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 DA PRESENÇA DE EDIFÍCIOS ALTOS NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UNIDADES HABITACIONAIS NO ENTORNO IMEDIATO

Samuel B. M. Nazareth (1); Renan C. V. Leite (2); Amando C. Costa Filho (3); Tainah Frota Carvalho (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, tainahfrota@arquitetura.ufc.br, Universidade Federal do Ceará

RESUMO

O clima urbano tem influência direta na eficiência energética das construções e em seu entorno imediato, entretanto, é sabido que ainda há muito o que se desenvolver na promoção de projetos urbanos multidisciplinares integrados que levem em consideração a necessidade do usufruto pleno do espaço urbano pelo cidadão, sobretudo em relação às variáveis ambientais insolação, ventilação e iluminação naturais. Tais condicionantes têm impactos significativos na eficiência termoenergética de edifícios habitacionais e de serviços. Este estudo tem como objetivo analisar o impacto de um edifício vertical em altura (condomínio A) no contexto urbano sob o viés da ventilação natural. Paralelamente, avalia-se o conforto térmico no interior de habitações de um edifício no entorno imediato deste a partir do índice da ASHRAE 55 (2004). A metodologia aplicada neste artigo se inicia com o levantamento tridimensional do local de estudo separando em dois cenários de análise, um o qual o edifício alto existe e outro sem sua construção. Posteriormente, realiza-se análise a partir de simulações fluidodinâmica com um contexto urbano, objetivando aferir a provável pressão nas esquadrias em um edifício a sotavento do condomínio A (condomínio B), seguindo, portanto, a simulações fluidodinâmicas no interior dessas habitações; simulações de ganhos térmicos e sombreamentos, respectivamente. Concluindo, portanto, que a construção do condomínio A aumentou o tempo de conforto do condomínio B em consequência de seu sombreamento de acordo com o método adaptativo da ASHARAE (2004). Todavia, as velocidades encontradas no condomínio B após a construção do condomínio A revelam baixas velocidades, revelando a importância dos protetores solares nesta localização.

Palavras-chave: Ventilação natural, conforto térmico, eficiência energética, radiação solar.

ABSTRACT

The urban climate has a direct influence on the energy efficiency of buildings and their immediate surroundings, however, it is known that there is still much to develop in the promotion of integrated multidisciplinary urban projects that take into account the need for full use of urban space by the citizen , especially in relation to environmental variables such as natural insolation, ventilation and lighting. Such determinants have a significant impact on the thermoenergy efficiency of residential buildings and services. This study aims to analyze the impact of a vertical building in height (condominium A) in the urban context under the bias of natural ventilation. At the same time, the thermal comfort within the dwellings of a building in the immediate surroundings of this building is evaluated from the index of ASHRAE 55 (2004). The methodology applied in this article starts with the three-dimensional survey of the study site separating into two analysis scenarios, one of which the tall building exists and the other without its construction. Subsequently, an analysis of fluid dynamics simulations with an urban context is carried out, aiming to verify the probable pressure in the frames in a building to leeward of the condominium A (condominium B), followed, therefore, to fluid dynamics simulations inside these dwellings; simulations of thermal gains and shading, respectively. In conclusion, therefore, the construction of condominium A increased the comfort time of condominium B as a consequence of its shading according to the adaptive method of ASHARAE

(2004). However, speeds encountered in condo B after the construction of condominium A reveal low speeds, revealing the importance of sunscreens at this location.
Keywords: Natural Ventilation, Thermocomfort, Energy efficiency, Solar radiation.

1. INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades brasileiras, a dinâmica acelerada do crescimento urbano e uma legislação pouco eficaz na orientação e controle deste desenvolvimento impedem, muitas vezes, a adequação bioclimática do espaço construído. A ventilação natural e a insolação são duas variáveis climáticas estruturalmente alteradas pela influência da forma urbana. O tipo de ocupação do solo e a forma dos edifícios geram obstáculos ao vento e a radiação solar, modificando seu comportamento e a possibilidade de aproveitamento de seu potencial para a eficiência energética de edificações.

