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

# A VOLUMETRIA EDIFICADA E SEUS IMPACTOS NA VENTILAÇÃO NATURAL URBANA. UM ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA, CEARÁ

**Samuel B. M. Nazareth (1); Renan C. V. Leite (2); Amando C. Costa Filho (3); Sara Cavalcante Ribeiro Lins (4);**

(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

## RESUMO

Este trabalho é proposto para estudar o impacto de um condomínio, denominado de A, na ventilação urbana e no processo de ventilação natural de um condomínio localizado a sotavento, aqui denominado de B. O condomínio A detém 70 metros de altura, onde 12 metros são destinados a um sobressolo de garagem sem aberturas a barlavento. O condomínio B, localizado a sotavento do condomínio A, possui 30 metros de altura. A partir de simulações fluidodinâmicas, objetivou-se analisar os impactos do condomínio A tanto da perturbação aerodinâmica a nível urbano como o impacto de sua volumetria na pressão exercida pelos ventos nas esquadrias do condomínio B. Para tanto, utilizou-se de simulações numéricas em malha desestruturada para esta análise a um plano a 1,5 metros do solo e nos dados numéricos do centro das esquadrias do condomínio B. Concluindo, portanto, que a construção do condomínio A, além de provocar grandes perturbações ao nível do pedestre, possui a capacidade de diminuir a capacidade de ventilação natural do condomínio B de forma considerável.
Palavras-chave: Ventilação Urbana, Aerodinâmica, Morfologia Urbana, Volumetria, Edifício Residencial

## ABSTRACT

This work is proposed to study the impact of a condominium, denominated of A, in the urban ventilation and in the process of natural ventilation of a condominium located to leeward, denominated here of B. The condominium A holds 70 meters of height, where 12 meters are intended for a garage area without openings to windward. The condominium B, located on the leeward side of condominium A, is 30 meters high. Based on fluid dynamics simulations, the impacts of the condominium A as much of the aerodynamic perturbation at urban level as the impact of its volumetry on the pressure exerted by the winds in the squares of the condominium B were analyzed. For that, numerical simulations were used in unstructured mesh for this analysis to a plane at 1,5 meters from the ground and in the numerical data of the center of the frames of the condominium B. Concluding, therefore, that the construction of condominium A, besides causing great disturbances at the level of the pedestrian, has the capacity of decrease the natural ventilation capacity of condominium B considerably.
Keywords: Urban Ventilation, Aerodynamics, Urban Morphology, Building Shape, Residential Building.

# 1. INTRODUÇÃO

Como principal espaço de consolidação humana, a cidade comporta cerca de 2% do espaço terrestre, abrigando mais da metade da população mundial e consumindo entre 60% e 80% da energia. Até 2050 a população mundial deverá aumentar em 2.5 bilhões. Mais especificamente, no entanto, o maior crescimento de áreas urbanas deverá se concentrar em cidades de países menos desenvolvidos (UNITED NATIONS, 2010). No Brasil, o total de habitantes em áreas urbanas atinge 80% do contingente populacional (IBGE, 2010). Portanto, o setor de edificações foi levantado como o líder global de emissões de gás carbônico pelo relatório produzido no painel internacional de mudanças climáticas. Todavia, este relatório também indica que este mesmo setor possui a oportunidade de avanços tecnológicos que propiciam uma possível redução da emissão deste gás do efeito estufa (IPCC, 2007).

Muito embora a urbanização constitua um meio para alcançar a desejada sustentabilidade econômica, social e ambiental, o rápido crescimento das grandes cidades revela, muitas vezes, o descaso com as características ambientais locais e a reverência para além de um modelo de cidade globalizada, mais uma sociedade de consumo. Para Hui (2001), o aumento populacional e novos parâmetros econômicos direcionam a um aumento da densidade de pessoas na região urbana, a fim de reduzir custos de serviços públicos.

O adensamento urbano é contemplado em diversas vertentes do urbanismo contemporâneo como um modelo benéfico. As consequências deste modelo são: A maior concentração populacional, a melhor prestação de serviços e o melhor aproveitamento da infraestrutura instalada (GEHL, 2014). A condição de concentração urbana possibilita, ainda, a criação de espaços de interação social e cultural e, ao mesmo tempo, alivia as pressões do crescimento populacional sobre as zonas rurais, indicando que a vida em cidades mais adensadas é uma tendência irreversível para o desenvolvimento dos centros urbanos (UNFPA, 2011).

