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

O IMPACTO DE OBSTÁCULOS DO ENTORNO SOBRE O FLUXO DE AR NO INTERIOR DE UNIDADES HABITACIONAIS

Samuel B. M. Nazareth (1); Renan C. V. Leite (2); Amando C. Costa Filho (3); Sara Cavalcante Ribeiro Lins (4); Stefane Barbosa Alves Macfranklin (5);
(1) Mestrando, Arquiteto e Urbanista, bmnsamuel@gmail.com, Universidade Presbiteriana Mackenzie
(2) Doutor, Professor, Arquiteto e Urbanista, renancid@bol.com, Universidade Federal do Ceará
(3) Doutor, Professor, Arquiteto e Urbanista, amandocosta@unifor.br, Universidade de Fortaleza
(4) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, saracrliins@gmail.com, Universidade Federal do Ceará
(5) Arquiteta e Urbanista, arqstefanealves@gmail.com, Universidade de Fortaleza

RESUMO
A legislação edilícia é responsável diretamente pela morfologia do solo urbano, que por sua vez, impacta na densidade das construções, capacidade de ventilação natural no contexto urbano ou no nível da unidade habitacional e também na parcela de insolação disponível. Todavia, pouco se utiliza de um projeto integrado para a realização de leis adaptadas ao clima que está inserido. Este trabalho visa compreender o impacto de uma construção dentro das leis de uso e ocupação do solo na cidade de Fortaleza, Ceará. O estudo se trata do impacto de um condomínio recém entregue, aqui denominado de condomínio A, de aproximadamente 70 metros de altura e contando com os primeiros 12 metros de sobressolo garagem totalmente selado a barlavento, na ventilação a um segundo condomínio aqui denominado de condomínio B. O condomínio B foi entregue ainda na década de 80, é um condomínio composto de duas torres com 30 metros de altura cada. O estudo conclui que o condomínio A impacta fortemente a capacidade de ventilação do condomínio B e que a legislação edilícia que promoveu a construção do novo condomínio não está alinhada a uma necessidade do ordenamento urbano que vise a capacidade plena de ventilação natural a todos os edifícios.
Palavras-chave: Ventilação Natural, Simulação CFD, Trocas de Ar por Hora, Conforto Ambiental.

ABSTRACT
The building legislation is directly responsible for the morphology of the urban soil, which in turn impacts on the density of buildings, natural ventilation capacity in the urban context or on the level of the housing unit and also on the amount of insolation available. However, little use is made of an integrated project for the implementation of laws adapted to the climate that is inserted. This work aims to understand the impact of a construction within the laws of land use and occupation in the city of Fortaleza, Ceará. The study is about the impact of a newly delivered condominium, here called condominium A, with approximately 70 meters high and counting with the first 12 meters of garage underwash completely sealed to windward, in the ventilation to a second condominium here called Condominium B. The condominium B was delivered even in the 80's, is a condominium composed of two towers with 30 meters of height each. The study concludes that condominium A strongly impacts the ventilation capacity of condominium B and that the building legislation that promoted the construction of the new condominium is not aligned with a need of urban planning that aims at the full capacity of natural ventilation to all buildings.
Keywords: Natural ventilation, CFD Simulation, Air Changes per Hour, Environmental Comfort.

1. INTRODUÇÃO

Um dos aspectos fundamentais da arquitetura é proporcionar conforto aos ocupantes de ambientes internos. Nesse sentido, a discussão acerca do consumo de energia em edificações é de fundamental importância para a economia de recursos e o bem-estar dos ocupantes.

A procura por edifícios sustentáveis impulsiona as pesquisas por tecnologias mais eficientes. Derivados destas preocupações, instituições como ASHRAE e INMETRO, elaboram normas e ferramentas que visam auxiliar o projetista a produzir um desenho mais eficiente. É sabido que o consumo de energia em edifícios depende dos meios utilizados para controlar as condições ambientais internas. Muito embora o projeto, a construção ou a readequação de edificações ecologicamente conscientes constitua uma necessidade cada vez mais evidente no cenário atual, a economia de energia não deve condenar as condições de conforto e a saúde dos ocupantes (OLESEN, 2007).

