



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IMPACTOS DOS EDIFÍCIOS ISOLADOS NO CONFORTO AMBIENTAL DE ÁREAS ORIGINALMENTE RESIDENCIAIS DE BAIXO GABARITO¹

MARTINS, Wennder Tharso Oliveira da Silva (1); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (2); DURANTE, Luciane Cleonice (3); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolonio (4); SCAFFI, Malu Herrera (5); LOUZICH, Kellen Melo Dorileo (6)

(1) UFMT, e-mail: wenndertharso_93@hotmail.com; (2) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: luciane.durante@hotmail.com; (4) UFMT, e-mail: ivancallejas@ig.com.br; (5) UFMT, e-mail: maluscaffi94@gmail.com; (6) UFMT, e-mail: keldorileo@hotmail.com

RESUMO

O adensamento urbano resulta, muitas vezes, na verticalização de espaços de baixo gabarito, interferindo na configuração dos ventos, reflexões e absorções das superfícies. O objetivo desta pesquisa é avaliar a dimensão das interferências da verticalização no espaço urbano. A metodologia consiste das etapas de levantamento microclimático espacial da área e simulação computacional. A primeira etapa foi realizada por meio de medições de estação fixa, transepto móvel e mapeamento da área. A segunda contempla duas simulações computacionais: o ambiente real, com um edifício residencial de sete pavimentos e, outra, sem o mesmo. Os impactos mais expressivos foram verificados na intensidade e configuração dos ventos, principalmente nas regiões a sotavento do edifício, com redução de até 1,40m/s. Percebe-se, ainda, redução superior a 1,5 pontos na escala do PMV nos quintais da mesma região. Os resultados confirmam que a verticalização gera interferências significativas nas características atmosféricas do seu entorno, reiterando a necessidade do planejamento urbano aliado à políticas públicas para a promoção do conforto e bem-estar do usuário, melhorando a qualidade de vida dos habitantes.

Palavras-chave: Clima urbano. Verticalização. Conforto ambiental.

ABSTRACT

The urban density often results in the vertical integration of low-to gauge spaces, interfering with the configuration of the wind, reflections and absorptions surfaces. The objective of this research is to evaluate the extent of vertical integration of interference in urban areas. The methodology consists of spatial microclimate lifting stages of area and computational simulation. The first step was performed via fixed station measurements and mobile transect mapping area. The second includes two computer simulations: the real environment, with a residential building with seven floors and another without it. The most significant impacts were observed in the intensity and configuration of the winds, especially in regions downwind of the building, down to 1.40m / s. It is noticed also reduced by more than 1.5 points on the scale of PMV in the backyards of the same region. The results confirm that the verticalization generates significant interference in the atmospheric characteristics of its surroundings, reiter-

¹ MARTINS, W.T.O. S; ROSSETI, K.A.C.; DURANTE, L.C. CALLEJAS, I.J.A. SCAFFI, M.H.; LOUZICH, K.M.D. Impactos dos edifícios isolados no conforto ambiental de áreas originalmente residenciais de baixo gabarito. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **A-nais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ating the need for urban planning combined with public policies to promote comfort and user well-being, improving the quality of life of the population.

Keywords: Urban climate. Verticalization. Environmental comfort.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo crescente em toda a humanidade, sendo considerada por (NETO, 2011), um dos maiores fenômenos da história. Dessa maneira, a busca por espaço, principalmente dentro das cidades, é cada vez mais disputado, ora devido à falta de terrenos disponíveis, ora pela busca do local em que seja oferecido maior conforto.

Este fenômeno de adensamento urbano resulta, muitas vezes, na verticalização de espaços que eram originalmente caracterizados por edificações de baixo gabarito, interferindo na configuração dos ventos, nas reflexões e absorções das superfícies. Esses fatores, por fim, alteram o conforto térmico e a qualidade do ambiente na cidade (LOMBARDO, 1985; ROCHA E FIGUEIRÓ, 2010). Isso é explicado pelo fato dos edifícios modificarem o sentido e a direção do vento, e suas fachadas refletiram mais a radiação. (LANDSBERG, 1968).

Para CAMPOS (2014) a urbanização em si não é um problema, e sim a forma como as cidades estão sendo construídas e ocupadas. Em sua pesquisa foi investigada a influência do sombreamento gerado pelos edifícios altos dentro de uma área de grande verticalização em Curitiba.

Para reaver a qualidade do conforto no ambiente urbano são necessárias pesquisas visando orientar o processo de urbanização das cidades, visando maior consideração dos atributos naturais na manutenção de determinadas funcionalidades ambientais (ALVES; FIGUEIRÓ, 2016).

