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 INFLUÊNCIA DA MUDANÇA EM PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS URBANAS: O CASO DO POÇO DA DRAGA, EM FORTALEZA-CE

Lígia Prata (1); Sara Lins (2); Stefane Alves (3); Tainah Carvalho (4); Renan Cid Varela Leite (5); Samuel Bertrand Melo Nazareth (6)

(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, ligia_prata@outlook.com, Universidade Federal do Ceará
(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, saracrliins@gmail.com, Universidade Federal do Ceará
(3) Graduada em Arquitetura e Urbanismo, arqstefanealves@gmail.com, Universidade de Fortaleza
(4) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, tainahfrota@arquitetura.ufc.br, Universidade Federal do Ceará
(5) Doutor, Professor Adjunto do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará
(6) Mestrando, Arquiteto e Urbanista, bmnsamuel@gmail.com, Universidade Presbiteriana Mackenzie

RESUMO

A cidade de Fortaleza está sendo alvo de um grande programa que prevê seis Operações Urbanas Consorciadas (OUC), cada uma localizada em diferentes trechos com forte potencial imobiliário. Cada OUC estabelece novos parâmetros de ocupação para cada região, modificando o que está definido no Plano Diretor atual. O presente trabalho tem como foco um recorte da OUC Litoral Centro que compreende partes dos bairros Centro e Praia de Iracema, tratando-se de uma área de grande potencial turístico para a cidade. Neste processo, chamou atenção a permissividade construtiva resultante da alteração de parâmetros urbanísticos na área em questão, a qual circunda o precário assentamento do Poço da Draga, no bairro Centro. . A verticalização da paisagem no entorno desta comunidade com a elevação no gabarito das edificações e a ampliação do índice de aproveitamento têm influência direta nas condições ambientais urbanas e no interior de edificações. No presente artigo, dois cenários de ocupação do solo são comparados para avaliar o impacto das mudanças nas prescrições edilícias deste trecho da capital cearense sobre as condições ambientais urbanas, mais especificamente o acesso ao sol e o potencial de ventilação natural. Foram realizadas análises da projeção de sombras através de ferramenta computacional e a técnica de dinâmica dos fluidos computadorizada (CFD) foi empregada para avaliar a ventilação natural. Os resultados indicam a redução na incidência solar devido à maior obstrução causada pelos edifícios altos propostos para a área no entorno do assentamento e a diminuição do potencial de ventilação natural da área com a redução da intensidade das correntes que chegam até a região de interesse do estudo.
Palavras-chave: prescrições urbanísticas, condições ambientais, simulação computacional.

ABSTRACT

The city of Fortaleza is currently being targeted by a huge program that envisions six Consortium Urban Operations (*Operações Urbanas Consorciadas – OUC* – in portuguese, CUO, in English), each on a different location that have great real state potential. Each CUO stablishes new occupational parameters for each region, changing what is currently defined in the present City Master Plan. The work in question focus on the *Central Litoral* CUO, that encompass the *Centro* and *Praia de Iracema* neighborhoods, which are part of one of regions with greatest tourist potential for the city. In this process the contructive permissiveness resulting from the changes in urban parameters of the region, that encircles the informal settlements of *Poço da Draga* caught our attention. The verticalization of the landscape around this community caused by the height limit increase of the buildings along with the enlargement of the occupation index, have a direct influence on the urban environmental conditions and, consequently, the environmental conditions inside the buildings. In the present article, two land use scenarios are being compared to evaluate the urban environmental condition impact caused by the proposed changes in the building regulations on this section of the capital of Ceará, specifically the access of the community to sufficient sunlight and natural ventilation. Shadow projection analyzes were performed using a computational tool to analyze the sunlight, and the computational fluid dynamics (CFD) technique was used to evaluate the natural ventilation. Results indicate

the reduction in the solar incidence due to the obstruction caused by the higher buildings proposed for the area around the settlement and, also, the decrease of the natural ventilation potential of the area with the reduction of the intensity of the air currents that arrive in the region of the study.
Keywords: urban prescriptions, environmental conditions, computational simulation.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades constitui um desafio para a agenda de governos e o cotidiano de populações urbanas. A ordenação e orientação do espaço resultante das múltiplas relações entre o homem e o meio, responsáveis por moldar a forma do tecido da cidade, tornam-se, assim, essenciais para um desenvolvimento sustentável do ambiente urbano. É sabido que a urbanização é capaz de alterar o comportamento dos parâmetros climáticos locais e, conseqüentemente, as condições de conforto térmico nas cidades, mantendo, portanto, estreita ligação com a atividade de planejamento urbanístico (CHANDLER, 1976; MONTEIRO, 1976; OKE, 1987).

As sociedades urbanas contemporâneas estão se desenvolvendo em cidades cujas dimensões nunca foram tão expressivas. Ademais, a maior parte desta população está concentrada em países em desenvolvimento, onde os impactos ambientais adquirem contornos preocupantes devido à especulação do solo urbano. Do ponto de vista do clima, as mudanças geradas pela urbanização sobre cidades tropicais são consideradas mais severas, gerando situação de estresse bioclimático pelo aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa e decréscimo da ventilação natural, elevando o consumo energético para condicionamento ambiental dos edifícios. Romero (2001) observa, ainda, que dentre todos os componentes do clima, as condições de ventilação sofrem as maiores alterações durante o processo de urbanização.

No Brasil, o desenvolvimento de trabalhos e o conhecimento das questões relacionadas ao vento e ao planejamento urbano podem ser considerados relativamente recentes. As consequências de tal deficiência no embasamento científico quando das tomadas de decisões por parte das gestões públicas têm efeitos diretos sobre as cidades e sua população. Nesse sentido, cabe citar as pesquisas desenvolvidas por Silva (1999), Costa (2001), Prata (2005), Souza (2006), Leite (2008) e Leite (2010; 2015) que tratam da substituição das estruturas existentes pela inserção de novas formas, a verticalização da paisagem, o maior adensamento construtivo e seus reflexos no comportamento do vento na escala da cidade.