Muito embora registrem-se diversos estudos que abordam o consumo energético em edifícios e medidas para redução da demanda, o aspecto urbano e sua influência são pouco abordados (CÓSTOLA, 2001). Alguns efeitos dos parâmetros da forma urbana como porosidade, rugosidade, relevo e aerodinâmica já possuem estudados consolidados (ROMERO, 1998; OLIVEIRA, 1993), entretanto, não aplicados de maneira integrada ao pensamento de conformação do espaço urbano. Cheung & Liu (2011) destacam que, apesar do tema da ventilação natural urbana ter sido abordado em diversas pesquisas, a interferência da forma urbana no potencial de ventilação para o conforto térmico e a redução do consumo de energia de edifícios permanece pouco explorada. As principais normas disponíveis (ASHRAE, 1985; 2007; BS 5925, 1991; CISBE, 1997), apesar de reconhecerem a significativa influência das estruturas urbanas sobre o comportamento do ar no interior das edificações, não contém informação suficiente sobre o tema.

O contexto brasileiro carece trabalhos que caracterizam a influência do espaço urbano no desempenho energético em edificações residenciais. Mais especificamente, emissões de gás carbônico na produção e no uso de energia elétrica no Brasil, com base no relatório composto entre os balanços energéticos nacionais de 2017 e 2018, apontam um aumento de 4,3% de emissões antrópicas associados à matriz energética das residências brasileira (EPE, 2018).

O avanço dos recursos tecnológicos relativos à construção civil e melhoria das condições socioeconômicas, são responsáveis, em parte, pelo afastamento do homem do ambiente natural. Este distanciamento se dá principalmente através de edificações que se contrapõem ao seu contexto, não aproveitando o potencial dos elementos naturais (ROGERS, 1997). Segundo Givoni (1976), quando uma edificação não é ventilada de maneira adequada a temperatura interna tende a ser igual ou próxima a temperatura externa. Portanto, em climas quentes, ao não propiciar a ventilação cruzada, tende-se a necessidade do uso de ventilação mecânica. Entre as principais diretrizes passivas para condicionamento térmico de localidades de clima quente e úmido, a ventilação natural constitui a mais simples estratégia para obtenção de conforto quando a temperatura interna é elevada. Por outro lado, uma séria limitação à aplicação da ventilação natural em ambientes urbanos deve-se a redução da velocidade do ar provocada pela presença de obstáculos no entorno.

De acordo com Bastide et al (2006), as condições climáticas dos países situados na região dos trópicos e o aumento no poder de compra são os responsáveis pelo uso crescente de aparelhos de ar condicionado, frequentemente vistos como o único meio para atingir o conforto térmico. Por outro lado, Sant'Anna (2007), prevê que o uso extensivo de sistemas de condicionamento de ar dará lugar a um debate entre as implicações negativas sobre este recurso sobre o organismo humano e no consumo energético, com a negação da utilização do clima e a validade das técnicas passivas de resfriamento.

Estes dados culminam no aumento do consumo de energia em edificações mal ventiladas. O que pode ser ainda mais agravante quando se trata do contexto tropical. Leite (2015) observa que, do ponto de vista do clima, as mudanças geradas pela urbanização em cidades tropicais são consideradas mais severas, gerando situação de stress bioclimático com o aumento da temperatura do ar, diminuição de sua velocidade e o aumento do consumo energético para condicionamento ambiental dos edifícios.

Reforça-se, assim, a necessidade de aprofundar os conhecimentos acerca da estratégia de resfriamento passivo através da ventilação natural, compreendendo os seus limites e possibilidades de aplicação no âmbito do adensamento urbano que atravessam as principais cidades do planeta. Portanto, a utilização de simulações fluidodinâmicas computacionais (CFD) podem ser de grande ajuda, pois permitem avaliar em detalhes a distribuição espacial da velocidade do ar, pressão, temperatura, concentração de contaminantes pela resolução numérica das equações de conservação. Os resultados podem ser direta ou indiretamente aplicados para analisar quantitativamente o ambiente interno e determinar o desempenho de sistemas de fachada (WANG; WONG, 2009).

2. OBJETIVO

Avaliar os impactos sobre o potencial de ventilação natural de um apartamento residencial devido a construção de um edifício de expressiva altura e reduzidos afastamentos em seu entorno imediato.

3. MÉTODO

3.1 Caracterização do objeto de estudo

Nos terrenos vazios lindeiros a região do Parque do Cocó, na cidade de Fortaleza, Ceará, encontram-se, atualmente, diversas construções de empreendimentos residenciais multifamiliares em altura.

O Parque do Cocó se encontra na região leste da capital cearense. A região é privilegiada em relação ao fluxo de ar, uma vez que não são verificados grandes obstáculos construídos a leste e a sudeste, sentidos dos ventos predominantes na cidade. Tal característica acaba por formar uma espécie de corredor natural de ventos. Foi considerado o sentido do vento mais perpendicular as edificações estudadas, portanto, o sentido Leste-Oeste sendo utilizado nas simulações fluidodinâmicas a uma velocidade de 4,5 m/s que é uma média das velocidades da figura 1 (LEITE, 2015).