Segundo KRÜGER, NIKOLOPOULOU e ROSSI (2011), a configuração urbana interfere nas condições climáticas.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é analisar comparativamente dentro de um cenário, a influencia da implantação de um edifício de alto gabarito, à luz das interferências sobre a velocidade do vento, temperatura do ar, umidade específica do ar e Predicted Mean Vote (PMV).

2 METODOLOGIA

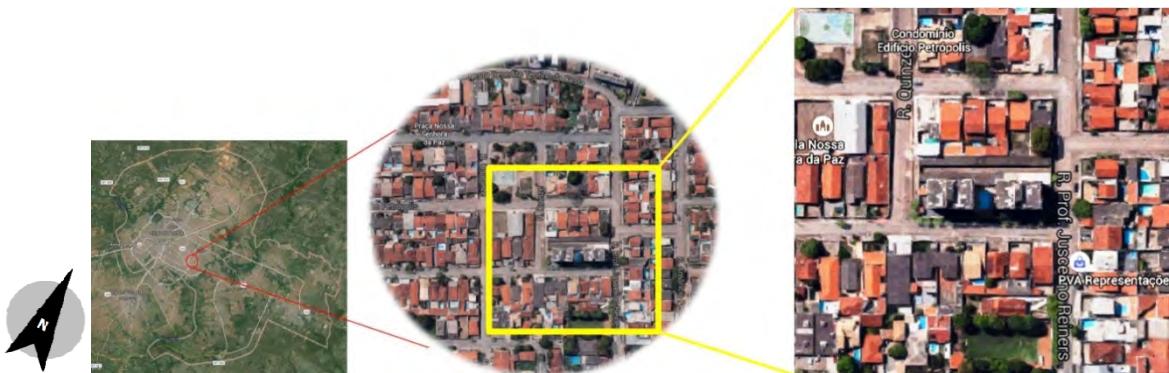
A pesquisa foi realizada seguindo as seguintes etapas metodológicas: escolha da área de estudo, levantamento espacial e microclimático da área, modelagem e simulação no software Envi-Met e definição dos parâmetros do conforto do pedestre, a seguir descritas.

2.1 Escolha da área de estudo

Buscando analisar os impactos que um edifício de maior gabarito traz ao microclima na área de seu entorno, foi selecionado um prédio isolado em um bairro caracterizado por construções residenciais de baixo gabarito

(máximo 2 pavimentos: térreo + 1). O bairro escolhido foi o Jardim Petrópolis (figura 1), localizado na cidade de Cuiabá/MT, que possui área de 4 ha, tendo em seu centro, um edifício residencial de sete pavimentos.

Figura 1- localização da área de estudo dentro da cidade de Cuiabá



Fonte: Adaptada de GoogleMaps

2.2 Caracterização do microclima na área de estudo

Todos os dados microclimáticos utilizados como parâmetros de entrada para esta pesquisa foram extraídos de ROSSETI (2013), que, por sua vez, foram obtidos da estação de referência (83362), localizada no Aeroporto Marechal Rondon, em Várzea Grande, MT.

Estes dados consistem de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, turbulência, temperatura inicial da atmosfera (K), umidade específica a 2500m, entre outros, como visto no quadro 1.

Quadro 1 – Dados do Modelo de Simulação no ENVI-Met

Parâmetro	Valor
Data da Simulação :	05.08.2013
Hora de início:	20:00:00
Duração total:	48 horas
Intervalo de registro:	60 min
Velocidade do vento 10 m acima do solo:	2.46 m/s
Direção do vento:	170°
Rugosidade z0 no ponto de referência ^b :	0.1
Temperatura inicial da atmosfera:	298.33 K
Umidade específica em 2500 m ^c :	7.77 g/kg
Umidade relativa em 2m [%]:	56.21 %
Tipo de vegetação do telhado, altura e DAF ^d	Grama, 10cm, 3m ² /m ³

Fonte: Os autores

Neste item não será considerada a discussão das necessidades de conforto externo, uma vez que esta não é o objetivo deste trabalho, mas sim o impacto gerado pela implantação do edifício em questão.

2.3 Caracterização espacial da área de estudo

A medição das variáveis espaciais na área de estudo foi realizada por meio de observações no local e levantamentos por meio do Googlemaps.

As variáveis espaciais consideradas englobam os elementos urbanos, tais como larguras das vias, calçadas, quantidade de indivíduos arbóreos, projeção e altura das edificações, dentre outros. O levantamento das árvores foi realizado *in loco*, em termos de quantidade e posicionamento dos indivíduos arbóreos, sem identificação da espécie, informação irrelevante para os objetivos propostos.