As cidades brasileiras passam por um processo de agravação de problemas socioambientais dos mais variados espectros face a persistência em incluir, em suas diretrizes urbanísticas e edilícias, estratégias potencialmente danosas ao ambiente urbano, principalmente ao reproduzir modelos de cidades planejadas para o transporte individual.

O Ceará possui aumento anual em sua frota de veículos particulares, acontecendo de modo vertiginoso desde 2007, com um crescimento de 4,48% no interior do estado e 2,43% na capital no ano de 2018 (VARELA, 2018). Na capital cearense, é perceptível o aumento do número de empreendimentos com garagens sobressolo, a fim de tentar resolver a quantidade de vagas de garagem necessárias para o transporte individual. A solução de edificar garagens é vista também como um fator econômico, tendo em vista a oneração e complicações técnicas intrínsecas no movimento de terras na construção civil com o intuito de construir subsolos.

A lei de uso e ocupação do solo de 1996 no seu artigo 60 parágrafo primeiro determina que “nas edificações com mais de quatro pavimentos as medidas de todos os recuos deverão ser acrescidas de 20 cm (vinte centímetros) por pavimento que excederem ao quarto, medidos a partir do térreo”. Portanto, permitindo a construção de até 4 pavimentos em afastamentos mínimos e contabilizando os recuos para os pavimentos excedentes. A construção nesta tipologia também é incentivada a partir do artigo 266 da lei de uso e ocupação do solo de 1996, que determina o aumento da taxa de ocupação de 0,5 sem ônus para o empreendedor.

Nesta opção de construção constitui uma volumetria que compreende quase a totalidade do terreno de construção com uma altura de um pequeno prédio de 12 andares aproximadamente, o que pode vir a promover impactos sobre a ventilação da região imediata, tanto ao nível do pedestre quando repercutindo na região a sotavento.

É sabido que a discussão acerca da otimização do espaço urbano passa, necessariamente, pela questão do adensamento dos centros das cidades e os impactos ambientais consequentes. Considerando que a qualidade ambiental de edificações é reflexo da qualidade ambiental urbana, as variáveis e processos climáticos devem ser considerados na adequação climática das edificações como forma de otimizar o conforto térmico e reduzir o consumo energético (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007). Miana (2010) avalia que o impacto ambiental, positivo ou negativo, que qualquer construção vai causar ao meio urbano pode ser resumido nas influências sobre a ventilação ao redor dos edifícios e a dispersão da poluição, a ventilação natural das edificações, a insolação e iluminação natural, o acúmulo de radiação solar e o ruído urbano. Tais aspectos têm implicações diretas sobre a saúde e o conforto térmico, acústico e luminoso e desempenho termoenergético das edificações. Mais especificamente, em relação à ventilação natural, a presença de obstáculos no entorno constitui uma séria restrição ao potencial de ventilação das fachadas de edifícios, uma vez que num ambiente adensado, comumente ocorre a redução da velocidade do ar. Autores como Cóstola (2006), Prata-Shimomura (2009), Leite (2015), Costa Filho (2017) elucidam, com suas

pesquisas, que o uso de simulações fluidodinâmicas podem abranger tanto a esfera urbana quanto a residencial.

## 2. OBJETIVO

Analisar o impacto de uma edificação com sobressolo sobre a ventilação natural urbana ao nível do pedestre e em relação ao potencial de ventilação da fachada principal de um edifício localizado na região a sotavento deste.

## 3. MÉTODO

### 3.1. Características do objeto de estudo

Na área leste da cidade de Fortaleza, nas regiões limítrofes ao Parque do Cocó, a produção imobiliária recente da capital cearense concentra diversos empreendimentos residenciais multifamiliares em altura.

Esta região é propícia para estudos de ventilação natural, dada sua localização privilegiada sem grandes impedimentos a leste e a sudeste, sentidos dos ventos predominantes na cidade. Tal característica acaba por conformar uma espécie de corredor natural de vento. Dito isso, o objeto de estudo se encontra em uma região de vale, próximo ao rio Cocó, em uma altitude que varia da cota de 5 metros a 12 metros em relação ao nível médio do mar.