Na cidade de Fortaleza, à semelhança de outros grandes centros urbanos, problemas ambientais já são fatos de características próprias e merecedores de estudos mais aprofundados. Entre estes, ressalta-se a presença de possíveis ilhas de calor, a expressiva verticalização de determinadas áreas da cidade em paralelo à expansão horizontal para locais cada vez mais distantes, a diminuição da arborização no interior da malha urbana, as altas taxas de impermeabilização do solo e a poluição de mananciais. Tais fatores, de ordem mais abrangente, têm influência direta sobre aspectos mais específicos do conforto térmico no âmbito do espaço construído, agravados, sobretudo, pela condição subequatorial da cidade.

A capital cearense, através dos Programas Fortaleza Competitiva em concordância com o Fortaleza 2040 a Prefeitura identificou, através de um estudo, seis áreas para serem objetos de intervenções por meio do instrumento de Operação Urbana Consorciada, dentre elas, a OUC Litoral Central. As mudanças nas prescrições edilícias deste trecho da cidade, de potencial turístico e imobiliário, despertaram o interesse em avaliar os impactos do aumento do índice de aproveitamento e elevação do gabarito das edificações sobre as condições de ventilação natural e sombreamento no trecho estudado, sobretudo na comunidade Poço da Draga, área de extrema vulnerabilidade social.

2. OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo avaliar o impacto das mudanças nas prescrições edilícias na região do Poço da Draga, em Fortaleza, Ceará, sobre as condições ambientais urbanas através de simulação computacional. Mais especificamente, analisa-se a ventilação natural e o sombreamento na escala urbana causados pela possibilidade de verticalização de um trecho da cidade, que se encontra em fase de estudo para uma possível modificação de seus parâmetros urbanísticos.

3. MÉTODO

A pesquisa partiu da caracterização da área de estudo, tanto no que se refere à morfologia deste trecho do tecido urbano quanto em relação aos processos que estão acontecendo e que podem vir a produzir modificações da paisagem desta área da cidade. Em seguida, são apresentados os cenários tridimensionais virtuais submetidos às simulações computacionais para análise da ventilação natural.

3.1. Caracterização da área de estudo

O aglomerado urbano Poço da Draga constitui-se enquanto assentamento precário já consolidado na região analisada, a qual é um importante polo cultural e turístico na região norte da cidade de Fortaleza. Nos últimos anos, o trecho de estudo atravessou uma série de modificações espaciais com a inauguração do Centro Cultural Dragão do Mar, a realização do Aterro da Praia de Iracema e a construção do Acquário do Ceará, além de outros empreendimentos e equipamentos instalados na área. Tais alterações refletem a condição da área como centro de atrativos imobiliários, com investimentos associados à vocação turística deste trecho (BESSA, 2015). Esses atrativos impulsionaram a criação da OUC Litoral Central, que estuda uma reestruturação no zoneamento existente, com o objetivo de ampliar o potencial criativo, comercial e turístico da região.

A área de estudo, demonstrada na figura 1, é bastante heterogênea quanto ao uso do solo, existindo galpões industriais desocupados, comércio, serviços como hotelaria e propriedades para aluguel turístico e edificações residenciais, com destaque para a comunidade do Poço da Draga, em ocupação irregular. Atualmente, de acordo com o zoneamento proposto pelo plano diretor, a área se divide em ZPA 2 (Zona de Proteção Ambiental 2), onde não é permitida a edificação, e ZO3 (Zona de Orla 3). Essa segunda por sua vez, subdivide-se em SBZ 1 (Subzona), SBZ 2 - S1 e SBZ 2 - S2 (Subzonas Setores 1 e 2), como é possível observar no mapa a seguir (figura 2).



Figura 1 – Mapa da região de estudo.

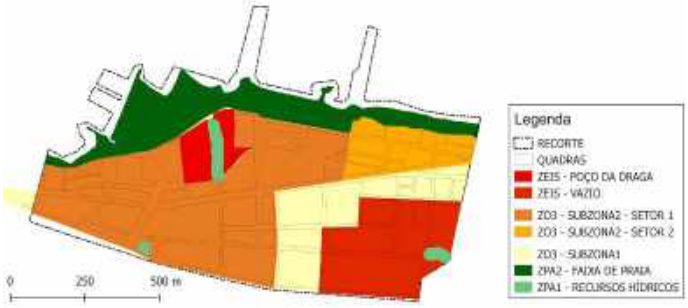

Figura 2 - Zoneamento da região de estudo (PDPFor, 2009).

A Zona de Orla é caracterizada por estar próxima à faixa de praia e ter potenciais paisagísticos e turísticos cuja ocupação se baseia na disponibilidade de infraestrutura e serviços urbanos e na presença de imóveis não utilizados e subutilizados. Ela se subdivide em sete trechos, sendo a Praia de Iracema o terceiro. Mais especificamente, na região do trecho III da ZO, o PDPFor prevê índice de aproveitamento máximo de 2,0, taxa de ocupação de 60% e altura máxima de 48 m.

Em 2018, entretanto, a Prefeitura elaborou um relatório onde define áreas que sofrerão impactos através da implementação de Operações Urbanas Consorciadas, sendo Fortaleza a capital brasileira com maior número deste instrumento. Tal relatório especifica quais as áreas da cidade serão afetadas, estabelecendo um novo zoneamento e alteração dos parâmetros urbanísticos. A área de estudo ficará sob a legislação da OUC Litoral Centro. A figura 3, a seguir, ilustra o novo zoneamento, contendo cinco das seis novas zonas propostas cujos parâmetros.