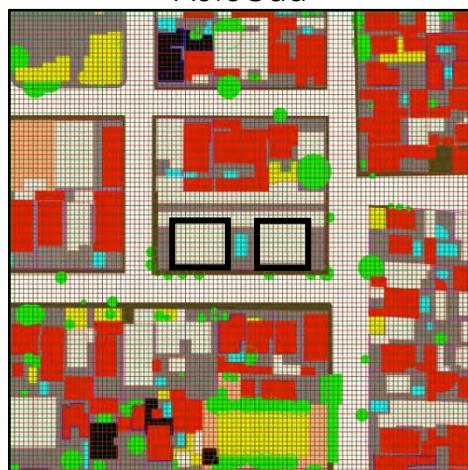
Primeiramente, a área foi desenhada com auxílio do software AutoCad. Para que fosse possível o maior detalhamento da área de estudo, cada quadra, de um total de sete, foi desenhada individualmente e, posteriormente, anexadas umas às outras (Figura 2 e 3).

Figura 2- Área de estudo com identificação do edifício na parte central



Fonte: Adaptada de GoogleMaps

Figura 3- Área de estudo modelada no AutoCad



Fonte: Os autores

2.4 Modelagem e simulação no Envi-Met

Para modelagem no software ENVI-Met (versão 4.0) foi utilizado um processador Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E4500 @2.20GHz 2.20GHz, 0,99GB de RAM.

O ambiente de simulação foi configurado com grids de 2x2x2m, em compatibilidade com o modelo do software Auto-Cad, de forma a permitir englobar toda a área de estudo, sem perder a resolução para simulação de elementos menores, tais como calçadas, canteiros, piscinas e pequenos jardins.

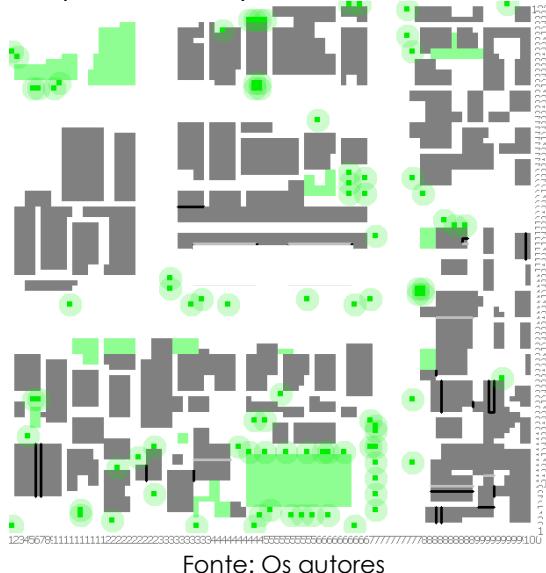
Foram criados dois cenários para simulação: o cenário real (Figura 4) e, outro, hipotético, considerando a exclusão do edifício (Figura 5). Para a simulação, foi utilizada a versão de 180x180x35 grids do software ENVI-Met.

Figura 4- Modelagem ambiente real (com edifício) no software Envi-Met4



Fonte: Os autores

Figura 5- Modelagem ambiente hipotético (sem edifício) no software Envi-Met4



Fonte: Os autores

Os resultados gerados pelo modelo foram analisados em três horários, 06:00, 13:00 e 20:00h, nos quais considerou-se as variáveis de temperatura e umidade específica do ar, velocidade do vento e o conforto do pedestre, expressos em valores médios para cada um dos 10.000 grids que compõem o cenário.

Para analisar estatisticamente as diferenças nos diferentes cenários do estudo, foi utilizada a estatística de Kruskal-Wallis (LEE; WANG, 2003), que determina se há ou não diferença significativa entre duas ou mais amostras de dados de uma mesma população (ROSSETI, 2014). Para esta análise foram comparados todos os índices, nos três horários específicos, das duas simulações.

2.5 Definição dos parâmetros do conforto do pedestre

O índice utilizado nesta pesquisa para mensurar o conforto do pedestre foi o PMV (Predicted Mean Vote), um valor numérico que representa o nível de conforto ou desconforto térmico do ser humano (FANGER, 1972). Para calculá-lo, levam-se em conta os dados de Temperatura média radiante, Velocidade, Umidade relativa e Temperatura do ar, Atividade física e Vestimenta utilizada pelo pedestre.

