A INFLUÊNCIA DE TIPOS DE GUARDA-CORPOS NA VENTILAÇÃO DE EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES VERTICAIS[1]

RAVIOLO, B., Universidade Federal do Ceará, email: bruno.raviolo@gmail.com; LEITE, R., Universidade Federal do Ceará, email: renancid@bol.com.br; FONTENELLE, T., Universidade Federal do Ceará, email: thaisfsiqueira@gmail.com

ABSTRACT

Stating the natural ventilation relevance to thermal comfort in hot and humid climate regions, this paper investigates potential solutions to identified problems in multistory residential building typology. Through an inductive scientific method, different types of railings used in balconies are evaluated for their influence on the intensity and pattern distribution of the pressure coefficient on buildings' frontal facades. Research methods includes a survey carried with a group of architects from Fortaleza to clarify design criteria when choosing railings; documental research to build a study case with typological value; computational fluid dynamics simulations to assess railings performance. Results compares the intensity and pattern distribution of the pressure coefficient modified by balconies and its railings between different stories. Discussions includes general design guidelines to adequate technical drawings detailing guard railings during architectural design, thus minimizing natural ventilation issues identified in this typology.

***Keywords**: Multistory residential buildings. Natural ventilation. Computational fluid dynamics. Dynamic pressure coefficient.*

1 INTRODUÇÃO

A ventilação natural é uma estratégia simples e eficaz para alcançar conforto térmico em lugares de clima quente e úmido, uma vez que a velocidade do ar pode diminuir a sensação térmica de calor dos ocupantes de edificações (NICOL, 2004). Ressalta-se, entretanto, que apenas um controle parcial é possível, em contraste com o controle total permitido por sistemas ativos (ANDRADE, 2014). Causas para a imprevisibilidade do fenômeno residem nas complexas e instáveis interações dos processos atmosféricos e alterações devido aos obstáculos do entorno (CÓSTOLA, 2006). Associa-se, também, à variabilidade formal que os objetos arquitetônicos assumem na prática projetual, já que elementos como varandas, balcões e marquises produzem impactos no comportamento do fluxo de ar que incide sobre as fachadas.

A presença das varandas em edifícios residenciais verticais de Fortaleza é explicada parcialmente por incentivos legais previstos na legislação municipal no cômputo das áreas para índices urbanísticos dos empreendimentos (FORTALEZA, 1981). Estas assumem, também, um caráter plástico e atuam efetivamente como proteções solares, alterando a distribuição da pressão dinâmica nas fachadas. Contudo, a falta de domínio sobre os fundamentos da ventilação natural gera uma série de problemas que prejudicam o conforto e uso dos espaços, induzindo adaptações posteriores ao projeto

[1] RAVIOLO, B., LEITE, R., FONTENELLE, T. A Influência dos Tipos de Guarda-corpos na Ventilação de Edifícios Multifamiliares Verticais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

(XIMENES et al, 2016).

Estudos da ventilação natural em edificações verticais comumente se utilizam de geometria simples, sem varandas. Tal deficiência pode levar a imprecisões nos cálculos envolvendo a vazão de ar, negligenciando a separação dos fluxos e a criação de áreas de recirculação do ar (MONTAZERI; BLOCKEN, 2013). Além da varanda, com suas variações formais, a presença de elementos como guarda-corpos altera o comportamento dos fluxos, com impactos no aproveitamento do potencial do vento para o conforto térmico.

A relação entre o campo de pressões nas fachadas e o vento vem sendo explorada através de ferramentas computacionais de dinâmica dos fluidos (*Computational Fluid Dynamics*, ou CFD), desde Maruyama (1999), passando pelas análises de Burnett et al (2005), Lam et al (2008) e Cheung et al (2011). Contudo, a avaliação dos impactos de elementos formais como varandas sobre o valor do coeficiente de pressão dinâmica (C_p) encontra pouca referência em literatura, ao passo em que a análise dos impactos de elementos que compõem as varandas, notadamente os diferentes tipos de guarda-corpos, com algumas exceções (MONTAZERI; BLOCKEN, 2013), permanece inexplorado.