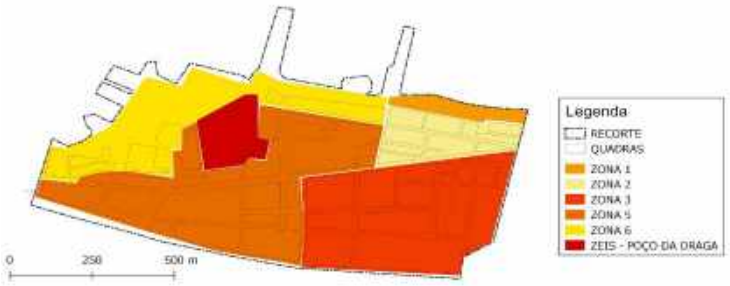

Figura 3 - Zoneamento da região de estudo proposto pela OUC

A Zona 1 mantém as prescrições urbanísticas da ZPA II, que antes se estendia por toda a área em proximidade com o mar. A nova proposta, no entanto, se limita a um pequeno trecho ao lado direito da área de estudo. Boa parte do terreno que correspondia a essa zona de proteção foi transformado na Zona 6, cujos parâmetros urbanísticos são os mais permissíveis dentre as novas zonas. De acordo com a OUC, os antigos galpões existentes, localizados entre a ZPA II e a ZO3, poderão dar lugar a edifícios de até 95 metros de altura. O objetivo para a criação da Zona 6, de acordo com o relatório, é o fomento a equipamentos de cultura, lazer e turismo.

A Zona 2 corresponde a Subzona 2 - Setor 2 da legislação vigente, mantendo-se praticamente igual. No entanto, nota-se a extinção da Subzona 01 e de uma Zeis presente na atual legislação (Luos 2017) dando lugar a nova Zona 3. Caracteriza-se pelo estímulo do uso do comércio varejista e serviços. O gabarito da zona que antes não poderia ultrapassar 48m passa a ter uma permissividade de 72m de altura.

A Zona 5, antiga Subzona 2 - Setor 1, faz parte da ZEPH Praia de Iracema, sendo submetida às restrições impostas por esse tipo de zoneamento, como a manutenção de edifícios históricos tombados. A OUC espera encorajar o uso residencial, comercial, serviços e, principalmente de cultura e lazer. Aumenta-se o índice de aproveitamento máximo, a taxa de ocupação e o gabarito que passa de 48 para 60 metros.

Entre as Zonas 5 e 6 situa-se a Comunidade do Poço da Draga que continua se ser classificada como uma ZEIS. A proposta da OUC é de regularizar e reinserir a comunidade nesse espaço de forma urbanizada, visando também a recuperação ambiental da foz do Rio Pajeú que atravessa a comunidade. Essa área, localizada no meio de tantas mudanças urbanísticas, é de grande interesse para o presente estudo, que busca entender de que forma essas alterações podem interferir na ventilação natural deste lugar. A tabela 1, a seguir, reúne os parâmetros de cada zona, fatores determinantes para o adensamento construtivo permitido para esta região da cidade.

Tabela 1 - Parâmetros OUC Litoral Central. Fonte: Relatório de desenvolvimento OUC Litoral Central.

Zona	**Índice de aprov. max (m)**	**Taxa perm (%)**	**Taxa Ocup (%)**	**Altura máxima (m)**	**Área. Min lote (m)**	**Test. Min lote (m)**	**Prof. Max. Lote (m)**	**Fração lote**
ZONA 1	0	100	0	0	0	0	0	SF*
ZONA 2	2.5	20	80	10,5	125	5	25	SF*
ZONA 3	5	20	80	72	250	10	25	SF*
ZONA 5	3	20	80	60	125	5	25	SF*
ZONA 6	4	40	60	95	125	5	25	SF*

3.2. Cenários de ocupação do solo

Na elaboração dos cenários de ocupação do solo a serem submetidos às simulações de ventilação na escala urbana, os modelos são compostos pelas edificações existentes e/ou previstas, sendo, entretanto, fundamental que sua geometria seja simplificada. A medida diminui consideravelmente o tempo de processamento e a capacidade computacional necessária para os cálculos (PRATA, 2005; LEITE, 2008). Mesmo preservando, ao máximo, as características do trecho, arestas e faces curvas de pequena dimensão foram desconsideradas, bem como distâncias entre as edificações menores do que 5 m, unificando-as em blocos para extrusão.

Para a modelagem tridimensional dos cenários, partiu-se do levantamento das informações cartográficas desta área em base CAD. O primeiro cenário de ocupação do solo elaborado consiste no modelo base e representa a situação atual da ocupação do solo na área de estudo.

Adotou-se uma altura de 3 m para o pé-direito dos edifícios, excluindo-se a vegetação, muros e demais obstáculos de pequena dimensão. Percebe-se, neste modelo, que a relativa horizontalidade na ocupação desta parte da cidade é rompida pela presença pontual de torres de edifícios, mais a leste do conjunto, que contrastam com as edificações de baixo gabarito (figura 4).

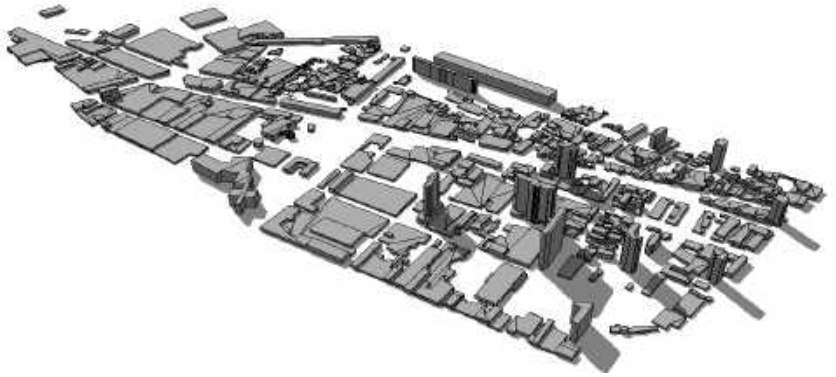

Figura 4 – Cenário 1: atual ocupação do solo na área de estudo.