Foram utilizados os dados de entrada fornecidos pelo software Envi-met, que são: idade 35 anos, altura 1,75 m e peso 75 kg. O valor de isolamento térmico das roupas considerado foi de 0,5clo e a taxa metabólica de 150 W/m².

O critério estabelecido para avaliação do PMV desconsiderou valores negativos menores que -2 pelo fato de que tais índices não são observados na área de estudo, uma vez que localiza-se em região de clima quente.

Quadro 2 – Critério para avaliação do PMV

PMV	SENSAÇÃO
PMV<-3,0	Muito frio
-3,0<PMV<-2,0	Frio
-2,0<PMV<+0,5	Levemente frio
-0,5<PMV<+0,5	Neutro
+0,5<PMV<+2,0	Levemente quente
+2,0<PMV<+3,0	Quente
PMV>+3,0	Muito quente

Fonte: Os autores

3 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

O software Envi-met apresenta a possibilidade de conversão de todos os dados numéricos em planilha, passando-os diretamente ao software Excel. Esses dados numéricos referem-se a cada grid da simulação. Como foi utilizado um cenário de 40000m², dividido em grids de 4m² (2x2m), o total de índices numéricos é de 1000, tanto para a temperatura média, umidade específica do ar, velocidade do vento e pmv.

Esses índices foram agrupados, de forma a poder confrontar a interferência numérica dos dados entre um cenário e outro. Assim sendo, foi utilizado Kruskal-Wallis para saber se existe diferença significativa entre os dados numéricos entre o cenário com edifício e sem edifício.

Apresentam-se no Quadro 3, os resultados da análise estatística de Kruskal-Wallis, os quais indicam que para todos os horários houve diferença significativa entre o cenário hipotético e o cenário real. O cálculo foi realizado com auxílio do software Past 3.04, elaborado por Hammer, da Universidade de Oslo e colaboradores.

Quadro 3 – Resultados da análise de Kruskal-Wallis, mostrando que para cada variável e nos três horários há diferença entre os dados numéricos entre os dois cenários.

	Temperatura média do ar	específica do ar	Velocidade do vento
06:00	p (same): 2,909E-235	p (same): 1,129E-273	p (same): 0,02476
13:00	p (same): 9,383E-35	p (same): 1,283E-30	p (same): 0,02993
20:00	p (same): 1,435E-17	p (same): 2,765E-08	p (same): 0,04611

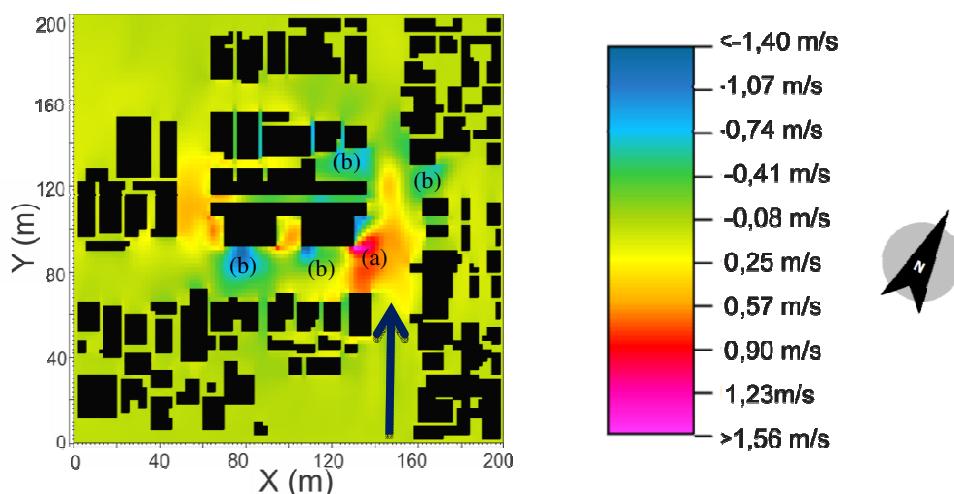
Fonte: os autores

3.1 Velocidade do vento

Os resultados do impacto da retirada do edifício na velocidade do vento pode ser observado na Figura 6, na qual é apresentado um mapa das diferenças entre o ambiente hipotético (sem a edificação) e o ambiente real. Desta forma pode-se localizar e quantificar de forma mais precisa as interferências provocadas pelo edifício no seu entorno.