Acioly e Davidson (1998) comentam que a densidade urbana é um assunto controverso, complexo e por muitas vezes confuso. Decisões tomadas no âmbito urbano podem ter impactos significativos no meio ambiente, no processo de desenvolvimento da cidade e na saúde e produtividade de seus cidadãos. Os mesmos autores ainda completam que a falta de iluminação e ventilação natural acrescidos às elevadas taxas de umidade do ar, resíduos sólidos e vetores de doenças são alguns dos fatores que aumentam os riscos e susceptibilidade às doenças no meio urbano.

A densificação urbana constitui um meio de alcance de uma sustentabilidade econômica, social e ambiental. No entanto, comumente o desenvolvimento do projeto urbano revela o descaso com as características ambientais locais, reverenciando uma sociedade de consumo que não promove um projeto integrado às necessidades da utilização de meios passivos de resfriamento e iluminação (CÓSTOLA, 2001).

Os impactos da densificação urbana variam de acordo com as condicionantes locais, bem como a latitude do local. Ao se edificar em altura, diminui-se o fator visão de céu e bloqueia-se o sol, assim, impedindo que haja radiação solar direta em algumas superfícies. Li e Wong (2007), verificaram que as obstruções urbanas podem afetar diretamente edifícios de escritórios, uma vez que com a diminuição do fator visão de céu, existe uma redução da carga térmica interna absorvida.

O Brasil possui, em alguns municípios, um processo de agravação de problemas socioambientais em consequência de diretrizes urbanísticas e de construção civil que são potencialmente lesivas ao ambiente urbano. A cidade de Fortaleza, em função dos ventos constantes durante todo o ano, que sopram nos sentidos de leste e sudeste, com médias de velocidades acima dos 4,0 m/s, apresenta potencial para aproveitamento da ventilação natural para arrefecimento do espaço urbano e de edificações. Além disso, há que se considerar que a capital cearense localiza-se próxima ao equador, que por sua vez determina elevados índices de radiação solar, contribuindo para elevação da temperatura do ar e altas taxas de evaporação, além de intensa luminosidade.

Neste trabalho se focou no estudo do impacto de um edifício alto, com aproximadamente 70 metros, aqui denominado de condomínio A, sobre o conforto térmico de ocupantes de uma segunda construção, denominada condomínio B, que se encontra na região a sotavento deste primeiro. Atentando-se principalmente para as perturbações aerodinâmicas no contexto urbano e como elas refletem em uma possível diminuição ou aumento do fluxo de ar no interior de unidades habitacionais, bem como as perdas ou os ganhos de carga solar em decorrência do sombreamento do condomínio A.

2. OBJETIVO

Avaliar os impactos da presença de um edifício alto no conforto higrotérmico de ocupantes de um edifício de menor porte localizado em seu entorno a partir de simulações computacionais combinadas da ventilação natural e do desempenho termoenergético.

3. MÉTODO

Metodologicamente, partiu-se da caracterização do objeto de estudo, sua modelagem e preparação das simulações computacionais em etapas distintas e sequenciais, variando a escala de análise e o enfoque em relação a cada variável ambiental analisada. As informações obtidas em cada das etapas alimentam a simulação seguinte, produzindo resultados mais precisos e adequados do ponto de vista de cada fenômeno físico envolvido. Os softwares utilizados neste estudo foram o AutoCAD para desenho e modelagem dos modelos estudados e o Ansys em seu modo de análise CFX, utilizando o método de elementos finitos para produzir uma malha desestruturada tetraédrica com uma cama de prismas para melhor aferir o desprendimento da camada limite dos objetos de estudo. Por fim, o Rhinoceros 3D foi utilizado para simulação de tempo de horas de sol e o software DesignBuilder foi empregado para a realização do cálculo

de ganhos térmicos levando em consideração o entorno imediato e as propriedades físicas dos materiais de construção. Foi seguido os passos a seguir (Figura 1).

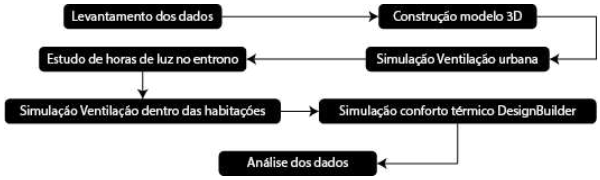


Figura 1 - Passos da metodologia aplicada

A fim de compreender o impacto do condomínio A no contexto urbano e no condomínio B, construiu-se dois cenários, um aonde o novo condomínio não existe e outro o qual foi construído. Após levantamento de dados das construções da área de análise, modelou-se com o uso da ferramenta AutoCAD as volumetrias dos entornos sem e com condomínio A. Portanto, com este modelo, se simula, respectivamente, ventilação urbana, tempo de sol, ventilação no interior das habitações e conforto térmico. Realizou-se duas simulações fluidodinâmicas urbanas, oito simulações fluidodinâmicas no interior das habitações, quatro simulações relativas ao sombreamento da região e ganhos solares nas esquadrias do condomínio B e oito simulações de desempenho térmico em 4 habitações do condomínio B.