Um outro cenário de ocupação do solo foi modelado à luz dos novos parâmetros estabelecidos pelas OUC apresentados na tabela 1 e de acordo com a prática imobiliária percebida na capital cearense no que tange a atividade hoteleira e residencial multifamiliar. Partiu-se de algumas premissas, como a forma de atuação do mercado imobiliário, que, hipoteticamente, se daria através da compra de edificações de menor valor de venda e/ou terrenos não edificados e subutilizados, remembrando-os para aumentar as dimensões dos terrenos a construir e,com isso, erguer edifícios com a altura máxima permitida. Assim, elaborou-se uma possível ocupação da área com novos edifícios altos, contando com o maior gabarito permitido, entre 60 e 95 metros e índice de aproveitamento máximo, o que resultou num modelo de expressiva verticalização a ser comparado ao cenário 1 em termos para avaliação das condições de escoamento do ar, como pode-se perceber na figura 5.

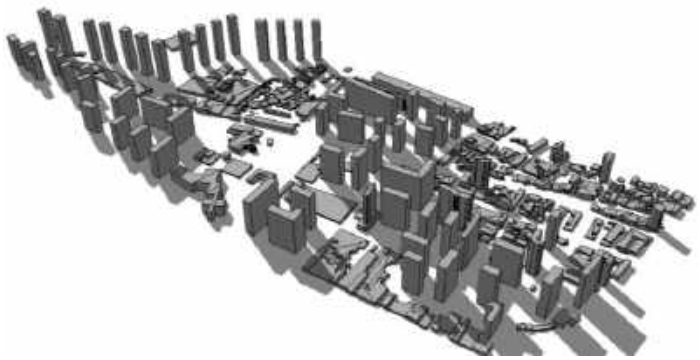

Figura 5 – Cenário 2: possibilidade de ocupação do solo na área de estudo.

3.3. Simulações computacionais

Os dois cenários de ocupação do solo elaborados foram submetidos à programas computacionais para simulação do percurso solar e análise da ventilação natural em cada conjunto edificado.

A verificação da insolação em cada cenário foi realizada pelo programa Autodesk Ecotect Analysis 2011, valendo-se das manchas de sombreamento e máscaras do entorno em ponto específico de interesse da pesquisa, localizado no trecho do Poço da Draga.

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. Em avaliações envolvendo prescrições urbanísticas e conjuntos edificados, é possível verificar alterações ocasionadas na área de estudo em cenários futuros e seus impactos sobre a cidade (TOLEDO; PEREIRA, 2004; PRATA, 2005).

Nesta investigação, as simulações computacionais da ventilação natural na escala urbana foram realizadas no programa ANSYS CFX em regime estacionário, isotérmico, incompressível e turbulento. A pressão adotada como referência é de 1 atm e a temperatura é de 25 °C. Utilizou-se um domínio circular como forma de permitir análises com o vento incidindo de diferentes direções. Uma malha desestruturada formada por tetraedros e camadas de prismas foi gerada para compor os dois modelos de ocupação em função da geometria irregular dos edifícios presentes na área. Adotou-se, ainda, o modelo de turbulência K-epsilon padrão e todas as simulações foram calculadas visando atingir o nível de resíduos mínimo de 1x10-5.

Aplicou-se uma equação para corrigir o perfil vertical de velocidades do ar em função da rugosidade do meio. Na equação 1, a seguir, largamente utilizada em estudos de ventilação natural urbana, valores de velocidade do ar medidos em estações localizadas em pontos desobstruídos são multiplicados por fatores (k e a) em função do tipo de terreno (área urbana), determinando a velocidade do ar na cota z desejada.

$$V = V_{ref} \times k \times z^{a} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
V = velocidade média do vento à determinada altura [m/s];
V_{ref} = velocidade média do vento na estação meteorológica registrada a 10 m [m/s];
z = altura determinada [m];
k, a = coeficientes segundo a rugosidade da superfície do terreno, segundo a tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes de rugosidade segundo as características do terreno

Coeficientes do terreno	k	a
Área aberta plana	0,68	0,17
Campo com obstáculos espaçados	0,52	0,20
Área urbana	0,35	0,25
Centro de cidade	0,21	0,33

4. RESULTADOS

A visualização das regiões sombreadas pelos edifícios constitui um referencial acerca da interferência ou obstrução causada pelas construções da área. Paralelamente, o acesso ao sol nas fachadas pode constituir um recurso prático e objetivo para demonstrar, visualmente, o quanto os edifícios obstruem o percurso das correntes de ar antes de atingirem as fachadas das edificações.

As figuras 6 e 7, a seguir, apresentam a projeção de sombras durante todo o solstício de verão para os dois cenários, permitindo apreender o nível de obstrução de cada conjunto modelado. Na figura 6, que retrata o cenário 1, é possível perceber que são poucas as obstruções ao percurso solar, permitindo que as fachadas dos edifícios recebam grande carga de radiação solar ao longo do dia. Em comparação a este cenário, a maior obstrução do cenário 2 em todos os níveis é evidente em função da maior verticalização das edificações previstas neste, o que contribui para reduzir a quantidade de radiação solar sobre as superfícies dos edifícios, como apreende-se a partir da figura 7.

