidade Federal de Alagoas, alexandre.s.arquiteto@gmail.com

RESUMO

A ventilação natural é um dos principais fenômenos que afetam a sensação de conforto térmico nas cidades brasileiras. Entretanto, as recomendações normativas em vigor são incompletas e divergentes quanto ao uso da ventilação natural nas edificações. O presente trabalho buscou analisar o impacto da relação entre aberturas de entrada e aberturas de saída no desempenho da ventilação natural em edifícios residenciais. Para isto foram realizadas análises paramétricas através de simulações computacionais com o software PHOENICS VR 3.6.1 que é um programa CFD – Dinâmica dos Fluidos Computacional. As simulações foram realizadas variando o dimensionamento das aberturas tomando como base as áreas atualmente indicadas na NBR 15.575 e na NBR 15.220, resultando nos seguintes percentuais de relação de abertura de entrada e saída de ar: 50%, 31%, 48% e 36%. *O modelo que apresentou maior frequência de velocidades médias internas foi o modelo* com 48% de área de abertura de saída em relação à área de abertura de entrada na unidade habitacional. Os resultados mostraram que quanto maior a proporção entre aberturas de entrada e aberturas de saída, maior os valores de velocidade do ar encontrados e melhor a distribuição do ar nos ambientes.

Palavras-chave: *ventilação natural, aberturas, simulação computacional, CFD.*

ABSTRACT

Natural ventilation is one of the main aspects that affect thermal comfort in Brazilian cities. However, the actual normative recommendations are incomplete and divergent regarding the use of natural ventilation in buildings. The present work aims to analyze the impact of the relationship between inlet and outlet openings on the performance of natural ventilation in residential buildings. For this, parametric analyzes were carried out through computer simulations with the software PHOENICS VR 3.6.1, which is a CFD - Computational Fluid Dynamics program. The simulations were carried out by varying the openings size based on the areas currently indicated in NBR 15,575 and NBR 15,220, resulting in the following percentages of air inlet and outlet opening ratios: 50%, 31%, 48% and 36% . The model with the highest frequency of average internal air speeds was the model with 48% of the exit opening area in

[1] PASSOS, Isabela Cristina da Silva; BITTENCOURT, Leonardo Salazar; SACRAMENTO, Alexandre da Silva. A influência da relação entre área de aberturas de entrada e área de aberturas de saída do ar em edificações residenciais: análises paramétricas em CFD. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

relation to the entrance opening area in the housing unit. The results showed that the greater the proportion between inlet and outlet openings, the higher the air velocity values found and the better the air distribution in the environments.

***Keywords**: Natural ventilation, openings, computational simulation, CFD.*

1 INTRODUÇÃO

Dentre os aspectos que influenciam as decisões de projeto em arquitetura e urbanismo, as variáveis ambientais se destacam por possibilitarem a produção de espaços mais coerentes com o contexto climático do local onde estão implantados, envolvendo estratégias relacionadas ao conforto ambiental e à eficiência energética nas edificações. Nesse contexto, o uso da ventilação natural nas edificações é uma das estratégias passivas mais importantes para minimizar o efeito de altas temperaturas, em especial em climas tropicais (KOENIGSBERGER, 1974; GIVONI, 1962; SANTAMOURIS;WOUTERS, 2006; AFLAKI et al, 2015).

Aflaki et al (2015) apontam a ventilação natural como principal estratégia para edifícios localizados em climas tropicais em comparação com outras técnicas passivas de condicionamento térmico. As temperaturas relativamente constantes ao longo do dia e do ano e os elevados índices de umidade relativa do ar fazem da ventilação natural a estratégia mais presente na arquitetura tropical. Dentre as vantagens do seu uso, destaca-se o seu potencial para reduzir o consumo de energia com aparelhos refrigeradores e ventiladores enquanto proporciona níveis de qualidade do ar interna aceitáveis, além do conforto térmico dos usuários (ALOCCA et al, 2003; CHEN et al, 2017)

No Brasil, país de clima tropical, a ventilação é uma estratégia recomendada para 99% das cidades, com exceção apenas das cidades inseridas na Zona Bioclimática 1, que apresentam temperaturas mais baixas. O uso permanente da ventilação cruzada é recomendado para 53,7% do território brasileiro que corresponde à Zona Bioclimática 8 conforme classificação da NBR 15.220-3 A ventilação natural é recomendada ainda de forma seletiva nas demais regiões do país. (ABNT, 2005).