3.1. Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo se encontra na região leste da capital cearense. Identifica-se na região o potencial de aproveitamento da ventilação natural, uma vez que os prédios se encontram próximos a um parque de grandes dimensões na cidade e que, portanto, não concentra grandes obstáculos construídos nos principais sentidos dos ventos da cidade, leste e sudeste

O condomínio residencial analisado possui duas torres com 20 pavimentos tipo, dois apartamentos por andar e 4 pavimentos de sobressolo com aproximadamente 12 andares 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 2 e 3). Este conjunto edificado foi denominado condomínio A.



Figura 2 - Localização do entorno e objeto de estudo. Em amarelo: Entorno imediato considerado; Em vermelho: Objetos de estudo



Figura 3 - Nomenclatura dos adotada dos 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 3 e 4. O condomínio A segue estas mesmas características de nomenclatura.

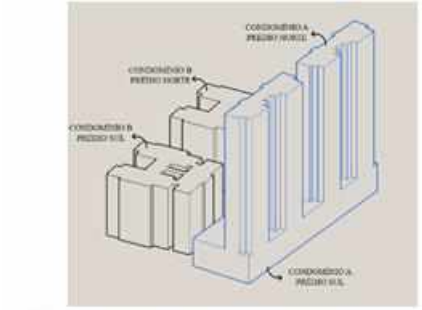


Figura 4 - Identificação dos objetos de estudo



Figura 5 - Condominio A

3.2. Simulações computacionais

Com o aumento da capacidade computacional as simulações se fazem cada vez mais presentes e necessárias para o melhor planejamento urbano e arquitetônico. Com estas ferramentas é possível analisar, com um bom nível de precisão, prováveis impactos ambientais que podem ocorrer com um edifício desde a escala da cidade até o ambiente interno das edificações.

No caso da ventilação natural, a dinâmica dos fluidos computadorizada, mais conhecida pela sigla CFD (*Computacional Fluid Dynamics*), proporciona uma análise qualitativa e quantitativa do desempenho da ventilação natural em várias fases do projeto.

Este estudo se utiliza dessas ferramentas para analisar o objeto de estudo em etapas distintas. Em um primeiro momento foi aplicada a simulação fluidodinâmica para avaliar a ventilação natural desde a escala urbana e verificar os efeitos aerodinâmicos do condomínio A sobre as fachadas do condomínio B, extraindo dados de pressões sobre as esquadrias deste último.

Nas análises dos dados do estudo fluidodinâmico é necessário a criação de um local para a interação do fluido com os objetos de estudo, denomina-se domínio, o qual foi construído seguindo as proporções de Cost (2004) em um domínio circular (Figura 6). Para aproximar a simulação a um ambiente urbano, utiliza-se a Equação 1 (BRE 1978) para emular o gradiente do vento a partir da rugosidade do meio. 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 e com a velocidade inicial de 4.5 m/s. Nesta primeira simulação busca-se as pressões no centro das esquadrias externas do condomínio B.

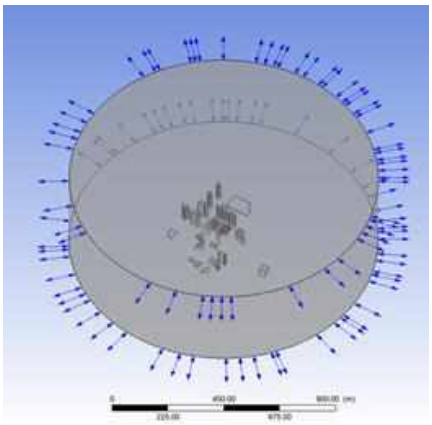


Figura 6 - Modelagem e domínio circular.

$$V = V_M \times K \times Z^a \qquad \text{Equação 4}$$

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.