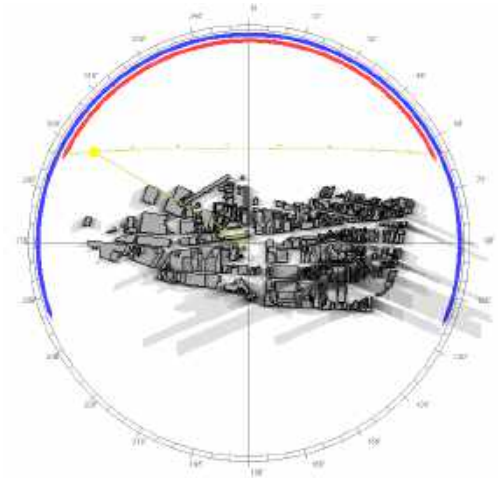

Figura 6 – Projeção de sombras cenário 1

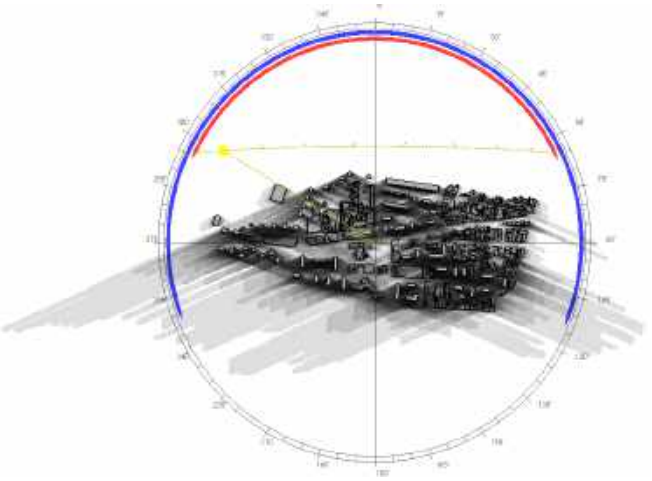

Figura 7 – Projeção de sombras cenário 2

A maior verticalização das edificações do cenário 2, permitida pela legislação proposta, produz um aumento na obstrução ao percurso solar, como é possível perceber ao comparar as máscaras do entorno do assentamento Poço da Draga no cenário 1, na figura 8. Em função de edifícios mais altos localizados próximos ao assentamento, ocorre uma redução de grande parte da incidência solar sobre as fachadas das casas da comunidade, sobretudo nas primeiras horas do dia ao longo do ano, como é possíve perceber na máscara do entorno gerada na figura 9.

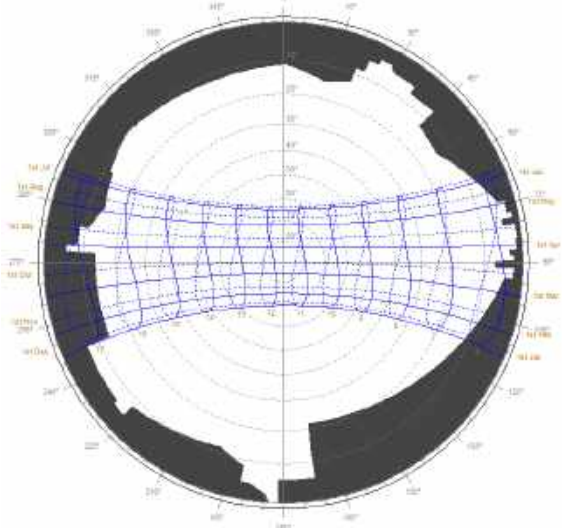

Figura 8 – Máscara do entorno no Poço da Draga cenário 1

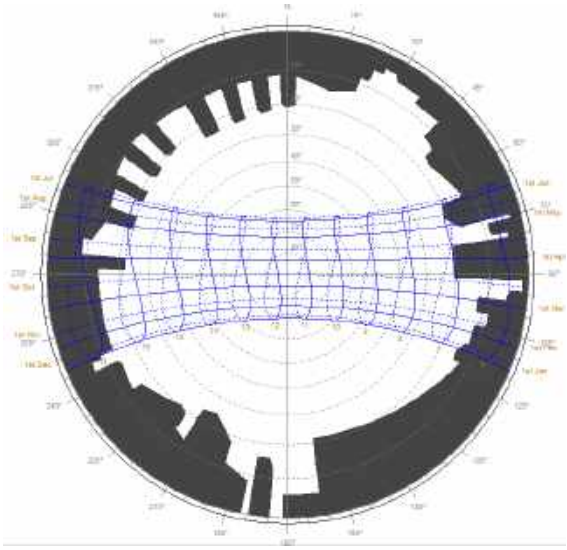

Figura 9 – Máscara do entorno no Poço da Draga cenário 2

Em termos da análise dos resultados de ventilação natural na área, são utilizados planos horizontais a 1,5 m do piso (nível do pedestre) e a 30 m de altura (cerca de metade da altura dos edifícios mais altos da área de estudo) com contornos de velocidades e vetores, além de planos verticais e perfis verticais de velocidade em diferentes pontos do domínio. A velocidade de escoamento e a perturbação dos fluxos causada pelas formas construídas constituem a base para análise dos resultados.

No cenário 1, a figura 10 apresenta os contornos de velocidades a 1,5 m de altura do solo, em que é possível perceber que a maior ocupação do solo reserva às ruas a possibilidade de maiores fluxos de ar. Assim, são verificadas correntes ao longo das vias que permitem que a ventilação natural adentre mais o modelo, acelerando os fluxos para velocidades acima dos 3 m/s. Na região do Poço da Draga, mais especificamente, são verificadas velocidades mais baixas, assim como em regiões entre edificações com maior massa construída, que ocupam quase toda a quadra, como ao centro do modelo.

Com a maior verticalização de edificações proposta pelo cenário 2, apresentada pela figura 11, ocorre uma maior diluição das correntes e as vias não assumem mais a condição de únicos trechos aceleradores de fluxos, como verificado no cenário 1. A menor taxa de ocupação das edificações ao centro deste cenário determinam maiores intensidades às correntes de ar, com valores entre 1,0 e 2,0 m/s em grande parte dos trechos em que as edificações foram substituídas por edifícios altos. Na parte sudeste do modelo é possível perceber, ainda, que há maior permeabilidade às correntes em comparação ao cenário 1