Para mitigar os efeitos indesejados na ventilação natural em edifícios multifamiliares verticais propõe-se um estudo comparativo acerca da influência de diferentes tipos de guarda-corpo na distribuição do C_p em fachadas frontais por meio de ferramentas CFD.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho segue o paradigma das ciências do artificial com uma abordagem indutiva, considerando a recorrência da má-qualidade da ventilação natural em torres residenciais uma classe de problema relevante, e permitindo, assim, a generalização do conhecimento produzido a partir de estudos de casos para outras situações similares (DRESCH et al, 2015).

Um questionário foi elaborado para coletar dados a respeito da tipologia residencial em altura, subsidiando a adoção de um edifício padrão a ser utilizado como base nas simulações e para obter informações sobre os critérios dos arquitetos para a escolha de guarda-corpos no processo de projeto.

Em virtude da complexidade do fenômeno envolvido e dos custos operacionais reduzidos, foram empregadas ferramentas CFD para simular o comportamento dos guarda-corpos mais relevantes para a prática profissional.

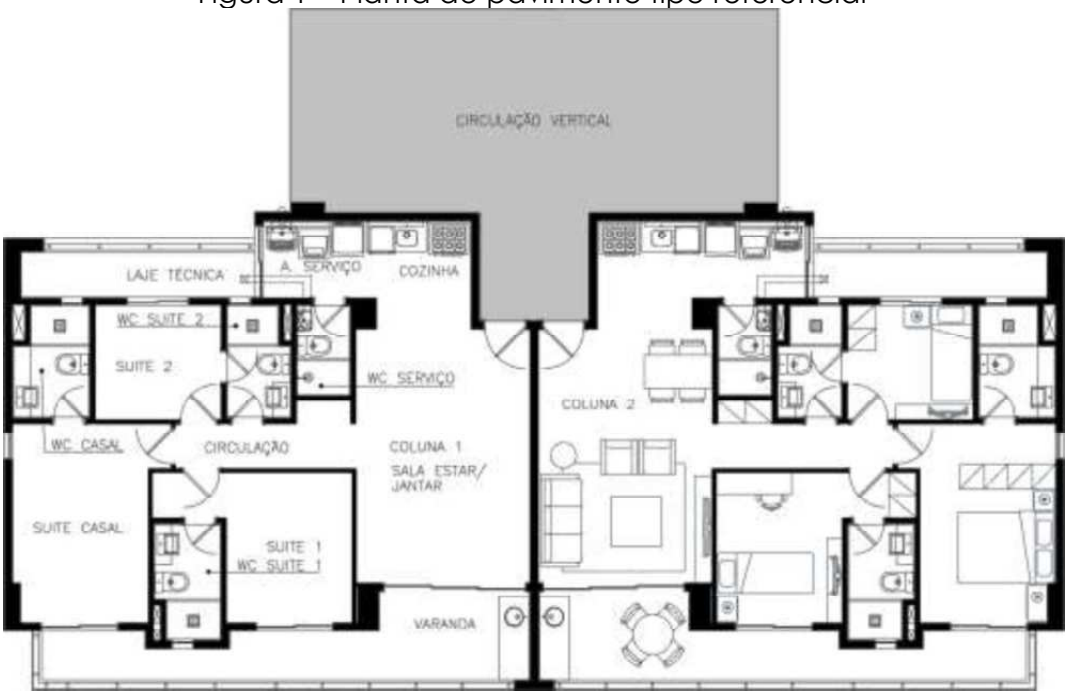
2.1 Questionário

O questionário foi aplicado junto a três arquitetos com expressiva atuação na tipologia supramencionada em Fortaleza. Os respectivos escritórios cederam documentação técnica referente a quatro projetos desenvolvidos nos últimos 5 anos.

Constatou-se a predominância de edifícios lineares com duas unidades habitacionais (UH) e também disposições em "L" com três unidades por andar. Em ambos os casos, os projetos contam com, pelo menos, 20 pavimentos. Adotou-se, então, a tipologia linear de duas UH, uma vez que as respostas dos arquitetos ao questionário mostraram que a implantação comumente orienta a fachada principal perpendicularmente ao vetor do vento predominante em Fortaleza (leste e sudeste).