Dentre os empreendimentos residenciais em altura na região, despertou interesse a volumetria de um edifício em altura dotado de sobressolo. O condomínio residencial analisado possui duas torres com 20 pavimentos tipo, dois apartamentos por andar e 4 pavimentos de sobressolo (Figura 1). Os pavimentos de sobressolo, por sua vez, estão afastados 3 metros em relação ao muro de divisa entre os condomínios estudados. Este conjunto edificado foi denominado condomínio A (Figura 2).



Figura 1 - Localização do entorno e objeto de estudo. Em amarelo - Entorno imediato considerado; em vermelho - Objetos de estudo.




Figura 2 - Nomenclatura dos adotada dos objetos de estudo.

As curvas de nível do local se apresentam paralelas aos ventos dominantes na cidade, oriundos de leste. Afirma-se, então, que a topografia se apresenta a favor do fluxo de ventos, visto que a área está localizada em um aclive, tendo como referência um dos principais sentidos de ventilação local, eliminando as possibilidades de bolsões de ar causados em declives.



Figura 3 – Condomínio A.

Na região posterior ao condomínio A, de construção mais recente, há um condomínio construído na década de 80 com 8 pavimentos, 6 apartamentos por andar e uma área de lazer entre os prédios. Para melhor

caracterizar as construções, o condomínio B foi dividido em torre norte e torre sul conforme a figura 2. O condomínio A segue estas mesmas características de nomenclatura.

### 3.2. Simulações computacionais

Foram empregadas simulações computacionais fluidodinâmicas a partir do método numérico dos elementos finitos, com a utilização do software ANSYS no seu sistema de análise Fluid flow CFX. Antes da análise dos dados, foi seguido a metodologia da figura 4.

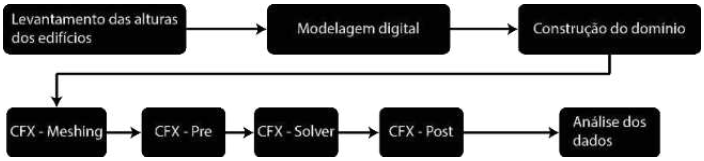



Figura 4 – Fluxograma da metodologia aplicada.

O modelo volumétrico digital simulado foi produzido no programa Autodesk AutoCAD e os dados de alturas para esta modelagem foram levantados a partir de visitas técnicas a região de estudo, admitindo 3 metros de altura para cada pavimento construído. Para importar esta geometria ao programa de simulação de fluidos é necessário que haja um domínio que represente o espaço para escoamento do ar. O domínio escolhido para esta simulação foi o circular. Esta geometria permite simular facilmente qualquer direção dos ventos em análises futuras, porém com a desvantagem de demandar maior capacidade computacional. COST (2004) recomenda que o tamanho do domínio siga uma proporção baseada nas relações entre a largura, o comprimento e o maior gabarito da região. Assim, adotou-se uma distância de 15 vezes a altura do maior elemento presente no conjunto para o raio do domínio (figura 5), haja vista que este estudo se propõe em estudar o efeito imediato das geometrias e nos efeitos de esteira na região a sotavento.

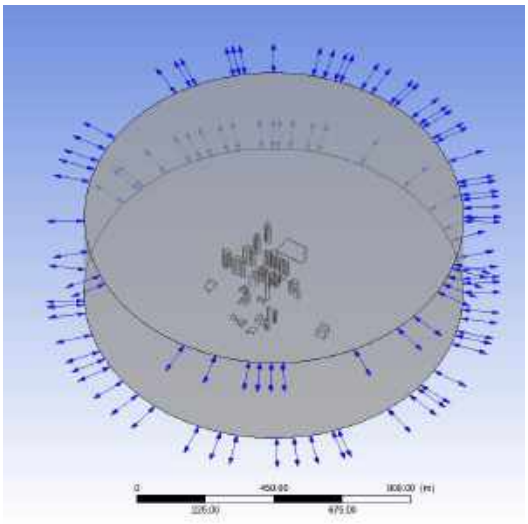


Figura 5 - Modelagem e domínio circular.

Após a construção do domínio a geometria pode ser importada ao ANSYS para a construção da malha de análise (CFX – Meshing), a qual é desestruturada, composta majoritariamente por tetraedros e com cinco camadas de prismas sobre as paredes das construções e o piso para melhor apreender o fenômeno do desprendimento da camada limite.