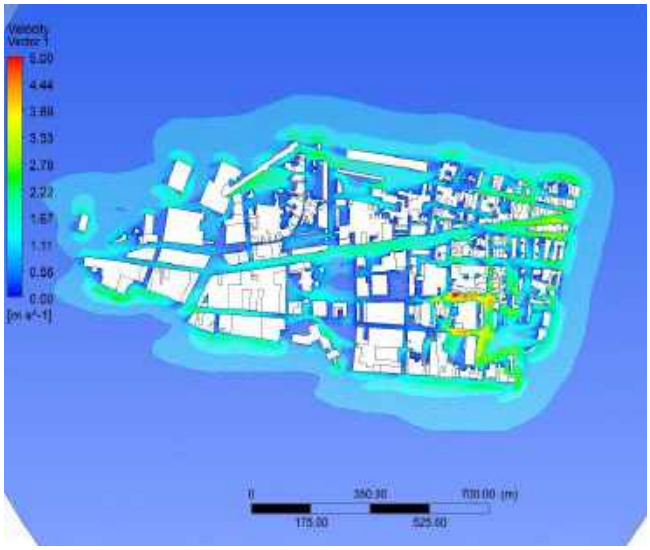

Figura 10 – Plano horizontal de velocidades a 1,5 m no cenário 1.

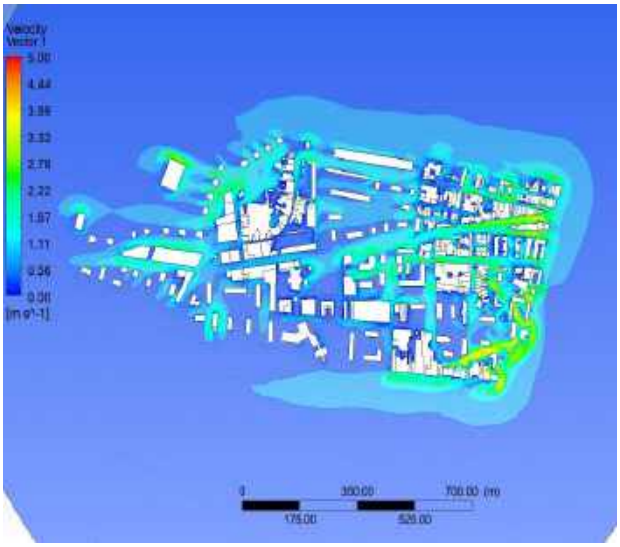

Figura 11 – Plano horizontal de velocidades a 1,5 m no cenário 2.

No plano horizontal a 30 m do solo, a pouca presença de obstáculos do cenário 1 é evidente. Tal aspecto gera, consequentemente, pouca resistência ao fluxo de ar sobre o conjunto, como indicado pela figura 12. Há velocidades do ar acima dos 2,5 m/s em grande parte do modelo, sendo verificada uma zona de vórtices somente no trecho mais a sudeste do cenário. Mais especificamente, sobre a região do Poço da Draga ocorre a aceleração de correntes de ar, com valores próximos dos 4,5 m/s, o que atesta a melhor circulação do ar sobre este trecho do cenário, que conta com grande número de residências.

Em contrapartida, no cenário 2, a presença de diversos edifícios mais altos gera uma série de vórtices e áreas com baixas velocidades no modelo, variando entre 0,2 e 1,25 m/s, como é possível perceber na figura 13. Analisando mais especificamente o trecho acima do Poço da Draga, há uma redução expressiva da velocidade dos fluxos em função da presença de torres mais altas, sobretudo devido àquela mais alongada no sentido leste-oeste, que determinam duas zonas de arrasto mais significativas ao centro do modelo.

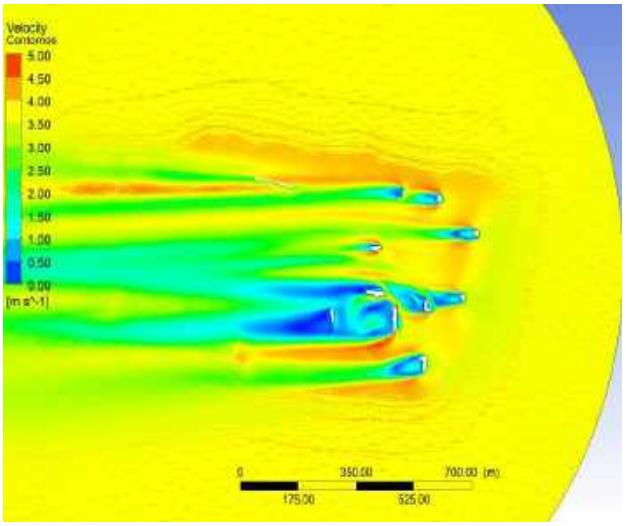

Figura 12 – Plano horizontal de velocidades a 30 m no cenário 1.

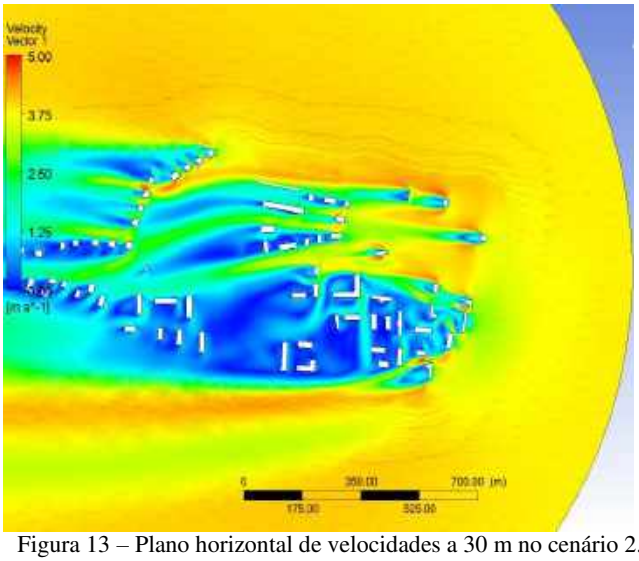

Figura 13 – Plano horizontal de velocidades a 30 m no cenário 2.