Por este recorte é utilizado um projeto para a avaliação dos valores de C_p (Figura 1), que serve para a derivação do caso básico, desprovido de varandas, como também para outros modelos que, por sua vez, adotarão varanda com os tipos de guarda-corpos mais utilizados, segundo o questionário aplicado.

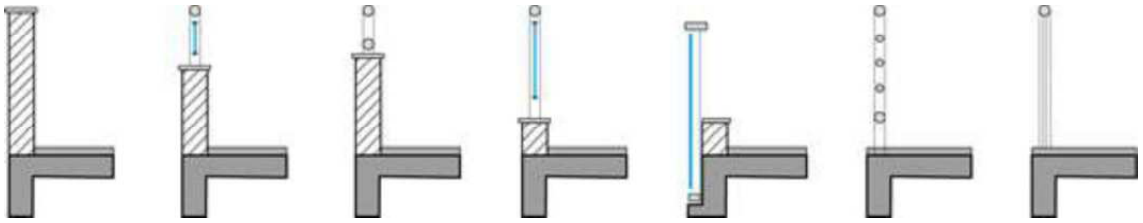
Figura 1 – Planta do pavimento tipo referencial



Fonte: os autores

Sete modelos de guarda-corpo identificados em Fortaleza (Figura 2) foram apresentados no questionário para que os arquitetos ordenassem de acordo com o critério pessoal de permeabilidade ao vento, bem como indicassem os mais utilizados em seus projetos.

Figura 2 – Guarda-corpos trazidos pelo questionário



Fonte: os autores

2.2 Simulação computacional de dinâmica dos fluidos

Os modelos CFD utilizam um domínio prismático, obedecendo proporções mínimas para alcançar um efeito de blocagem calculado em 1,16% (CÓSTOLA, 2006). As simulações foram realizadas em condições isotérmicas, com ar a 25°C, estacionárias tipo RANS. Adotou-se o modelo de turbulência k-ε com intensidade de 5% e o fechamento para convergência de residuais foi definido em, no mínimo, 10^{-4}.

Empregou-se uma malha desestruturada associada a uma camada prismática para modelagem da camada limite. Utilizou-se um eixo de simetria lateral a partir da edificação, reduzindo a quantidade de elementos. A variação na pressão média na edificação foi monitorada como parâmetro para testes de independência, com limiar para erros de discretização definido em 10%. Em função da grande variação de volume entre as células, a simulação foi feita com precisão dobrada.

A face de entrada recebeu um perfil de velocidade descrito por uma equação exponencial, com coeficientes de entorno adensado (BRE, 1978). A velocidade de referência foi definida em 5,50 m/s com base em um arquivo climático da cidade. A face de saída foi definida com pressão estática igual a 0 Pa. Outras faces foram modeladas com a função de parede lisa, exceto pelo topo, com a condição de livre escorregamento.

2.3 Caso básico

A definição geométrica do caso básico pressupõe a análise dos projetos levantados, que pelo recorte tipológico apresentam similaridade da estrutura espacial. Ao identificar conexões recorrentes entre os ambientes dos diferentes projetos, sua representação se assemelha à de um tipo arquitetônico.

Optou-se pela modelagem apenas do corpo da torre por uma extrusão contínua, gerando uma forma prismática com 20 pavimentos de altura e com pé-direito de 3,06 m. Para o caso básico foram suprimidas, além do embasamento e coroamento, também quaisquer varandas.

2.4 Amostragem de pressão dinâmica

Linhas para a amostragem do C_p foram implantadas em toda a extensão das fachadas frontais. A inserção seguiu o ponto médio das esquadrias da sala e da suíte 1. Vistas em falsa cor foram empregadas com os limites da faixa de