Com a malha construída é necessário inserir os dados iniciais das condições de entorno da simulação (CFX – Pre). Estas simulações CFD (Computational Fluid Dynamics) foram desenvolvidas em regime estacionário, isotérmico, incompressível e turbulento. Foi indicado o vento no sentido Leste-Oeste a uma velocidade de 4,5 m/s, média de velocidade para este sentido (figura 6) (LEITE, 2015).

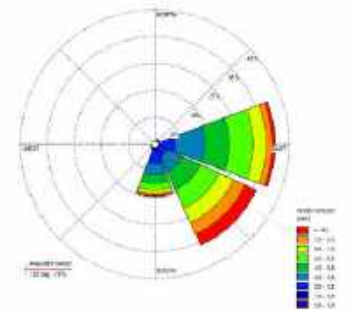


Figura 6 – Rosa dos ventos de Fortaleza - Ceará.

O gradiente da velocidade do vento produzido a partir do efeito da rugosidade de uma região é essencial para uma simulação mais próxima da realidade, que considere possíveis perturbações urbanas. Para tanto, foi utilizada a Equação 1 (BRE,1978).

$$V = V_M \times K \times Z^a \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

V = velocidade média do vento à determinada altura [m/s];
Vm = velocidade inicial de referência do estudo [m/s];
z = altura determinada [m];
k, a = coeficientes de rugosidade do terreno.

Considerou-se a região de implantação do objeto de estudo como campo dotado de obstáculos esparsos com coeficientes de k = 0,52 e a = 0,20 (figura 7).

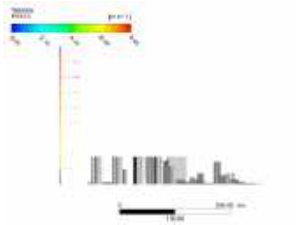


Figura 7 - Representação gradiente dos ventos.

Com estes dados é prosseguido para a simulação (CFX – Solver), onde é aguardado a convergência dos resíduos até valores menores ou iguais a $10^{-4}$. E por fim, a simulação está pronta para extração dos dados calculados (CFX – Post).

## 4. RESULTADOS

As análises dos resultados foram feitas em dois níveis. Primeiro, utilizando planos a 1,5 metros do solo, compreendendo o nível do pedestre, e, segundo, analisando os contornos de pressões na fachada a barlavento do condomínio B.

A figura 8 representa o provável caminhamento dos ventos na situação onde o condomínio A ainda não havia sido construído. Nesta situação, as ruas paralelas ao condomínio B possuem velocidades de 3 a 4 m/s, os picos de maior velocidade ocorrem haja vista o efeito de canto proporcionado pela aerodinâmica dos prédios. A figura 9 ilustra a aproximação da situação real, com a intensificação na velocidade do ar maior que 5 m/s na rua inferior e um fluxo de vento entre as duas ruas paralelas de forma transversal em provável decorrência da maior pressão exercida pela rua inferior. Está maior pressão é criada em função do efeito de canto que o volume do sobressolo do condomínio A exerce no fluxo de ar.

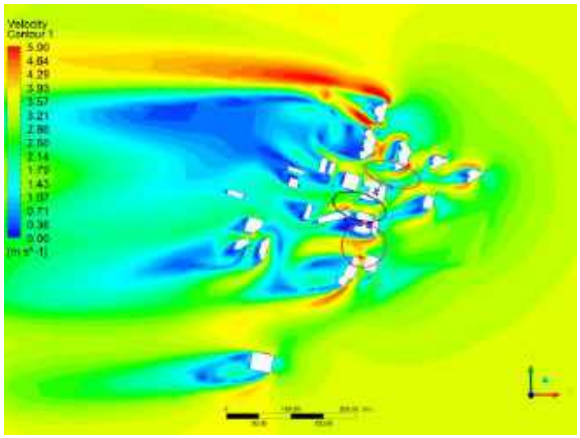


Figura 8 - Simulação sem o condomínio A; em magenta: efeito de canto; em preto: Efeito Venturi.