Apesar disto, a utilização da ventilação natural tem sido muitas vezes, negligenciada na elaboração de projetos de edificações. O advento da tecnologia dos sistemas de condicionamento artificial, bem como projetos arquitetônicos inadequados à realidade climática local, tem ocasionado a não utilização da ventilação natural em muitas edificações atuais (LIN e CHUAH, 2011; OMRANI, 2017), incrementando o consumo de energia no setor residencial que chegou a 22% no Brasil em 2008 (BRASIL, 2008).

Uma das maneiras de mitigar o consumo de energia e potencializar a ventilação natural nas edificações residenciais é usufruir adequadamente da relação entre as aberturas e a recepção dos ventos predominantes. Dentre estes aspectos, as janelas são muitas vezes a única maneira que o usuário tem de controlar as condições microclimáticas do ambiente interno. A configuração das aberturas e sua influência no desempenho da ventilação natural em edifícios tem sido objeto de diversas pesquisas internacionais (LUKKUNAPRASIT, et al, 2009; YIN, et al, 2010) e brasileiras (VERSAGE, 2009, CUNHA, 2010; SACRAMENTO, 2012). Apesar disto, as normas no país ainda não contemplam diretrizes consistentes que auxiliem projetistas na tomada de decisões, por exemplo, quanto ao dimensionamento, localização ou tipologia das esquadrias.

A NBR 15.220 (ABNT, 2005) lança diretrizes para construção de habitações de interesse social onde, para a Zona Bioclimática oito, por exemplo, as principais recomendações são: ventilação cruzada e proteção solar. Sobre as aberturas, a Norma recomenda apenas que o tamanho delas seja equivalente a 40% da área do piso do ambiente. Da mesma forma, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) traz recomendações quanto ao dimensionamento das aberturas em relação à área de piso dos ambientes. Entretanto, a recomendação para a mesma Zona Bioclimática é que a área de abertura seja maior ou igual a 8% da área do piso do ambiente, índice que representa 20% da área recomendada pela NBR 15.220 (ABNT, 2005).

Os regulamentos de eficiência energética lançados pelo INMETRO (BRASIL, 2009; 2012), representam um grande passo para a construção de edifícios mais eficientes energeticamente. O RTQ-R avalia a ventilação natural na análise de pré-requisitos e nas bonificações. Neste regulamento, o percentual de área mínima de abertura exigido, por exemplo, não garante a adequada orientação das esquadrias nem sua distribuição no ambiente. A razão entre áreas de abertura de entrada por área de abertura de saída, quando fora da proporção indicada (25%) também não é considerada tornando-se um ponto negativo na avaliação, segundo o RTQ-R.

A definição da configuração das aberturas em edificações residenciais para promoção de conforto térmico e eficiência energética através do aproveitamento da ventilação natural em cidades brasileiras torna-se de fundamental importância, principalmente para buscar informações consistentes que possam embasar decisões projetuais, dada a carência nas atuais normas de desempenho de edificações no Brasil. Por isto, o objetivo deste artigo é analisar a influência da relação entre áreas de entrada e áreas de saída de ar no desempenho da ventilação natural em edificios multifamiliares residenciais através de simulações com CFD em diferentes configurações de aberturas.

2 MÉTODO

O método proposto fundamenta-se na análise comparativa de modelos com diferentes configurações, analisando qualitativa e quantitativamente os efeitos de cada parâmetro escolhido, no desempenho da ventilação natural.