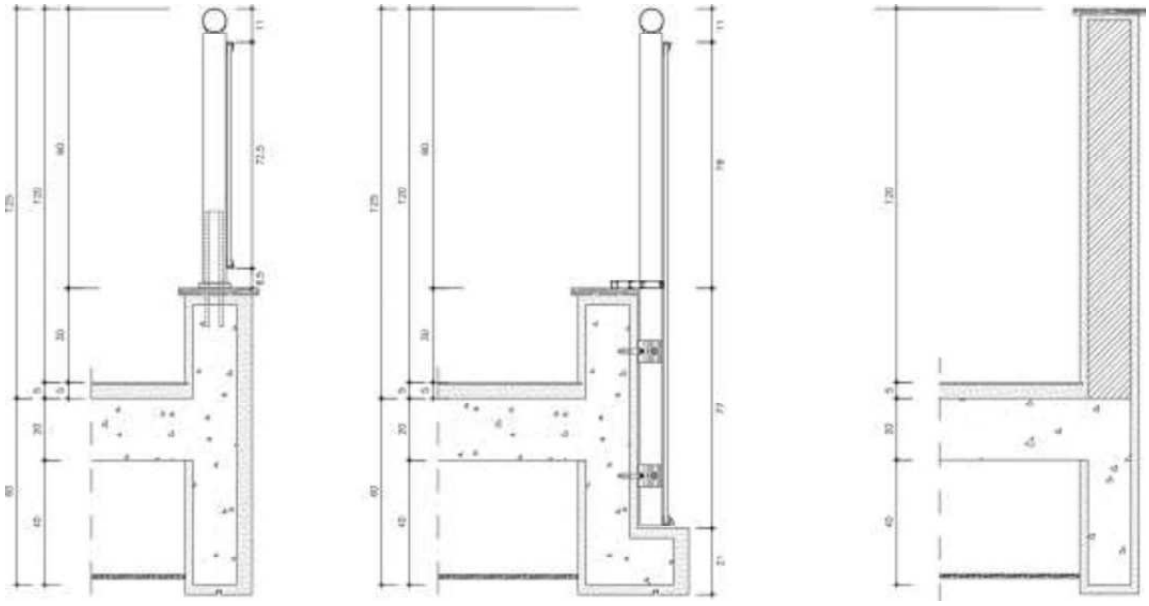
análise equalizados para comparação visual.

3 RESULTADOS

3.1 Questionário

Os entrevistados apontaram os modelos "mureta em alvenaria + vidro separado" e "viga em L + vidro frontal" como os mais recorrentes. Ressalta-se que esta última é, na verdade, muito pouco permeável à ventilação natural em função da estreita passagem ao vento, considerando-a como um equivalente à "mureta de alvenaria simples". Além disso, uma vez que esta foi indicada como a pior para a ventilação, foi, portanto, adicionada aos tipos de guarda-corpo a serem simulados (Figura 3).