A visualização das linhas de corrente reforça a influência das torres mais altas na redução dos fluxos sobre a região como um todo. Observando o comportamento dos fluxos no cenário 1, apresentado na figura 14, percebe-se uma presença de correntes adentrando o conjunto em maior número e de maneira mais livre, enquanto que no cenário 2 (figura 15) o efeito de barreira na porção sudeste do conjunto é melhor caracterizado.

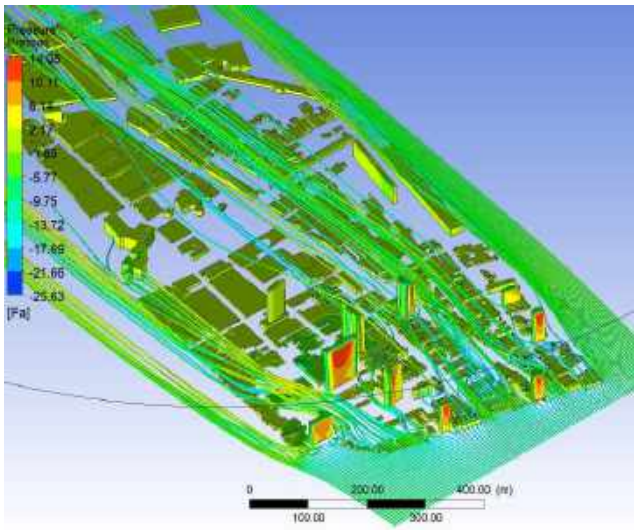

Figura 14 – Linhas de corrente no cenário 1.

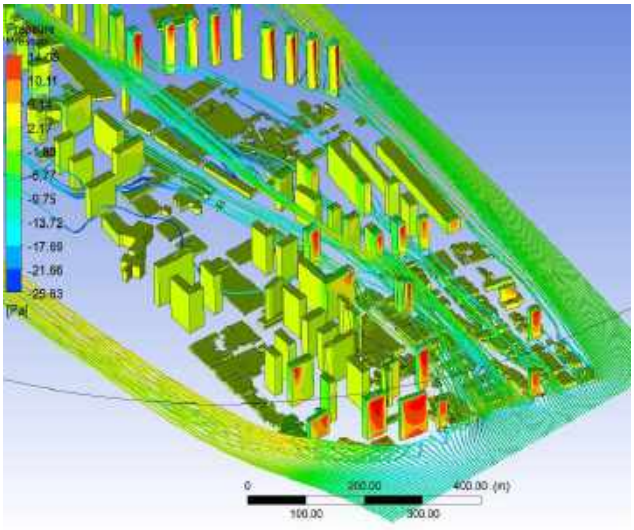

Figura 15 – Linhas de corrente no cenário 2.

Através dos planos verticais o impato de obstáculos sobre o fluxo de ar pode ser melhor detalhado. Na figura 16 é possível perceber que o baixo gabarito das edificações que compõem o conjunto não gera uma região de vórtices a sotavento tão expressiva, sobretudo avaliando, mais especificamente o impacto sobre a região do Poço da Draga. Ao sofrer o efeito de barreira devido ao edifício mais alto presente no trecho em que o plano vertical foi traçado, verificam-se contornos de velocidade acima dos 1,50 m/s em praticamente toda a seção.

Em contrapartida, ao analisar a figura 17, que apresenta o mesmo plano de seção no cenário 2, a sequência de edifícios altos determina uma série de zonas de recirculação do ar em baixas velocidades. Mais especificamente, o plano vertical permite perceber uma zona de arrasto com valores abaixo de 0,5 m/s sobre a região do Poço da Draga, comprometendo o potencial de ventilação das edificações residenciais do trecho.

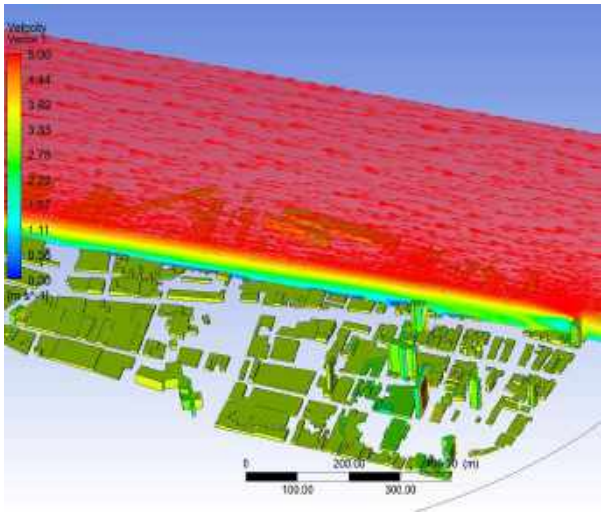

Figura 16 – Plano vertica no cenário 1.

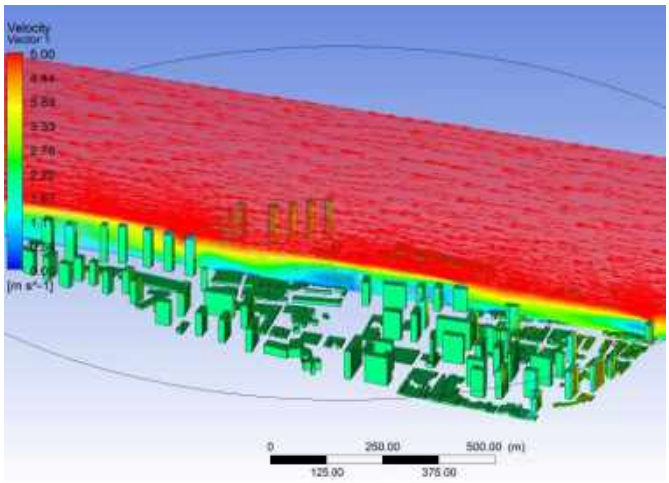

Figura 17 – Plano vertical no cenário 2.