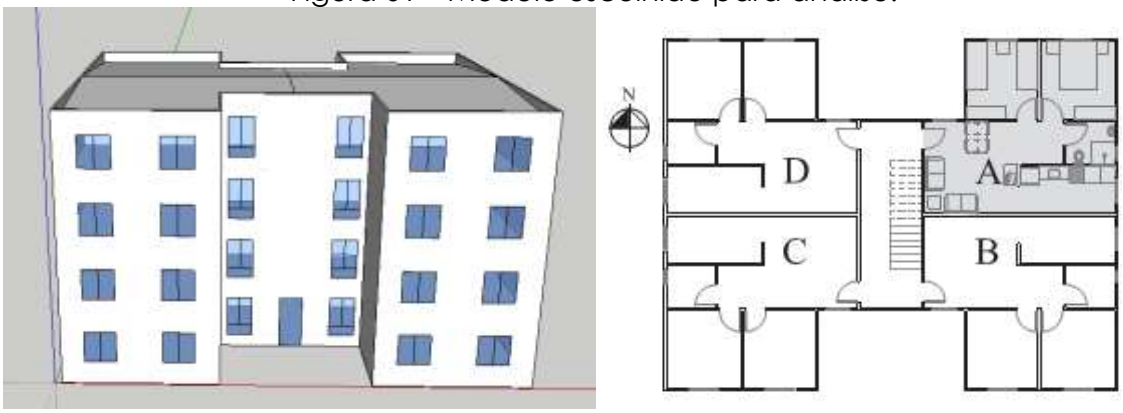
Por este motivo, optou-se por utilizar uma ferramenta CFD para a análise do impacto produzido por diferentes configurações de aberturas no comportamento da ventilação natural em edificações residenciais multifamiliares. O software escolhido foi o PHOENICS, produzido pela CHAM na sua versão 3.6.1.

2.1 Definição e caracterização do modelo

Devido a sua representatividade nas cidades brasileiras, bem como a possibilidade de analisar diferentes configurações de aberturas, foi escolhida a tipologia de apartamento típico para faixa de renda 1 em formato H apresentada no estudo de Triana et al (2015). Esta tipologia de quatro apartamentos por andar é bastante praticada nas cidades brasileiras tanto em habitações populares quanto em edificações voltadas para a classe média, sofrendo algumas adaptações de acordo com o público alvo de cada empreendimento, como por exemplo, o acréscimo de um quarto e o aumento da área útil dos ambientes.

Os modelos foram construídos detalhando apenas o térreo e o terceiro pavimento, transformando os outros pavimentos em blocos sem aberturas de modo a agilizar as simulações. Além dos pavimentos intermediários, o corredor também foi considerado um bloco fechado, já que a porta de acesso aos apartamentos geralmente fica fechada por questões de segurança. Da mesma forma, tanto as NBRs quanto o Regulamento de Eficiência Energética não consideram a porta principal como uma abertura de entrada de ar.

Figura 01 – Modelo escolhido para análise.



Fonte: TRIANA, et al, 2015.

2.2 Definição dos parâmetros a serem simulados

Com relação ao dimensionamento das aberturas foram simulados os seguintes percentuais de área de abertura com relação à área do piso: 8%, 12%, 25% e 40%. Esses percentuais foram escolhidos por estarem presentes nas Normas 15.220 e 15.575.

As relações entre área de abertura de entrada/área de abertura de saída de cada modelo foram calculadas em função das áreas de abertura dimensionadas. O cálculo foi feito de acordo com as instruções do RTQ-R (BRASIL, 2012).

Sendo assim, o caso 1, com 8% de área de aberturas em relação à área do piso possui relação entre áreas de abertura de saída e entrada do vento de 50%. O caso 2, com 12% de área de abertura em relação à área do piso apresenta 31%, o caso 3 com 25% de área de abertura em relação a área de piso possui 48% e o caso 4, com 40% da área de abertura em relação ás áreas de piso, teve como resultado o percentual de 36% de relação entre áreas de abertura de saída e entrada e do vento.

As incidências analisadas foram: incidência 1 igual a 0º, a incidência 2 igual a 90º, a incidência 3 igual a 135º em relação ao eixo Y no domínio do programa (localização do Norte), cobrindo assim, todos os ângulos de incidência de 45° em 45° graus para o modelo analisado, considerando que os apartamentos possuem planta espelhada.

Para a escolha das velocidades médias do vento a serem simuladas, foram observadas as velocidades médias mensais do vento nas capitais brasileiras, considerando que estas se localizam em realidades climáticas distintas. Foram calculadas as velocidades médias anuais, e observou-se que a média da velocidade entre as cidades é de 2m/s, sendo este também o valor mais frequente. A mediana foi calculada e obteve-se como resultado o valor de 1,93m/s. Por este motivo, as simulações foram realizadas utilizando a velocidade de entrada de 2m/s.