O objeto de estudo se encontra em uma região de vale (figura 3), próximo ao rio Cocó, em uma altitude que varia da cota de 5 metros a 12 metros em relação ao nível médio do mar. Ainda, cabe destacar que a topografia do local se apresenta a favor do fluxo de ventos, uma vez que está localizada em um aclive no sentido perpendicular a ventilação local, mitigando as possibilidades de bolsões de ar causados em declives. Os dois condomínios descritos a seguir possuem uma quantidade de insolação na fachada a barlavento semelhante a máscara solar da figura 2 que aponta incidência solar direta no período da manhã.

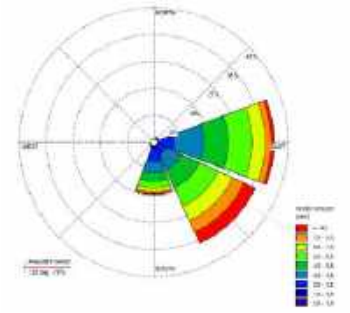


Figura 1 – Rosa dos ventos de Fortaleza - Ceará.

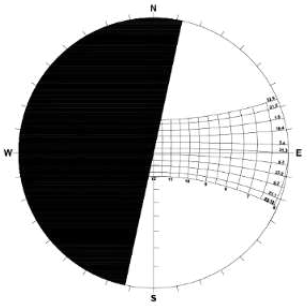


Figura 2 – Máscara solar fachada leste do objeto de estudo.

O condomínio residencial analisado possui duas torres com 20 pavimentos tipo, dois apartamentos por andar e 4 pavimentos de sobressolo com aproximadamente 12 metros de altura, que por sua vez se apresenta totalmente selado a barlavento. Os pavimentos de sobressolo estão afastados 3 metros em relação ao muro de divisa entre os condomínios estudados e a aproximadamente 5 metros do condomínio B (Figura 3 e 4). Este conjunto edificado foi denominado condomínio A.



Figura 3 - Localização urbana e objeto de estudo. Em amarelo: Entorno imediato considerado; Em vermelho: Objetos de estudo.



Figura 4 - Nomenclatura adotada nos objetos de estudo.

A sotavento do condomínio A existe uma edificação de menor porte, datada da década de 1980, com 8 pavimentos, 6 apartamentos por andar e uma área de lazer entre prédios, denominado condomínio B. Para

melhor caracterizar as construções, o condomínio B foi dividido em torre norte e torre sul conforme as figuras 4 e 6. O condomínio A segue estas mesmas características de nomenclatura.



Figura 5 - Condomínio A.

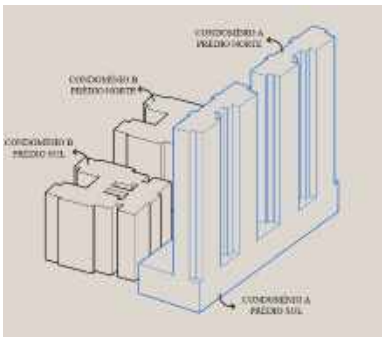


Figura 6 - Identificação do objeto de estudo

3.2 Simulações computacionais

Uma primeira simulação CFD foi realizada considerando o ambiente construído imediato. O objetivo, nesta primeira análise, consistia em determinar o campo de pressões incidente sobre as fachadas dos edifícios. Mais especificamente, foram inseridos pontos de pressão monitorados no centro das janelas dos apartamentos do primeiro e do último pavimentos das torres norte e sul do condomínio B.

Estes dados foram utilizados para esta etapa de simulação CFD, entendendo a modelagem da unidade habitacional como o domínio (figura 7) e que todas as esquadrias são do tipo corrediças e que metade da área é efetivamente utilizada para passagem do ar, assim, simulando uma situação com 50% de área de abertura das janelas e 100% de aberturas das portas. Utilizou-se uma malha desestruturada composta por tetraedros adicionada de cinco camadas de prismas sobre as paredes da unidade habitacional para apreender o fenômeno de desprendimento da camada limite.

Em relação às condições de contorno da simulação, às janelas foram atribuídas a condição de *opening* (abertura) com a indicação do valor de pressão, configurando um jogo de entradas e saídas de ar, cabendo ao algoritmo da simulação determinar o comportamento dos fluxos internos, suas velocidades e a vazão de ar total deste sistema.

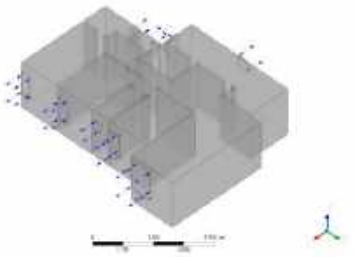


Figura 7 - Domínio da simulação dos fluxos no interior das unidades habitacionais.