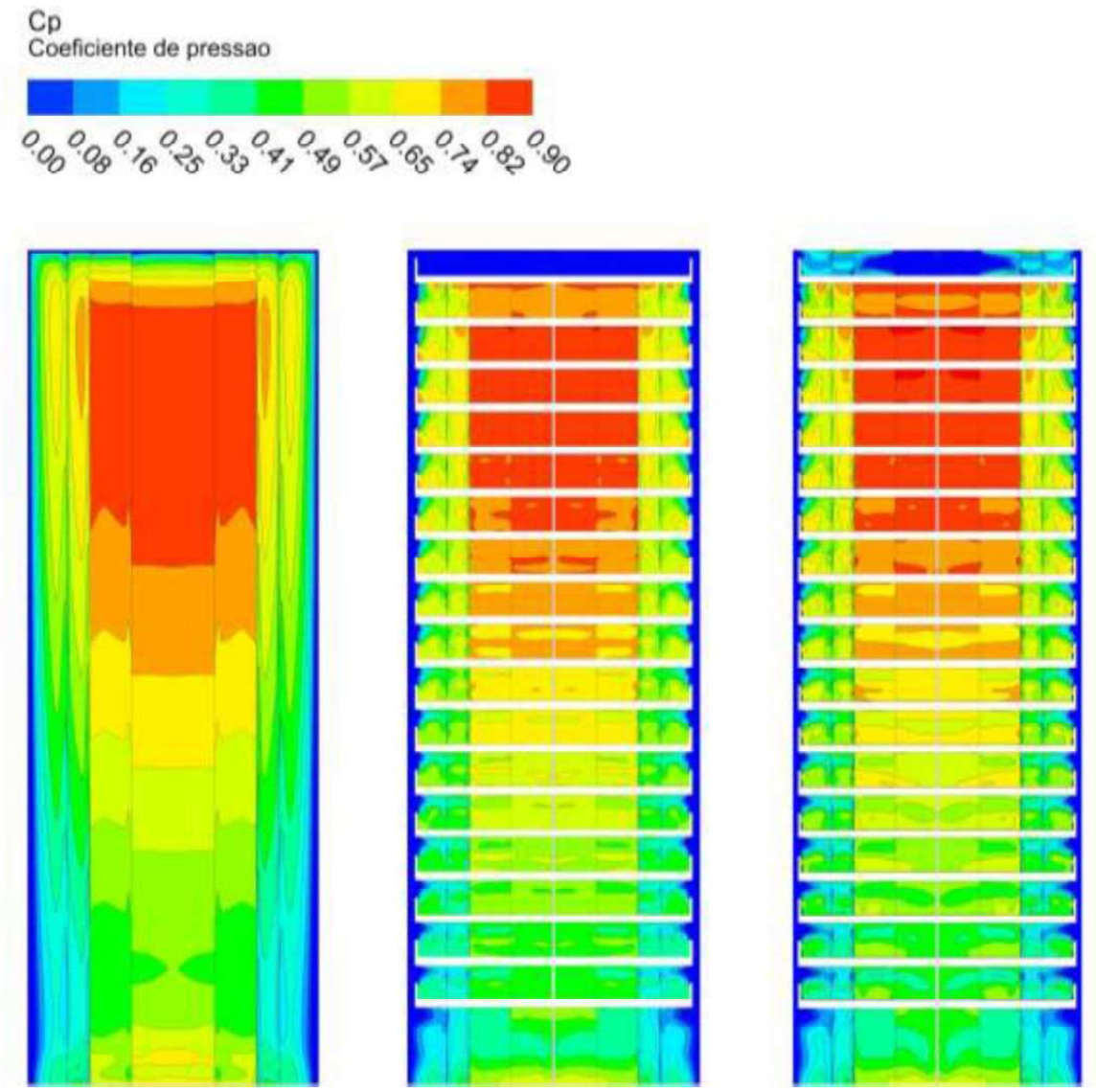
Figura 3 – Detalhamento dos guarda-corpos considerados relevantes



Fonte: as autores

3.2 Simulações

Figura 4 – Corte sobre varandas com vista para fachada frontal



Fonte: as autores

3.2.1 Caso básico

O caso básico apresenta uma malha com 2.444.029 elementos, y^+ médio de 78 e máximo de 235. Confirma-se a conhecida distribuição assimétrica do C_p (Figura 4, à esquerda), com regiões mais intensas próxima às UHs mais altas e uma concentração no início do embasamento da torre (LEITE, 2015).