2.3 Configuração dos dados de simulação

A velocidade a ser considerada nas simulações será de 2m/s. Essa velocidade foi corrigida de acordo com a altura da abertura de estudo como sugerem BITTENCOURT; CANDIDO (2008). As condições de rugosidade do entorno correspondem ao de centro de cidade utilizando os valores: k=0,21 e a=0,33 (JACKMAN apud BITTENCOURT; CANDIDO, 2008)Foi utilizado o objeto WIND disponível nesta versão do Programa. Para esta investigação, as dimensões do domínio foram calculadas segundo as orientações do suporte técnico do software para utilização do módulo WIND. O domínio deve ter um tamanho que permita o livre escoamento do fluxo de modo a não ocasionar interferências nos campos de pressão gerados nas simulações (SACRAMENTO, 2012).

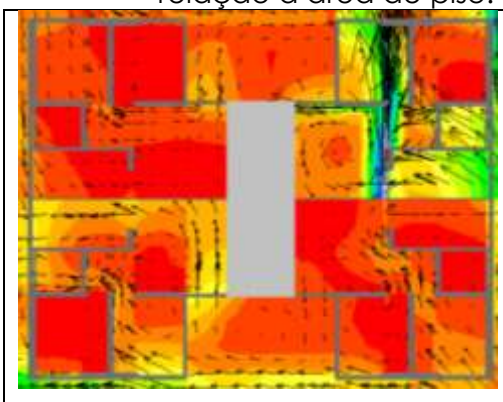
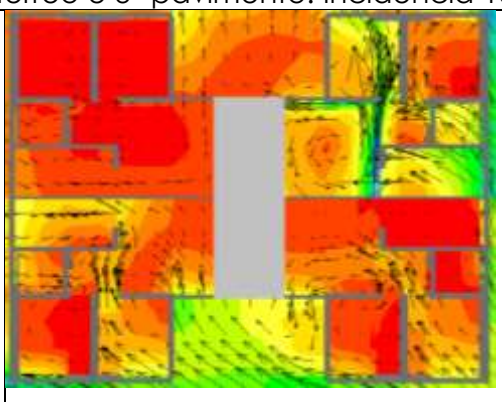
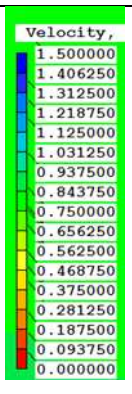
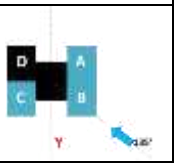
Para análise quantitativa, foram extraídas as médias da velocidade do ar em cada ambiente de cada apartamento nos dois pavimentos investigados. Foram coletadas as velocidades do ar em duas alturas: 0,6m acima do piso dos pavimentos, que seria a altura de um usuário sentado ou deitado e 1,5m acima do piso dos pavimentos que seria a zona mediana de respiração do ser humano (MORAIS, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise qualitativa

A análise qualitativa das simulações evidenciou que a orientação do edifício em relação aos ventos dominantes na região modifica significativamente o fluxo do vento no interior da edificação. Em relação aos ambientes mais favorecidos em cada incidência de vento, observou-se que para incidência de 0° as maiores velocidades foram encontradas na cozinha. Com o vento a 90° os ambientes que obtiveram maiores velocidade do ar foram a cozinha e a sala. E para o vento incidindo a 135° os ambientes mais favorecidos foram quarto 1 e sala. Isto ocorreu devido ao posicionamento dos ambientes em relação aos ventos simulados neste tipo de edifício.

Quadro 1: Distribuição do fluxo de ar nos modelos com 25% área de abertura em relação à área de piso: térreo e 3° pavimento. Incidência 135°.