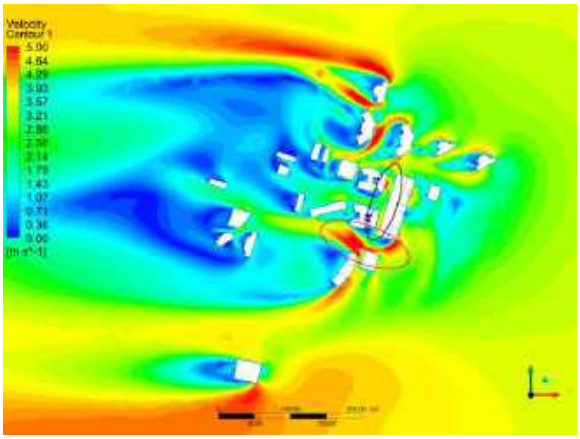


Figura 9 - Simulação com o condomínio A; Em magenta- Efeito de canto intensificado na rua inferior; em preto - Fluxo transversal entre as ruas paralelas.

Verifica-se o efeito Venturi produzido pela zona de estreitamento entre prédios do condomínio B, que intensifica a velocidade de escoamento do vento na figura 8 até aproximadamente 4 m/s. Todavia, o que se observou após a construção do condomínio A é que esta velocidade é diminuída pela metade, aproximadamente.

A figura 10 demonstra um corte perpassando o centro do prédio sul do condomínio B na situação anterior a construção do condomínio A, onde a região de esteira a sotavento do condomínio B é menor e com ventilação direta a barlavento. Na figura seguinte, o condomínio B recebe a ventilação de forma indireta, provocada pela construção do condomínio A, o qual promove uma região de estagnação do ar com 30 metros de altura a partir do topo do prédio sul do condomínio B. Além de afetar edificações mais distantes a sotavento com sua região de esteira aerodinâmica.

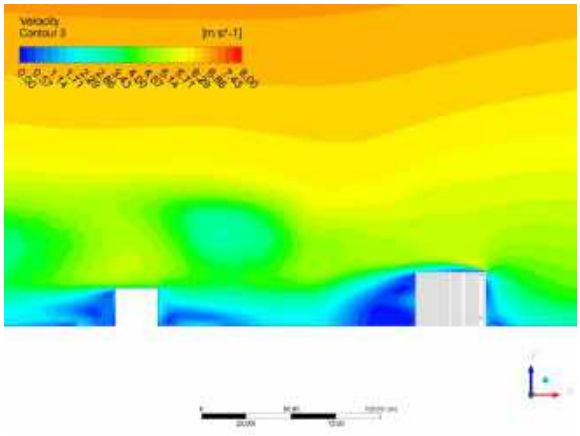


Figura 10 - Velocidade do vento em corte transpassando o edifício sul do condomínio B.

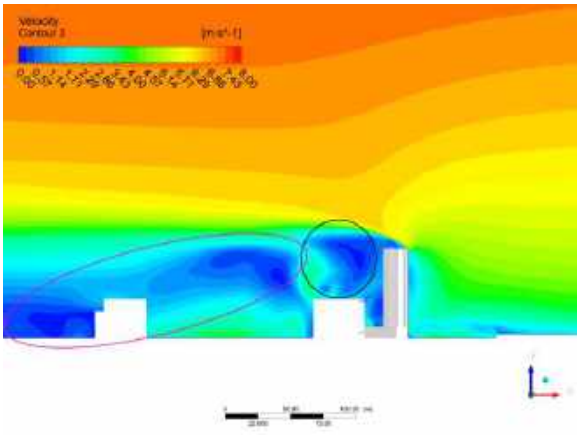


Figura 11 - Velocidade do vento em corte transpassando o edifício sul do condomínio B; Em preto- Região de estagnação; Em magenta- região de esteira intensificada.

As figuras 12 e 13, a seguir, apresentam as curvas de pressão na fachada leste dos prédios do condomínio B. Os pontos em azul são pontos específicos de pressão retirados para análises quantitativas no centro das esquadrias do primeiro pavimento habitado e do último pavimento habitado. Ainda existem pontos em porções laterais e no fosso de exaustão na porção central da volumetria. Estes pontos estão marcados nos cômodos: Sala, quarto 1, banheiro compartilhado, quarto 2, quarto suíte, banheiro da suíte, dependência de empregada, área de serviço e janela da cozinha que se comunica internamente com o fosso no prédio. Estes pontos irradiam do centro para os limites dos prédios, respectivamente.