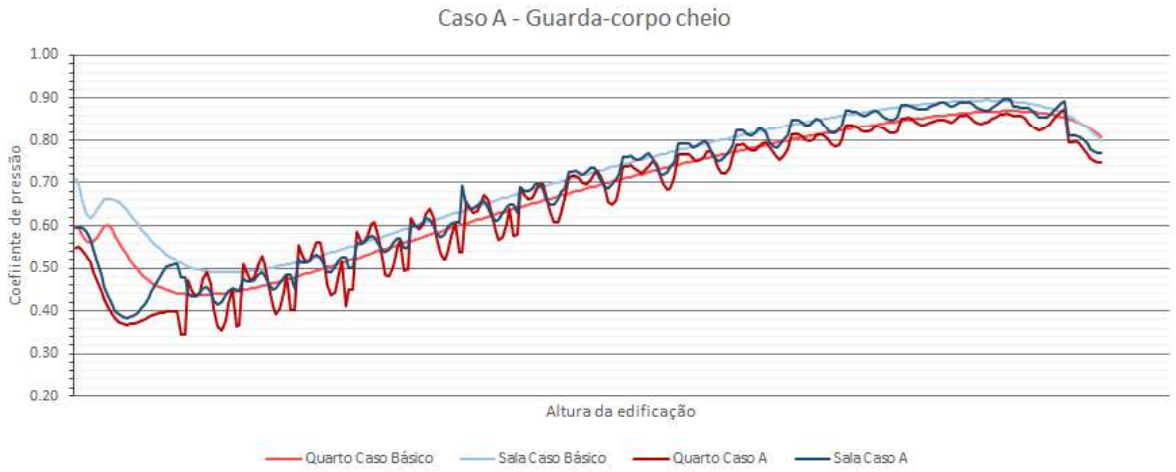
3.2.2 Caso A - Guarda-corpo cheio

O tipo A é caracterizado como elemento totalmente impermeável ao vento, equivalente ao guarda-corpo de alvenaria simples e também de viga em L

com vidro frontal. Sua malha apresenta um total de 4.439.292 elementos, y^+ médio de 73 e máximo de 242.

Os resultados demonstram a persistência do padrão geral de distribuição C_p original do caso básico, ocorrendo uma já esperada redução nos ventos que atingem a esquadria da sala (Figura 4, ao centro).

Figura 5 – C_p caso A



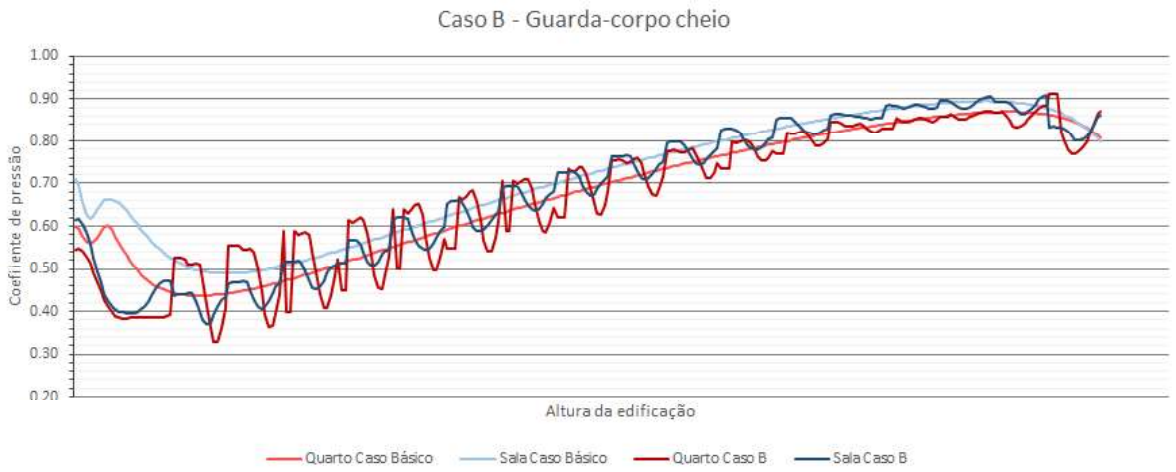
Fonte: as autores

Com guarda-corpos cheios, o C_p da região adjacente à sala é mais baixo e com menor flutuação, pois a maior profundidade até a varanda dá espaço para o fluxo de ar se estabilizar (Figura 4). Na suíte 1 a flutuação é muito maior, já que a pressão passa a se concentrar na região superior ao guarda-corpo. Percebe-se que este comportamento é especialmente pronunciado nos pavimentos mais baixos, diminuindo à medida que se ganha altura.

3.2.3 Caso B - Guarda-corpo vazado

O tipo B representa o guarda-corpo com fiada de alvenaria, vidro separado e corrimão. Sua malha apresenta um total de 5.635.908 elementos, y^+ médio de 79 e máximo de 232.

Figura 6 – C_p caso B



Fonte: as autores

O guarda-corpo do caso B aumenta o C_p nas regiões mais baixas da varanda contígua à suíte 1, o que revela um potencial para a ventilação natural quando portas são utilizadas como esquadrias. O potencial de ventilação é maior na altura do peitoril para as UHs dos pavimentos inferiores do que no caso A em função do espaçamento modelado entre o corrimão e o vidro. Isto também faz com que a queda de pressão natural e presente no caso anterior ocorra em uma altura mais baixa.