A vazão de ar no apartamento modelo e a velocidade do fluxo nos três ambientes de permanência prolongada constituem os principais parâmetros quantitativos de análise dos resultados das simulações internas. As trocas de ar por hora em cada situação foram calculadas a partir da equação 1, permitindo, assim, dimensionar melhor o provável impacto do condomínio A no condomínio B.

$$A_c = (M_{fs} \cdot 3600 \cdot 1{,}204) \div V_d \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
A_c= Trocas de ar por hora [m³/h];
M_{fs}= Fluxo de massa de saída [Kg/s];
3600= Quantidade de segundos em uma hora [s];
1,204 = Densidade aproximada do ar a 20ºC;
V_d= Volume do domínio [m³].

O fluxo de massa de saída é aferido de maneira precisa, se comparado a modelos empíricos. Com a aplicação da técnica CFD nesta pesquisa, obteve-se resultados em menos tempo e de maneira mais simples e

econômica, ainda considerando a turbulência e ganhos e perdas de carga em consequência da geometria dos espaços.

Desta simulação, foram monitorados três pontos equidistantes em porções centrais dos cômodos para melhor aferir a velocidade média do ar no espaço (figura 8) e evitar possíveis erros por capturar velocidades em trechos de correntes, desconsiderando áreas fora deste fluxo. A velocidade em cada cômodo foi considerada como a média resultante dos valores verificados nestes três pontos. Os pontos azuis estão marcados nos cômodos representam onde foram aferidas as velocidades.

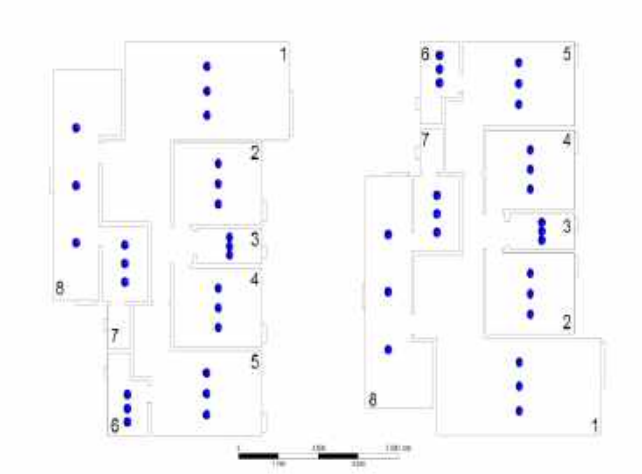


Figura 8 - Representação das habitações estudadas, sul e norte, respectivamente. 1 - Sala; 2 - Quarto 1; 3 - Banheiro compartilhado; 4 - Quarto 2; 5 - Quarto suíte; 6 - Banheiro suíte; 7 - Dependência de empregada; 8 - área de serviço e cozinha.

4. RESULTADOS

As figuras 9 e 10 ilustram a pressão na fachada a barlavento no condomínio B, sem o condomínio A e com o condomínio A, respectivamente. Os pontos azuis em ambas as figuras apontam onde foram retirados os pontos de monitoramento de pressão, no centro das esquadrias.

A figura 9 representa as duas torres do condomínio B na porção da fachada a barlavento. Em ambos os edifícios as pressões se mostram com valores positivos de pressão não menores que 5 Pa. Todavia, a condição representada na figura 10, a qual demonstra o impacto do condomínio A, revela que grande parte das pressões do prédio sul são negativas e que somente uma parte do edifício norte possui pressões positivas.

Na figura 9 as pressões encontradas nas fachadas a barlavento não estão simétricas, pois nãos se encontram exatamente perpendiculares ao sentido do vento, mas mostrando comportamentos semelhantes. Quanto mais alto o ponto analisado, maior a pressão impressa ao edifício, quanto mais baixo e mais próximos às extremidades a pressão é menor. A figura 10 se mostra ainda mais assimétrica em consequência das turbulências aerodinâmicas causadas por causa do condomínio A.

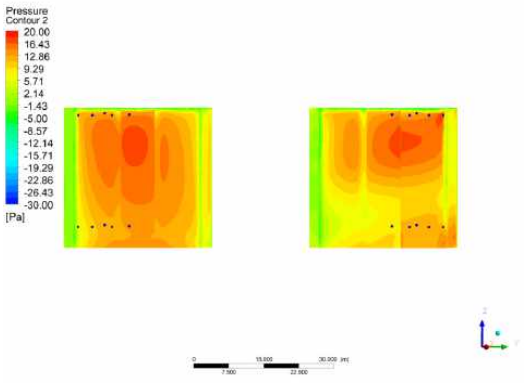


Figura 9 - Mapa de pressões fachada leste do condomínio B sem condomínio A; prédio sul e norte respectivamente.