Em um segundo momento, tomando como base estes dados, simulou-se o comportamento da ventilação natural no interior dos apartamentos. Considerou-se as janelas com 50% de abertura lateral e 100% das portas internas abertas. 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. Com estas simulações, foi possível monitorar a velocidade interna em diversos cômodos das quatro unidades habitacionais. Três pontos foram posicionados de forma equidistante no centro de todos os ambientes a fim de aferir uma velocidade média do ar, como demonstrado na figura 7.

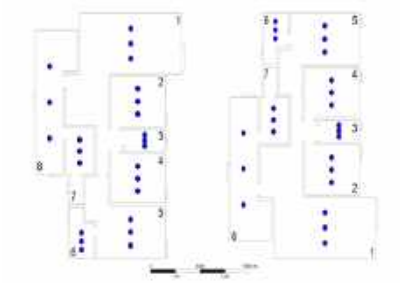


Figura 7 - Representação das habitações estudadas, sul e norte, respectivamente. 1 Sala; 2 Quarto 1; 3 Banheiro compartilhado; 4 Quarto 2; 5 Quarto suíte; 6 Banheiro suíte; 7 Dependência de empregada; 8 área de serviço e cozinha.

Uma segunda variável possível de extração de simulações fluidodinâmicas é o fluxo ou vazão mássica, que pode ser transformado em trocas de ar por hora a partir da Equação 2, a seguir. Tal informação é fundamental para análises de desempenho térmico de edifícios naturalmente ventilados nos trópicos (BITTENCOURT 1997).

$$A_c = (M_{fs} \cdot 3600 \cdot 1{,}204) \div V_d \qquad \text{Equação 2}$$

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].

Bittencourt (1997) também aponta que o sombreamento é importante para o conforto térmico de uma edificação em clima tropical. Em um quarto momento foi simulado as sombras do contexto urbano para a compreensão de como o condomínio A afeta a disponibilidade de insolação ao condomínio B. Estas simulações de sombreamento, outra etapa do presente estudo, foram realizadas no *software Rhinoceros* com seu complemento, *Grasshopper* utilizando um *plug-in Ladybug*. Os dias escolhidos para este estudo foram nos solstícios de verão e inverno no período diurno.

Finalmente, a última etapa de simulação, que se refere aos cálculos de desempenho térmico, foi realizada pelo programa *DesignBuilder* em sua versão de testes. O arquivo climático utilizado foi o ano teste de referência (TRY) de Fortaleza, Ceará. Os edifícios no entorno imediato do condomínio B foram simulados como elementos adiabáticos, servindo, portanto, como bloqueio solar (Figura 8 e 9). O material utilizado para as paredes de todos os modelos simulados foram paredes simples de tijolo 8 furos com transmitância térmica de 2,238 W/m²k, o vidro utilizado foi simples de 3 mm com fator solar de 0,81. Ganhos térmicos utilizados para esta simulação foi 50 W/m2, considerando a soma da energia produzida por uma rotina composta por quatro usuários em atividade sedentária somados ao ganho energético dos equipamentos típicos de uma residência. A ventilação natural se faz presente em todas as simulações, considerando janelas de correr com 50% de abertura e com as devidas trocas de ar por hora determinadas pelas simulações fluidodinâmicas realizadas na etapa anterior.

Portanto, os resultados comparados são as temperaturas operativas resultantes de toda habitação comparados com o índice adaptativo da ASHRAE (2004) (Equação 3). Os resultados são analisados em termos de quantidade de horas dentro do limite da zona de conforto, esta zona de refere a um intervalo de 2,5 graus para mais (Desconforto por calor) ou menos da temperatura média mensal (Desconforto por frio) do ar externo (Figura 10).



Figura 8 - Modelo de análise DesignBuilder com condomínio A

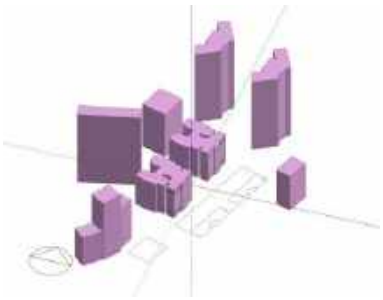


Figura 9 - Modelo de análise DesignBuilder sem condomínio A

$$OT_N = 17{,}8 + 0{,}32 \times Tmm \qquad \text{Equação 3}$$

Onde:
OT_N = Temperatura operativa neutra [ºC];
Tmm = Temperatura média mensal do ar externo [ºC].