Na situação da figura 12, os mapas de pressão nas fachadas a barlavendo, sem a presença do condomínio A, demonstram contornos de pressões mais elevados, principalmente no edifício sul. Já o edifício norte apresenta contornos de pressões menos intensos em uma porção mais baixa da construção devido a interferências aerodinâmicas causadas pelo entorno.

A figura 13 ilustra uma diminuição de pressões de forma significativa, de pressões elevadas de 20 Pa para pressões em torno de 9 Pa. Todavia, a torre norte, apesar de também ser afetada, mantém pressões elevadas em uma parcela da fachada da torre norte devido ao efeito aerodinâmico causado pelo sobressolo do

condomínio A, o qual faz aumentar a velocidade do ar com o efeito de canto produzido a partir do sobressolo de garagem e do prédio vizinho ao condomínio A norte.

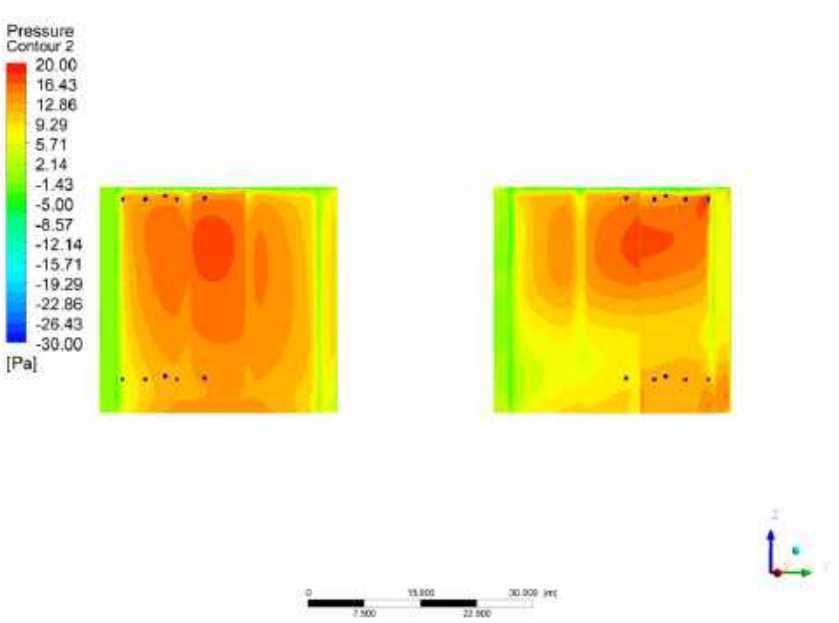



Figura 12 - Mapa de pressões fachada leste do condomínio B sem condomínio A; prédio sul e norte respectivamente.

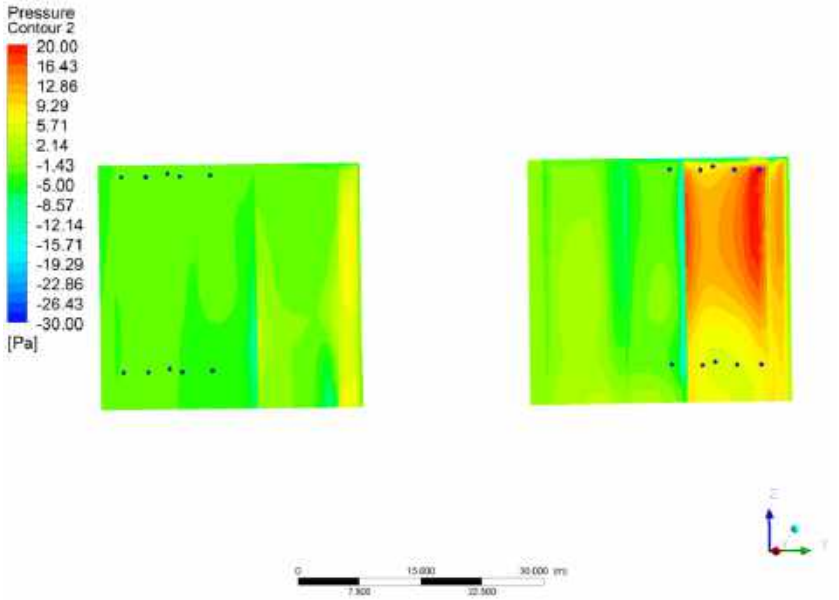



Figura 13 - Mapa de pressões fachada leste do condomínio B com condomínio A; prédio sul e norte respectivamente.