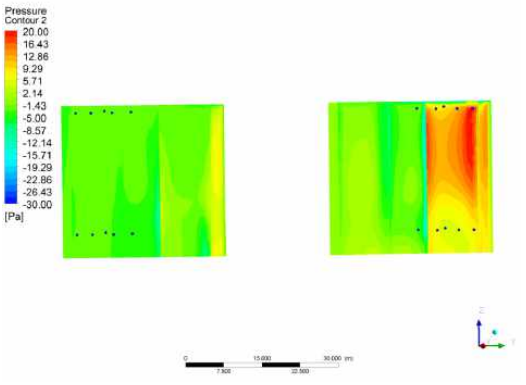


Figura 10 - Mapa de pressões fachada leste do condomínio B com condomínio A; prédio sul e norte respectivamente.

As tabelas 1 a 4 elucidam de maneira numéricas os dados vistos e discutidos das figuras anteriores.

Tabela 1 - Pressão nas esquadrias do prédio sul com a obstrução do condomínio A

Prédio Sul com Condomínio A			
Esquadrias	**Pressões**		
	Primeiro Pavimento	**Último Pavimento**	**Área de Abertura**
Janela Sala	-3,77 *Pa*	-2,72 *Pa*	2,71 m²
Janela Quarto	-3,45 *Pa*	-2,38 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Compartilhado	-2,85 *Pa*	-2,22 *Pa*	0,24 m²
Janela Quarto 2	-2,65 *Pa*	-2,05 *Pa*	0,94 m²
Janela Quarto Suíte	-2,92 Pa	-2,05 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Suíte	-2,62 *Pa*	-2,32 *Pa*	0,24 m²
Janela Dependência Empregada	-2,58 *Pa*	-2,30 *Pa*	0,24 m²
Janela Área de Serviço	-2,55 *Pa*	-2,26 *Pa*	0,99 m²
Janela Cozinha	-3,70 *Pa*	-3,55 *Pa*	0,49 m²

Tabela 2 - Pressão nas esquadrias do prédio sul sem a obstrução do condomínio A.

Prédio Sul Sem Condomínio A			
Esquadrias	**Pressões**		
	Primeiro Pavimento	**Último Pavimento**	**Área de Abertura**
Janela Sala	13,11 *Pa*	14,30 *Pa*	2,71 m²
Janela Quarto	12,42 *Pa*	12,89 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Compartilhado	12,15 *Pa*	12,59 *Pa*	0,24 m²
Janela Quarto 2	10,41 *Pa*	12,85 *Pa*	0,94 m²
Janela Quarto Suíte	5,40 *Pa*	10,78 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Suíte	-1,11 *Pa*	-1,29 *Pa*	0,24 m²
Janela Dependência Empregada	-1,11 *Pa*	-1,33 *Pa*	0,24 m²
Janela Área de Serviço	-1,11 *Pa*	-1,29 *Pa*	0,99 m²
Janela Cozinha	-0,09	-0,69 *Pa*	0,49 m²

Em especial o prédio sul do condomínio A, o qual teve as maiores variações de pressão, chegando a até 16 pascal de diferença entre os cenários de com e sem condomínio A na mesma esquadria. A menor variabilidade barométrica do prédio sul indica uma menor possibilidade de fluxo de vento no interior do apartamento. Visto que a diferença de pressão promove a circulação do ar.

Tabela 3 - Pressão nas esquadrias do prédio norte com a obstrução do condomínio A

Prédio Norte Com Condomínio A			
Esquadrias	**Pressões**		
	Primeiro Pavimento	**Último Pavimento**	**Área de Abertura**
Janela Sala	-3,87 *Pa*	-2,27 *Pa*	2,71 m²
Janela Quarto	5,95 *Pa*	8,38 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Compartilhado	5,20 *Pa*	7,24 *Pa*	0,24 m²
Janela Quarto 2	5,52 *Pa*	11,36 *Pa*	0,94 m²
Janela Quarto Suíte	8,22 *Pa*	17,52 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Suíte	7,34 *Pa*	-2,76 *Pa*	0,24 m²
Janela Dependência Empregada	7,70 *Pa*	-1,34 *Pa*	0,24 m²
Janela Área de Serviço	7,72 *Pa*	-2,62 *Pa*	0,99 m²
Janela Cozinha	-3,91 *Pa*	-4,65 *Pa*	0,49 m²

Tabela 4 - Pressão nas esquadrias do prédio norte sem a obstrução do condomínio A.