		
Área de Abertura 25% Porosidade das portas internas 100% Térreo	Área de Abertura 25% Porosidade das portas internas 100% 3° Pavimento	

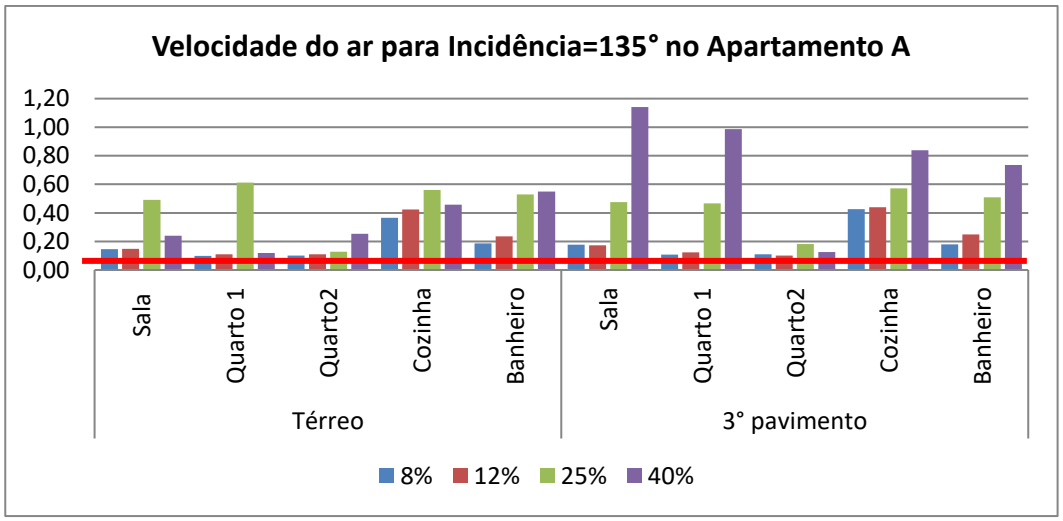
Em uma análise geral, portanto, considera-se que a orientação em relação ao vento incidente a 135° é favorável em relação às demais orientações, em edifícios de forma quadrada e com plantas rebatidas como no caso analisado. Isto porque os valores de velocidade do ar alcançados são maiores e a distribuição do fluxo de ar não é tão heterogênea entre os apartamentos como nos outros casos. Observou-se também que o formato "H" do edifício e as aberturas das salas dos quatro apartamentos posicionadas na reentrância favoreceram a ventilação natural na maioria dos apartamentos, devido à diferença de pressão gerada nesta incidência.

3.2 Análise quantitativa

3.2.1 Quanto a área de abertura

Nas simulações com incidência de vento a 135°, os valores foram os mais altos dentre as três incidências simuladas, mantendo-se entre 0,10 m/s e 1,14m/s. Os valores mais altos foram encontrados nos modelos com 40% da área de abertura em relação a área de piso, principalmente nos ambientes sala, quarto 1, cozinha e banheiro do terceiro pavimento (Figura 02).

Figura 02: Gráfico da velocidade do ar para incidência 135° no apartamento A.



Observa-se que no térreo, entretanto, o modelo com 25% de área de abertura em relação à área do piso apresentou maiores velocidades do ar internas na sala, quarto 1 e cozinha. Isto pode ter ocorrido porque o percentual de área de abertura de entrada em relação ao percentual de área de saída é maior neste modelo, ou seja, ele possui maior potencial de ventilação cruzada do que o modelo com áreas de abertura iguais a 40% das áreas de piso. Observa-se, portanto, que a dimensão das aberturas não pode ser considerada isoladamente, mas outros fatores podem ser determinantes no desempenho da ventilação natural.

Por fim, é importante destacar que os percentuais propostos pelas Normas, sempre em relação à área do piso dos ambientes nem sempre são praticáveis, pois muitas vezes, são maiores que a área de parede do ambiente disponível na fachada. Nota-se, portanto, que seria mais adequado se as Normas trabalhassem com o percentual da área de abertura em relação à área de fachada do ambiente, evitando este tipo de problema.

3.2.2 Quanto a relação entre área de abertura e área de piso

Esta análise foi realizada nos modelos simulados neste trabalho, verificando que todos os modelos simulados possuem relação entre áreas de abertura de entrada e saída maior do que a recomendada pelo RTQ-R, que é de 25% (A2/A1 ≥ 25%). Os modelos com 8% de área de abertura em relação à área de piso possuem 50%, os modelos com 12% de área de abertura em relação à área de piso possuem 31%, os modelos com 25% de área de abertura em relação à área de piso possuem 48% e por fim, os modelos com 40% possuem 36%.