O impacto também pode ser verificado nas figuras 12 e 13, que ilustram a diminuição de pressão a barlavento do condomínio B. Numericamente, a perda de pressão devido ao vento pode ser percebida nas tabelas 1 a 4. As tabelas 1 e 2 comparam as pressões no prédio sul, em seu primeiro e último pavimento. É possível perceber uma maior diferença de pressão na esquadria na sala, onde reduziu-se 16 pascal de pressão na região central da esquadria neste nível do edifício. As janelas do prédio sul apresentavam grandes diferenças de pressão antes da construção do condomínio A, o que, certamente, levaria a uma capacidade de fluxo de ar no interior dos apartamentos maior do que após a construção deste empreendimento, onde todas as esquadrias apresentam pressões negativas, comprometendo, significativamente, o potencial de ventilação natural dos apartamentos.

No edifício norte a maior diminuição de pressão de esquadria também é na esquadria da sala, apresentando diminuições de até 12 pascal. Neste prédio é possível perceber uma intensificação de pressão em janelas a sotavento no primeiro pavimento (janelas do banheiro suíte, dependência de empregada, janela de serviço).

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** |
| **Janela Sala** | -3,77 *Pa* | -2,72 *Pa* |
| **Janela Quarto** | -3,45 *Pa* | -2,38 *Pa* |
| **Janela Banheiro Compartilhado** | -2,85 *Pa* | -2,22 *Pa* |
| **Janela Quarto 2** | -2,65 *Pa* | -2,05 *Pa* |
| **Janela Quarto Suíte** | -2,92 Pa | -2,05 *Pa* |
| **Janela Banheiro Suíte** | -2,62 *Pa* | -2,32 *Pa* |
| **Janela Dependência Empregada** | -2,58 *Pa* | -2,30 *Pa* |
| **Janela Área de Serviço** | -2,55 *Pa* | -2,26 *Pa* |
| **Janela Cozinha** | -3,70 *Pa* | -3,55 *Pa* |

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** |
| **Janela Sala** | 13,11 *Pa* | 14,30 *Pa* |
| **Janela Quarto** | 12,42 *Pa* | 12,89 *Pa* |
| **Janela Banheiro Compartilhado** | 12,15 *Pa* | 12,59 *Pa* |
| **Janela Quarto 2** | 10,41 *Pa* | 12,85 *Pa* |
| **Janela Quarto Suíte** | 5,40 *Pa* | 10,78 *Pa* |
| **Janela Banheiro Suíte** | -1,11 *Pa* | -1,29 *Pa* |
| **Janela Dependência Empregada** | -1,11 *Pa* | -1,33 *Pa* |
| **Janela Área de Serviço** | -1,11 *Pa* | -1,29 *Pa* |
| **Janela Cozinha** | -0,09 | -0,69 *Pa* |

Este efeito decorre do aumento das pressões no primeiro pavimento, provavelmente devido ao efeito de canto que resulta da volumetria do trecho de sobressolo do corpo do edifício condomínio A. Todavia, este efeito só influi nos primeiros pavimentos, pois no último pavimento do condomínio norte, estas mesmas esquadrias apresentam pressões menores que as iniciais sem o condomínio A.

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** |
| **Janela Sala** | -3,87 *Pa* | -2,27 *Pa* |
| **Janela Quarto** | 5,95 *Pa* | 8,38 *Pa* |
| **Janela Banheiro Compartilhado** | 5,20 *Pa* | 7,24 *Pa* |
| **Janela Quarto 2** | 5,52 *Pa* | 11,36 *Pa* |
| **Janela Quarto Suíte** | 8,22 *Pa* | 17,52 *Pa* |
| **Janela Banheiro Suíte** | 7,34 *Pa* | -2,76 *Pa* |
| **Janela Dependência Empregada** | 7,70 *Pa* | -1,34 *Pa* |
| **Janela Área de Serviço** | 7,72 *Pa* | -2,62 *Pa* |
| **Janela Cozinha** | -3,91 *Pa* | -4,65 *Pa* |