Prédio Norte Com Condomínio A			
Esquadrias	**Pressões/ Área abertura**		
	Primeiro Pavimento	**Último Pavimento**	**Área de Abertura**
Janela Sala	8,61 *Pa*	13,46 *Pa*	2,71 m²
Janela Quarto	12,37 *Pa*	12,72 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Compartilhado	12,29 *Pa*	11,73 *Pa*	0,24 m²
Janela Quarto 2	11,68 *Pa*	13,79 *Pa*	0,94 m²
Janela Quarto Suíte	11,14 *Pa*	17,87 *Pa*	0,94 m²
Janela Banheiro Suíte	3,68 *Pa*	3,12 *Pa*	0,24 m²
Janela Dependência Empregada	6,20 *Pa*	2,64 *Pa*	0,24 m²
Janela Área de Serviço	6,11 *Pa*	1,81 *Pa*	0,99 m²
Janela Cozinha	0,70 *Pa*	0,31 *Pa*	0,49 m²

Com os dados de pressão (tabela 1 a 4), foram simulados quatro cenários do provável caminhamento dos ventos no interior destas habitações, aferindo também as diferenças nos dados de renovação de ar por hora. Foram simulados os primeiros e os últimos andares das torres norte e sul, nas localidades próximas às ruas por entender que seriam as unidades habitacionais mais afetadas pela interferência aerodinâmica do sobressolo de garagem do condomínio A.

Na Figura 11 e 12 representam o primeiro e o último andar do prédio sul do condomínio B e como eles se comportam com a interferência do condomínio A. A velocidade média máxima encontrada nestas duas situações foi de 0,39 m/s, com trocas de ar de 46,89 e 36,34 trocas de ar por hora, respectivamente.

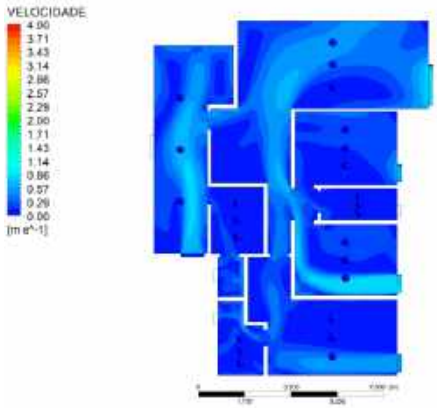


Figura 11 - Fluxo de ar do primeiro andar do condomínio B prédio sul com obstáculo do condomínio A

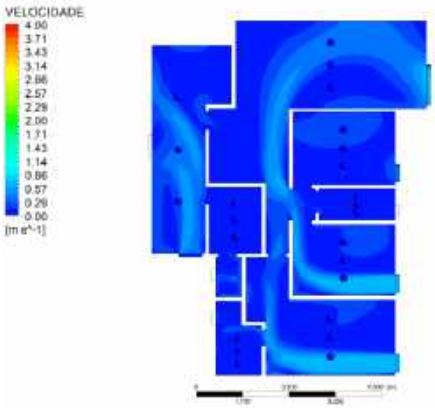


Figura 12 - Fluxo de ar do último andar do condomínio B prédio sul com obstáculo do condomínio A

Todavia, os dados de velocidade aferidos nos mesmos apartamentos sem a interferência do condomínio A (Figuras 13 e 14) revelam velocidades médias de até 1,22 m/s e trocas de ar de 120, 30 e 107,15 trocas de ar por hora, respectivamente.

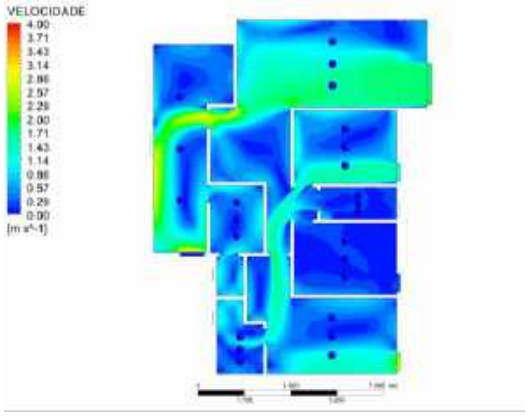


Figura 13 - Fluxo de ar do primeiro andar do condomínio B prédio sul sem obstáculo do condomínio A.