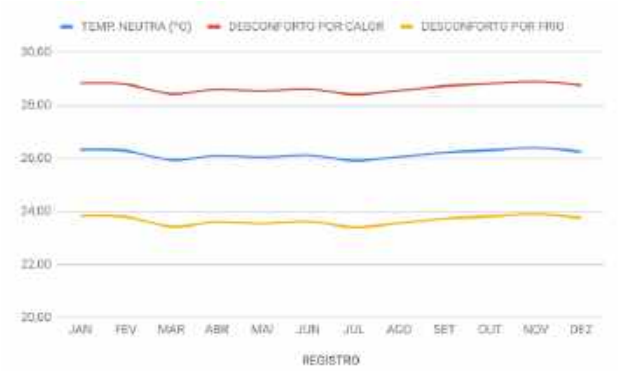


Figura 10 - Área de conforto segundo cálculo do índice adaptativo da ASHRAE 55 em Fortaleza.

4. RESULTADOS

O índice adaptativo da ASHRAE indica que houve um ganho no tempo de conforto térmico no interior das habitações do condomínio B como pode ser percebido na tabela 1. Ressaltando principalmente este aumento nos primeiros andares das torres norte e sul.

Tabela 1 – Tempo de conforto na unidade habitacional com e sem condomínio A

LOCALIZAÇÃO	TEMPO DE CONFORTO SEM CONDOMÍNIO A			TEMPO DE CONFORTO COM CONDOMÍNIO A		
	CONFORTO	CALOR	FRIO	CONFORTO	CALOR	FRIO
PRIMEIRO ANDAR SUL	5206 HORAS	3546 HORAS	8 HORAS	6082 HORAS	2671 HORAS	7 HORAS
ÚLTIMO ANDAR SUL	5482 HORAS	3270 HORAS	8 HORAS	6121 HORAS	2631 HORAS	8 HORAS
PRIMEIRO ANDAR NORTE	5060 HORAS	3693 HORAS	7 HORAS	5853 HORAS	2899 HORAS	8 HORAS
ÚLTIMO ANDAR SUL	5436 HORAS	3314 HORAS	8 HORAS	5879 HORAS	2872 HORAS	9 HORAS

As figuras de 11 a 14 representam o tempo de insolação de forma comparativa, com o condomínio A e sem condomínio A durante 12 horas do dia, das 6 da manhã as 18 horas nos solstícios de verão e inverno.

No solstício de inverno (Figuras 12), em um primeiro momento, antes da construção do condomínio A, havia poucas horas de insolação direta na fachada leste dos edifícios do condomínio B. Após a construção do empreendimento a frente, o tempo de sombra se intensificou, principalmente nas fachadas a leste (figura 14).

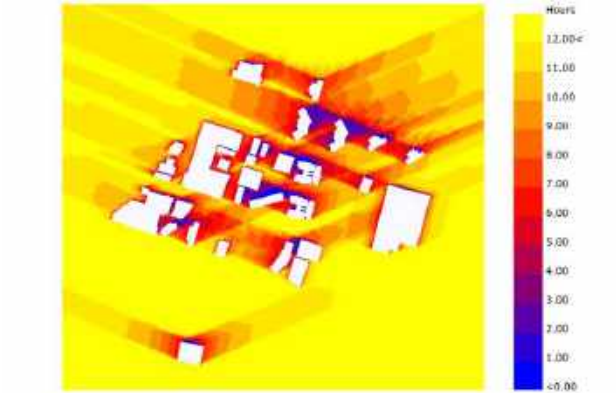


Figura 11 - Tempo de sol 21/12 de 6 às 18 horas sem condomínio A

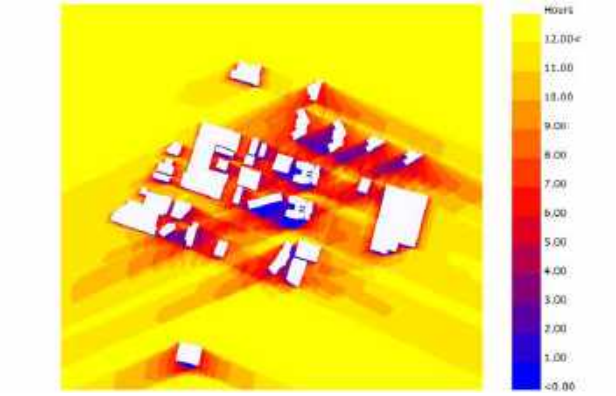


Figura 12 - Tempo de sol 21/06 de 6 às 18 horas sem condomínio A

No solstício de verão (figuras 13) o condomínio B se encontra com áreas aonde não haveria insolação direta durante todo o dia, em contrapartida, antes da construção do obstáculo, estas edificações recebiam insolação plena durante todo o dia (figura 11).