Finalmente, apresentam-se os perfis verticais de velocidade do ar para os dois cenários de ocupação do solo tomando como base um ponto específico na região do Poço da Draga e comparando-os ao fluxo não perturbado. A medida permite quantificar o impacto do conjunto edificado no comportamento da velocidade ao longo de um eixo vertical, indicando a modificação na intensidade das correntes de ar em função da rugosidade imposta pelo meio. Com base no gráfico a seguir (figura 18), é possível verificar reduções significativas na velocidade do ar até 70 m de altura, gabarito máximo dos edifícios presentes nos dois cenários. A redução que ocorre em comparação ao fluxo não alterado que adentra o domínio é, em média, de 80% no cenário 1 e de 292% cenário 2, indicando a influência do maior nível de verticalização deste último conjunto proposto para a região de estudo.

A expressiva redução da velocidade do ar através do perfil vertical de velocidades ocorre devido à elevação da camada limite no trecho, impondo um novo comportamento do ar em movimento ao entrar em contato com cada conjunto de edificações.

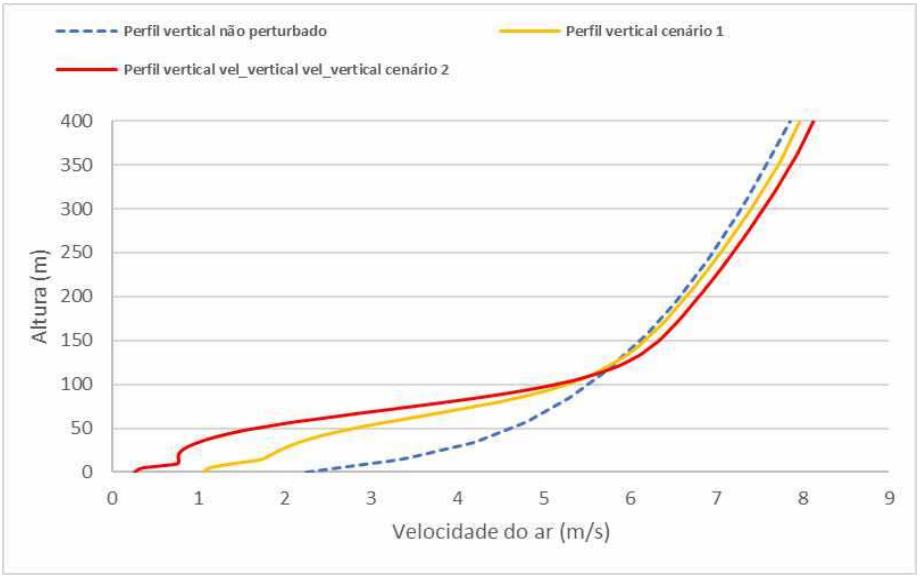

Figura 18 – Comparação dos perfis verticais de velocidade do ar entre os cenários 1 e 2.

5. CONCLUSÕES

Através do conjunto de simulações computacionais apresentado, tanto em relação à ventilação natural quanto ao sombreamento causado pelos edifícios em cada cenário, é possível concluir que a permissividade construtiva no que se refere às possibilidades reservadas pela OUC Litoral Centro para ampliar o potencial comercial e turístico da região, produzirá impactos significativos na qualidade ambiental da área de estudo, em especial, na comunidade Poço da Draga.

O presente estudo intencionou avaliar sob o viés qualitativo e quantitativo os aspectos desta transformação que pode ocorrer na região. As preocupações recaem, especialimente, sobre o assentamento precário do Poço da Draga devido sua vulerabilidade socioambiental. No entanto, apesar da noção de outros processos sociais, políticos e econômicos envolvidos nestre trecho da malha urbana fortalezense, a abordagem deste estudo tratou tão somente de aspectos ambientais, mais especificamente o acesso ao sol e à ventilação natural, aspectos fundamentais ao conforto térmico numa localidade quente e úmida como Fortaleza. Se, por um lado, tem-se à redução da carga térmica devido à insolação com a maior obstrução do cenário mais verticalizado sobre o assentamento, como visto nos resultados, ocorre, paralelamente, uma diminuição efetiva e de grandes proporções no potencial de ventilação natural das habitações. Tal aspecto poderia, inclusive, ser objeto de estudo específico em outra etapa.

Diante do dinamismo da forma urbana e seus impactos no comportamento da ventilação natural, reforça-se o papel de estudos através de ferramentas capazes de prever, com precisão, o campo de vento resultante da relação entre as prescrições urbanísticas e a produção do espaço da cidade como uma forma de tentar ajustar da melhor maneira possível os produtos desta ação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESSA, Edson A. C. **O Poço da Draga e a construção do Acquario Ceará**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social da Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

CHANDLER, Tony J. **Urban climatology and its relevance to urban design**. Geneva, WMO. Technical Note 149, 1976.

COSTA, Fernando. J. M. **Ventilação e prescrições urbanísticas – Uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2001.

MONTEIRO, Carlos A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias nº 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

OKE, Timothy.R. **Boundary layer climates**. 2 ed. London: Methuen, 1987.

LEITE, Carolina G. **Alterações da ventilação urbana frente ao processo de verticalização de avenidas litorâneas: o caso da avenida litorânea de São Luís/MA**. (Dissertação). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

LEITE, Renan C. V. **Fortaleza, terra do vento: a influência da mudança nos padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural em cidade de clima tropical úmido**. (Dissertação). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

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

PRATA, Alessandra R. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. 2005. (Tese). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

SOUZA, Valéria M. B. de. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações. Estudo de caso em Goiânia – Clima tropical de altitude**. (Dissertação). Mestrado em Arquitetura. Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura, Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, Francisco A. G. **O vento como ferramenta de desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil**. (Tese). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TOLEDO, Alexandre; PEREIRA, Fernando O. R. **Métodos e técnicas de visualização para a avaliação da ventilação natural pela ação do vento em edifícios**. In: NUTAU – Núcleo de pesquisa em tecnologia da arquitetura e urbanismo, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, 2004.