3.2.4 Caso B - Guarda-corpo vazado no quarto

Analisou-se também a diferença de C_p entre os guarda-corpos na região contígua à suíte 1 e sua relação com o C_p do caso básico:

$$\%\Delta C_{pBASICO} = \frac{CpB - CpA}{CpBASICO} \quad (1)$$



Fonte: as autores

A análise mostra que para os primeiros pavimentos, o caso B resultou em regiões com pressão dinâmica superiores ao caso A em 40%, e outras inferiores em até 20% (Figura 7). Contudo, a partir do pavimento da nona UH, estes

valores mal ultrapassam 10%, indicando que o efeito decresce à medida em que se acumula pressão na fachada.

4 CONCLUSÕES

A presença dos guarda-corpos analisados acaba por concentrar a pressão dinâmica do vento principalmente acima do peitoril, podendo ser utilizados para maximizar a ventilação nos quartos quando estes utilizam janelas, especialmente nos pavimentos mais baixos.

Quanto às salas, ocorre uma redução do potencial de ventilação, o que pode ser desejável para diminuir transtornos causados por ventos excessivamente velozes nos andares mais altos. Ressalta-se, entretanto, que tal efeito é possibilitado apenas pela profundidade da varanda neste trecho, também sendo necessário que se especifiquem tipos de guarda-corpos impermeáveis ao vento e que sejam mais altos do que o que foi aqui apresentado para reduzir significativamente a velocidade do ar nas salas.

Passos futuros incluem o refinamento dos casos aqui apresentados, para isso utilizando malhas mais finas, geometrias fidedignas, o modelo de turbulência RNG k-ε e a validação em túnel de vento. Adicionalmente, a simulação de mais tipos de guarda-corpos é possível como contribuição para estender o conhecimento gerado, que em último grau deve conferir maior domínio para as decisões projetuais dos arquitetos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. V. **Projeções e avaliação do consumo de energia elétrica para o setor residencial brasileiro a partir da técnica de decomposição Logarithmic Mean Division Index (LMDI).** Minas Gerais, BH. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais.2014.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Principles of natural ventilation.** BRE Digest n. 210. BRE, Garston, 1978

BURNETT, J. BOJIC, M.; YIK, F. Wind-induced pressure at external surfaces of a high-rise residential building in Hong Kong. **Building and Environment** 40: 765–777, 2005.

CHEUNG, J. O. P.; LIU, C. CFD simulations of natural ventilation behaviour in high-rise buildings in regular and staggered arrangements at various spacings. **Energy and Buildings.** V. 43: 1149 – 1158, 2011.

CÓSTOLA, D. **Ventilação por ação do vento no edifício:** procedimentos para quantificação. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, SP. Faculdade de arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 2006.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES Jr.; J. A. V. **Design Science Research:** A Method for Science and Technology Advancement. Suíça: Springer, 2015.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de. Lei Nº 5530, de 23 de dezembro de 1981. Código de Obras e Posturado Município de Fortaleza. 1981.

LAM, K. M, LEUNG, M.Y. H., ZHAO, J. G. Interference effects on wind loading of a row of closely spaced tall buildings. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics** 96:562 – 583, 2008.

LEITE, R. C. V. **Cidade, vento, energia:** limites de aplicação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido. (Tese). Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, SP. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 2015.

MARUYAMA, T. Surface and inlet boundary conditions for the simulation of turbulent boundary layer over complex rough surfaces. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics** n. 81, 311 – 322, 1999.

MONTAZERI, H., BLOCKEN, B. CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. **Building and Environment.** v. 60, p. 137-149, fev. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.012

NICOL, J. F. Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. **Energy and Buildings** 36: 7, 628-637, 2004.

XIMENES, D. F.; RAVIOLO, B. P.; CAVALCANTE, M. A verticalização de Fortaleza e sua influência sobre a ventilação natural em uma edificação multifamiliar. 2017. In: **Anais...** XIV ENCAC, 2017. Balneário Camboriú: ANTAC, 2017.