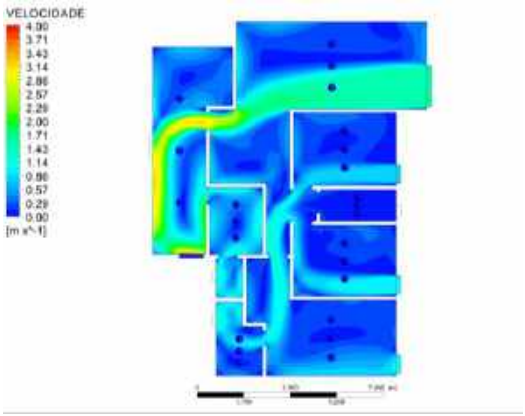


Figura 14 - Fluxo de ar do último andar do condomínio B prédio sul sem obstáculo do condomínio A

As simulações referentes ao prédio norte do condomínio B, sem o condomínio A, são demonstrados nas figuras 15 e 16. Nestas caracterizações encontra-se velocidades valores máximos médios de 1,31 m/s. As renovações de ar por hora dos ambientes são de 111,26 e 79,50 respectivamente.

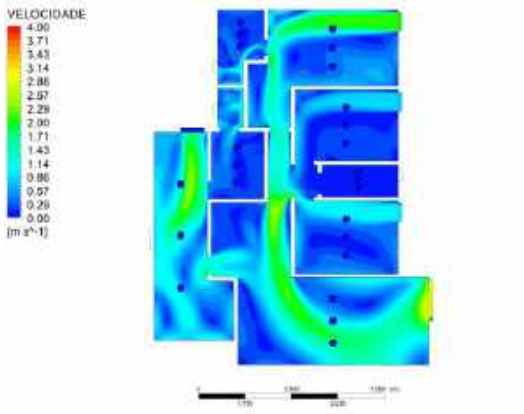


Figura 15 - Fluxo de ar do primeiro andar do condomínio B prédio norte sem obstáculo do condomínio A.

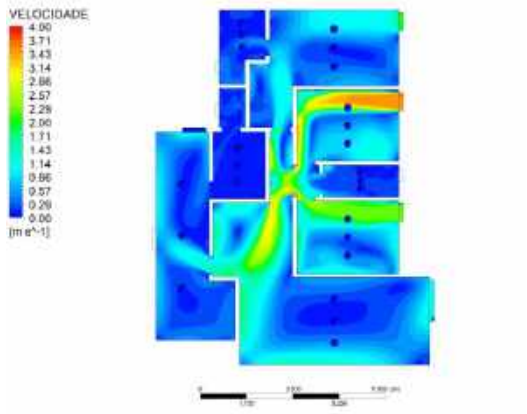


Figura 16 - Fluxo de ar do último andar do condomínio B prédio norte sem obstáculo do condomínio A

Por fim, os mesmos apartamentos ao norte, com o efeito aerodinâmico do condomínio A são representados pelas figuras 17 e 18 que apresentam médias de 0,40 m/s e 1,02 m/s, com renovações na ordem de 58,19 e 97,49 trocas de ar por hora, respectivamente.

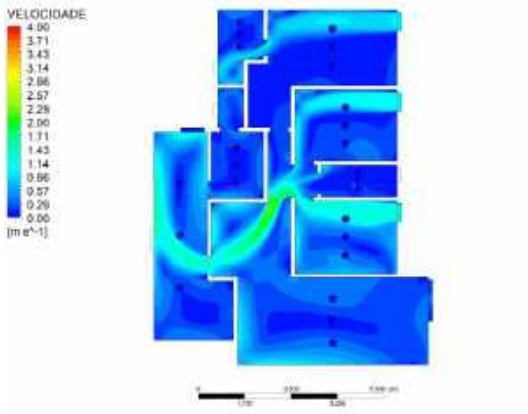


Figura 17 - Fluxo de ar do primeiro andar do condomínio B prédio norte com obstáculo do condomínio A.

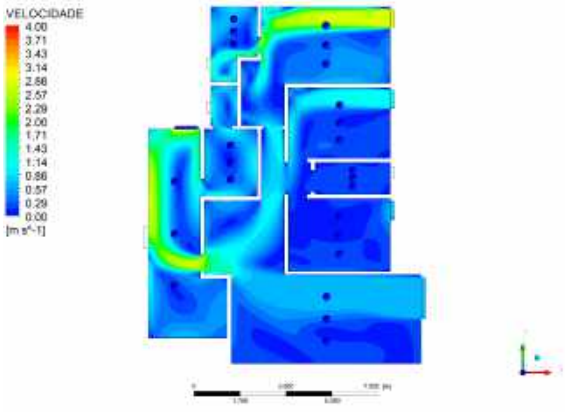


Figura 18 - Fluxo de ar do último andar do condomínio B prédio norte com obstáculo do condomínio A

5. CONCLUSÕES

Portanto, face os dados levantados, a construção do condomínio A fez com que a capacidade do prédio sul perdesse 66,09% de eficiência nas trocas de ar por hora no último pavimento e 61,03% no primeiro

pavimento. No prédio norte os dados ilustram uma diminuição de aproximadamente 47,70% da eficiência das renovações de ar por hora no último pavimento. Neste mesmo prédio, o último andar, diferente das outras habitações aqui estudadas, houve um aumento de aproximadamente 23% nas taxas de renovação de ar.