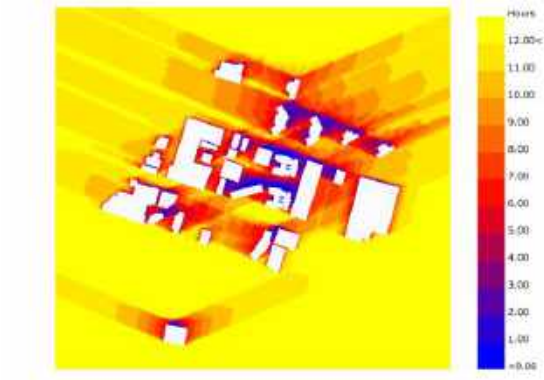


Figura 13 - Tempo de sol 21/12 de 6 às 18 horas com condomínio A

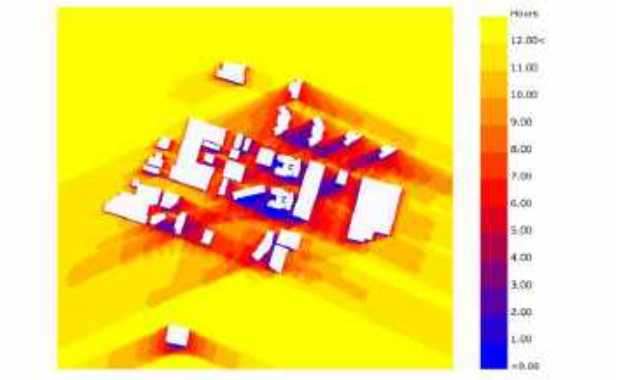


Figura 14 - Tempo de sol 21/06 de 6 às 18 horas com condomínio A

A Figura 15 demonstra graficamente os ganhos de radiação solar nas esquadrias o condomínio B antes e depois da construção do condomínio A durante um ano inteiro. Com diminuições na ordem de 47% no primeiro andar, esta é a habitação mais sombreada.

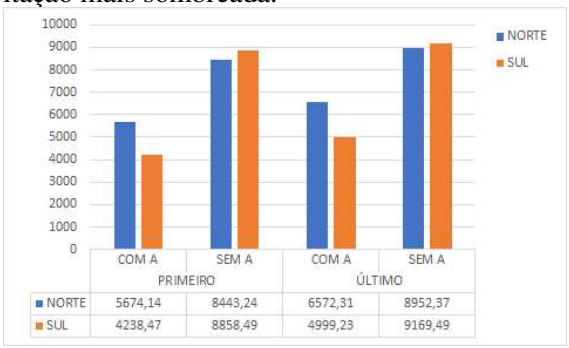


Figura 15 - Comparativo de ganhos solares com e sem condomínio A

A partir da simulação da ventilação na escala urbana foi possível determinar as pressões nas esquadrias do condomínio A nós dois cenários: com a presença do condomínio A, nas tabelas 3 e 5, e sem o condomínio A, nas tabelas 2 e 4.

As tabelas 2 e 3 reiteram, ainda, a diminuição abrupta das pressões nas esquadrias no primeiro e no último pavimentos, demonstrando diferenças de até maiores que 12 Pa decorrentes da presença do condomínio A, que alterou sobremaneira o comportamento do vento sobre a fachada principal do condomínio B ao inverter o campo de pressões sobre esta.

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*

Tabela 3 - 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*

O mesmo fenômeno ocorreu com o prédio Norte: a partir da presença do condomínio A, o campo de pressões se inverteu, tornando negativas as pressões sobre as aberturas. As tabelas 4 e 5 elucidam a situação no prédio norte, aonde se observa um ganho de capacidade de ventilação em decorrência da diferença barométrica. Todavia, houve uma perda de capacidade de ventilação no último pavimento da torre norte.