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

**Prédio Norte Com Condomínio A**

| Esquadrias | Pressões | |
|---|---|---|
| | **Primeiro Pavimento** | **Último Pavimento** |
| **Janela Sala** | 8,61 *Pa* | 13,46 *Pa* |
| **Janela Quarto** | 12,37 *Pa* | 12,72 *Pa* |
| **Janela Banheiro Compartilhado** | 12,29 *Pa* | 11,73 *Pa* |
| **Janela Quarto 2** | 11,68 *Pa* | 13,79 *Pa* |
| **Janela Quarto Suíte** | 11,14 *Pa* | 17,87 *Pa* |
| **Janela Banheiro Suíte** | 3,68 *Pa* | 3,12 *Pa* |
| **Janela Dependência Empregada** | 6,20 *Pa* | 2,64 *Pa* |
| **Janela Área de Serviço** | 6,11 *Pa* | 1,81 *Pa* |
| **Janela Cozinha** | 0,70 *Pa* | 0,31 *Pa* |

## 5. CONCLUSÕES

Considerando o conjunto de simulações realizadas, é possível inferir que, com a construção do condomínio A, ocorrem perturbações turbulentas ao nível do pedestre, elevando a velocidade do ar para valores maiores que 5,4 m/s. É válido destacar que a sociedade de engenheiros civis americanos recomenda que valores acima destes se tornam desconfortáveis para pedestres devido à resistência imposta ao deslocamento e outros aspectos (ASCE, 2003).

Portanto, tomando como base as análises realizadas neste estudo, conclui-se que a construção do condomínio A representou um grande impacto nas condições de circulação do ar em seu entorno imediato. Pode-se perceber, para além das perturbações aerodinâmicas a nível do pedestre, o impacto causado sobre a ventilação natural do condomínio B. É válido destacar, contudo, que ainda que este novo condomínio esteja de acordo com as leis de uso e ocupação do solo vigentes, a influência desta volumetria permitida deveria ter sido melhor avaliada e explorada nas diferentes possibilidades que se colocam nos cenários urbanos em que possa integrar, a fim de mitigar o seu impacto nas condicionantes ambientais na sua área de influência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ASCE, American Society of Civil Engineers, Outdoor Human Comfort and its Assessment- State of the Art Task Committee on Outdoor Human Comfort of the Aerodynamics Committee, Reston, VA (2004)

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. Clima e cidade- a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió- Edufal, 2007.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). Principles of Natural Ventilation. BRE Digest nº 210, Garston- BRE, 1978.

COST. Cost Action 14- recommendations on the use of CFD in predicting pedestrian wind environment. Brussels- COST, 2004.

COSTA FILHO, Amando C. Rugosidade e porosidade do tecido urbano como critérios de análise qualitativa da ventilação natural em cidades litorâneas. 2017. 200 p. TESE (DOUTORADO, ARQUITETURA E URBANISMO) - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE, SÃO PAULO, 2017. Disponível em: <https://goo.gl/VcKq5n >. Acesso em: 15 ago. 2018.

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.

HUI, S. C. M. Low Energy Building Design in High Density Cities. Renewable Energy 24. 627-640, 2001.

IBGE. Sinopse do centro demográfico, 2010. Rio de Janeiro- IBGE, 2010

IPCC - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, *Energy technology perspectives 2008*- Scenarios and strategies to 2050. Paris- IEA, 2008.

LEITE, Renan C. V. Limites de ampliação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido. 2015. 273 P. TESE (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, SÃO PAULO, 2015.



LEITE, Renan C. V. Limites de ampliação da ventilação natural para o conforto térmico face à densificação urbana em clima tropical úmido. 2015. 273 P. TESE (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, SÃO PAULO, 2015.

MIANA, A. C. Adensamento e forma urbana- inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto. (Tese). Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2010.

PRATA-SHIMOMURA, A. R.; FROTA, A. B.; CELANI, G. Modelos físicos na análise de ventilação urbana: o uso do túnel de vento. FÓRUM - Clima Urbano e Planejamento das Cidades; vol. 3, n. 2, 2009.

United Nations Population Fund – UNFPA. Population Dynamics in the Least Developed Countries- Challenges and Opportunities for Development and Poverty Reduction. United Nations. New York, 2011.

UNITED NATIONS. World urbanization prospects the 2009 revision – highlights. United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York, 2010.

VARELA, ÁTILA. Frota de veículos cresce 3,4% no Ceará. Disponível em: <https-//www.opovo.com.br/jornal/economia/2018/02/frota-de-veiculos-cresce-3-4-no-ceara.html&gt> Acesso em- 27 set. 2018.