Apesar disto, os resultados mostraram que o percentual de ventilação cruzada por si só não é capaz de garantir a velocidade de ar necessária para promover o conforto térmico dos usuários. Nos modelos onde esse percentual era mais alto, mas as áreas de abertura eram menores os valores de velocidade do ar interna foram baixos, em muitos casos menores que 0,4m/s.

Verificou-se que as velocidades mais altas foram obtidas nos modelos que além de possuírem maiores aberturas, possuíam também maiores percentuais na relação entre área de aberturas de saída/área de aberturas de entrada. Os percentuais eram de 36% e 48% nos modelos com maiores áreas de aberturas, considerando a unidade habitacional. Por esta razão, recomenda-se adotar uma proporção de ventilação cruzada de no mínimo 35% em cada unidade habitacional, relacionando as aberturas de entrada e as aberturas de saída dispostas em fachadas diferentes do edifício.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conjunta de diversos parâmetros que afetam a ventilação natural nas edificações mostrou, de maneira geral, que as recomendações das normativas são falhas, não considerando a integração entre os diversos aspectos que influenciam o desempenho da ventilação natural nos edifícios.

Além do dimensionamento das aberturas em relação a área de piso, como é abordado nas normas, este artigo analisou a relação entre área de aberturas de entrada e área de aberturas de saída em uma unidade habitacional. Esta relação está presente apenas no RTQ-R, que recomenda um índice de 25%.

Entretanto, nas simulações realizadas, as maiores velocidades do ar em ambientes internos foram obtidas com a associação destes dois aspectos: maiores dimensões de aberturas e maiores percentuais na relação entre área de abertura de entrada e área de aberturas de saída na unidade habitacional. Por esta razão recomenda-se o percentual mínimo de 35% que é um valor mais próximo aos simulados neste trabalho.

É importante destacar a necessidade de considerar, de forma integrada, os diversos condicionantes arquitetônicos envolvido no projeto das aberturas: além da ventilação natural, a iluminação natural, o ruído, a incidência de chuvas, dentre outros.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos** – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220: Desempenho térmico para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

AFLAKI, A. N.; MAHYUDDIN, Z.A.; AWAD, C.M. BAHARUM, M.R., A review on natural ventilation applications through building facade components and ventilation openings in tropical climates. **Energy and Buildings**. Accepted manuscript. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.033>. Acesso em 01 set. 2016.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2008.

BRASIL. **Lei n. 10295,** de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>. Acesso em: 25 de outubro de 2012.

CUNHA, L. J. B. F. **Análise de métodos para aplicação da ventilação natural em projetos de edificações em Natal-RN**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T. G.; MAYTHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Manual of Tropical Housing and Building.** Part I: Climatic Design. Londres: Longman, 1974.

LIN J.T., CHUAH Y.K. A study on the potential of natural ventilation and cooling for large spaces in subtropical climatic regions. **Building and Environment**.2011;v. 46:89–97.

LUKKUNAPRASIT, P, RUANGRASSAMEE, A. THANASISATHIT, N. Tsunami loading on buildings with openings. **Science of Tsunami Hazards**. 2009; 28 (5): 303-10.

MORAIS, J. M. **Ventilação natural em edifícios multifamiliares do "Programa Minha Casa Minha Vida".** Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual De Campinas. Campinas, 2013.

OMRANI, S.; GARCIA-HANSEN, V.; CAPRA, B.; DROGEMULLER, R. 2017 Natural ventilation in multi-storey buildings: design process and review of evaluation tools. **Building and Environment**. 2017. Accepted Manuscript.

SACRAMENTO, **A influência da dimensão da abertura de saída da cozinha/serviço no potencial de ventilação dos ambientes de edificações multifamiliares em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2012.

SANTAMOURIS, M; WOUTERS, P. **Building ventilation**: the state of the art. James andJames,2006.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterization of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy policy**. v. 87. Pp. 524-541, 2015.

VERSAGE, R. de S. **Ventilação natural e desempenho térmico em edifícios verticais multifamiliares em Campo Grande, MS**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.2009.

YIN, W., ZHANG, G., YANG, W., WANG, X. Natural ventilation potential model considering solution multiplicity, window opening percentage, air velocity and humidity in China. **Building and Environment.** 2010; 45 (2): 338-44.