Tabela 4 - 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 5 - 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*

Com as pressões das tabelas anterior, formulou-se resultantes em velocidade no interior das unidades habitacionais estudadas (Tabela 6). Houve um aumento significativo na velocidade do ar interno do primeiro pavimento da torre norte. Em contrapartida, as velocidades das demais unidades habitacionais refletem uma diminuição ainda mais significante. Estes ganhos e perdas de velocidade do ar são refletidos de forma diretamente proporcional nas trocas de ar por hora das residências (Tabela 6).

Tabela 6 – Média das velocidades do ar no interior de cada unidade habitacional e trocas de ar por hora nas situações simuladas.

Localização	VELOCIDADE [M/S]				TROCAS DE AR [Ac]			
	Com Condomínio A		Sem Condomínio A		Com Condomínio A		Sem Condomínio A	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
Primeiro pavimento	0,35	0,14	0,23	0,33	111,26	46,86	58,19	120,30
Último Pavimento	0,21	0,16	0,32	0,33	79,50	36,64	97,49	107,15

5. CONCLUSÕES

É sabido que a morfologia urbana influencia diretamente a qualidade ambiental de edificações a partir das características físicas como materiais construtivos, forma e posição. É, portanto, fundamental considerar o papel da forma de cidade nos estudos em busca de edificações energeticamente mais eficientes, tendo em vista a importância das trocas térmicas que ocorrem entre o entorno imediato e envoltória do edifício.

Muito foi utilizado a partir de análises fluidodinâmicas não discretizadas neste artigo, entretanto, a partir dos dados impressos nas tabelas é possível demonstrar a imprevisibilidade da ação dos ventos diante de um obstáculo. Neste caso, os efeitos podem acarretar diminuições significativas na ventilação natural de alguns apartamentos ou até mesmo a intensificação em outros, justificando assim, a necessidade de estudos específicos no contexto de análises visando um planejamento urbano integrado.

Os dados de tempo de sombriamente também ilustram a importância do sombreamento no clima de Fortaleza, Ceará. A construção do condomínio A, em consequência do seu sombreamento sobre o condomínio B, aumentou o tempo de conforto a partir do método adaptativo da ASHRAE (2004) em cerca de 16% no primeiro pavimento sul do condomínio A. Em contrapartida, no entanto, as velocidades encontradas neste mesmo condomínio revelam as menores intensidades de ventilação do estudo, o que reforça a importância da obstrução à radiação solar.

Com isso é importante ressaltar que o planejamento criterioso da verticalização da paisagem urbana pode determinar, inclusive, maiores velocidades aos fluxos de vento, imprimindo maior intensidade ao campo de pressões sobre as fachadas, aumentando as taxas de renovação do ar e contribuindo para a qualidade do ar em edifícios e ao nível do pedestre, à semelhança do que foi verificado em outras localidades (ALLARD; GHIAUS; SZUCS, 2010).

Portanto, adiciona-se, ainda, que, no caso apresentado neste estudo, o sombreamento causado pelo condomínio A, isolando a variável de temperatura e ganhos solares, permite que o condomínio B possua, segundo o índice aplicado, uma maior quantidade de graus-hora conforto. Todavia, a construção deste condomínio provocou impactos para além da variável temperatura do ar e que não foram objetos de análise nesta pesquisa, no que tange o aspecto visual, o ambiente acústico ou mesmo a possibilidade de ofuscamento. Em conversas com moradores do condomínio B, muitos afirmam que sentiram a necessidade de instalar equipamentos de ventilação mecânica face a situação da diminuição das velocidades internas das habitações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, CLAUDIO; DAVIDSON, FORBES, . **Densidade Urbana: Um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad X, 2001.

ALLARD, F.; GHIAUS, C.; SZUCS, A. **Natural ventilation in high-density cities**. In: Designing high-density cities for social and environmental sustainability. Edward Ng (org.). Earthscan: Londres, 2010.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING (ASHRAE). **ASHRAE Standard 55-2004: thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: Atlanta, 2004.

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.

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.

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.

LI, D. H.W.; WONG. S. L. **Daylighting and energy implications due to shading effects from nearby buildings**. Applied Energy 84: 1199 – 1209, 2007.