Tabela 5 – Quantidade de trocas de ar por hora por pavimento.

		Primeiro Pavimento	**Segundo Pavimento**
Prédio Sul	Sem condomínio A	120,30 m^3/h	107,15 m^3/h
	Com condomínio A	46,89 m^3/h	36,64 m^3/h
Prédio Norte	Sem condomínio A	111,26 m^3/h	79,50 m^3/h
	Com Condomínio A	58,19 m^3/h	97,49 m^3/h

O edifício mais afetado com a construção do condomínio A foi o prédio sul do condomínio B. As baixas trocas de ar por hora refletem também uma menor velocidade no interior do apartamento. A maior velocidade encontrada no primeiro e no último pavimento nesta situação foi 0,39 m/s, o que não configura uma sensível no interior da habitação. Apesar do prédio norte do condomínio B não tenha sido tão afetado quando o prédio sul, de uma maneira geral, houve a diminuição também da taxa de renovação de ar nas habitações, em exceção ao último pavimento desta torre.

Estes dados demonstram a imprevisibilidade dos efeitos aerodinâmicos que uma edificação pode causar em uma região. As perdas de capacidade de ventilação do condomínio B foram sensíveis o que irá afetar a eficiência energética consequentemente.

O condomínio A foi construído dentro das leis de uso e ocupação do solo de Fortaleza e se configura como um edifício multiresidencial legal. Entretanto, a própria existência do condomínio A é um alerta que as leis de uso e ocupação do solo de Fortaleza necessitam ser pensadas de maneira a propiciar o livre gozo dos recursos naturais a todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wiley and Sons, 1994.

_____. ASHRAE standard 62-2007: ventilation for acceptable indoor air quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: Atlanta, 2007.

BASTIDE, A.; LAURET, P. GARDE, F.; BOYER, H. **Building energy efficiency and thermal comfort in tropical climates: Presentation of a numerical approach for predicting the percentage of well-ventilated living spaces in buildings using natural ventilation**. Energy and Buildings 38: 1093 –1103, 2006.

BITTENCOURT, L. S. CRUZ, M. J. LÔBO, D. G. F. A influência da relação entre taxa de ocupação x mº de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1997,

BRITISH STANDARD INSTITUTE, BSI - BS 5925: Code of Practice for Ventilation Principles and Designing for Natural Ventilation. Londres, 1991.

CHEUNG, J. O. P.; LIU, C. CFD simulations of natural ventilation behavior in high-rise buildings in regular and staggered arrangements ar various spacings. Energy and Building. V. 43: 1149 -1158, 2001.

CÓSTOLA, Daniel. Ventilação por ação do vento no edifício: Procedimentos para quantificação. 2006. 235 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, [S.l.], 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26102010-144530/pt-br.php>. Acesso em: 27 set. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética: Balanço Energético Nacional 2018, Relatório Síntese ano base 2017. 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf> Acesso em: 06 mar. 2019.

GIVONI, B. Man, Climate and Architecture. Applied Science Plublishers, 1976.

KOLOKOTRONI, M.; KUKADIA, V.; PEREIRA, M. NATVENT - European Projecto on overcoming technical barriers to low energy natural ventilation. In: Proceedings of CISBE/ASHRAE Joint National Conference - Part 2, CISBE, Londres, 1996

OLESEN, B. W. The philosophy behind EN15251: Indoor environmental criteria for design and calculation of energy performance of buildings. Energy and Buildings 39: 740 – 749, 2007.

OLIVEIRA, P. M. P. Medição de atributos bioclimatizantes da forma urbana - rugosidade e porosidade - como instrumento de avaliação da ventilação, visando conforto térmico, conservação de energia e qualidade do ar no ambiente climático urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais.. São Paulo, ANTAC/POLI/USP, 1993, volume 2, pg 1001 a 1013.

ROGERS, R. GUMUCHDJAN, P. Cities for a small planet. London: Faber and Faber, 1997

ROMERO, MARTA ADRIANA BUSTOS. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013.Salvador. Anais… Salvador: ANTAC, 1997.

WANG, L; WONG, N. H. Coupled simulation for naturally ventilated rooms between buildings simulation (BS) and computional fluid dynamics (CFD) for better prediction of indoor thermal environment. Building and environment n. 44, 95-112,2009.