A máxima alteração na variável velocidade do vento foi de 1,56m/s e a mínima de -1,40m/s em alguns pontos do cenário. Isto significa que o edifício provoca tanto a aceleração do ar quanto a desaceleração, em pontos específicos do cenário. As maiores interferências são observadas nas proximidades do edifício até aproximadamente 40m, influenciadas pela direção predominante do vento. Uma zona de aceleração é identificada na esquina da porção frontal do edifício com via localizada a direita (Figura 6 (a)) e zonas de desaceleração, mais frequentes no cenário, são identificadas na porção frontal do edifício e posterior, extendendo-se a quadra localizada a direita (Figura 6 (b)), conforme direção predominante do vento, representada pela seta azul na figura.

Figura 6 – Mapa das diferenças na velocidade do vento em todos os horários de análise, considerando a diferença entre o cenário real e hipotético



Fonte: Os autores

3.2 Temperatura e umidade específica do ar

Quando analisados os mapas referentes às diferenças provocadas pela presença do edifício nas variáveis temperatura e umidade específica do ar observa-se a interferência do comportamento do vento na distribuição dos efeitos da incorporação do edifício (Figura 7).

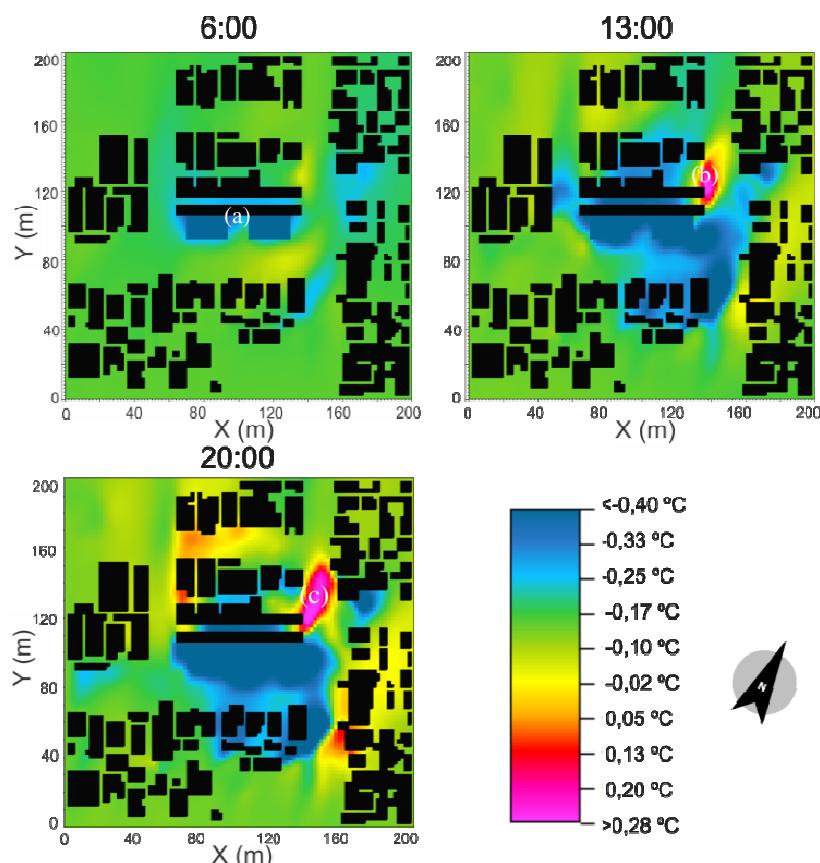
Os dados referentes à temperatura do ar indicam o aumento de até 0,30°C em alguns pontos específicos do mapa e decréscimo de até 0,40°C em uma porção maior do ambiente.

No horário das 06:00h, observa-se em quase todo o cenário uma redução em torno de 0,15°C na temperatura do ar. Neste horário observa-se que reduções maiores na temperatura do ar ficam contidas no quintal do próprio edifício (figura 7 (a)).

No horário das 13:00 e 20:00h, observa-se um maior alcance espacial das reduções acima de 0,40°C (região azulada) na temperatura do ar, abrangendo não somente a quadra do edifício mas também a quadra oposta a via

frontal do mesmo, região onde observou-se também a redução da velocidade do vento. Tal comportamento se explica principalmente pelo fato de esta região ser sombreada pelo edifício durante o período vespertino, a partir das 12:00, reduzindo os ganhos energéticos das superfícies e consequentemente mantendo o ar mais fresco. Observa-se nestes dois horários também a elevação da temperatura do ar nas proximidades da fachada norte do edifício, (pontos b e c) fachada esta que recebe insolação durante todo o dia e reemite para seu entorno. Os maiores impactos são observados no período noturno, após absorção de toda a radiação incidida durante o dia.

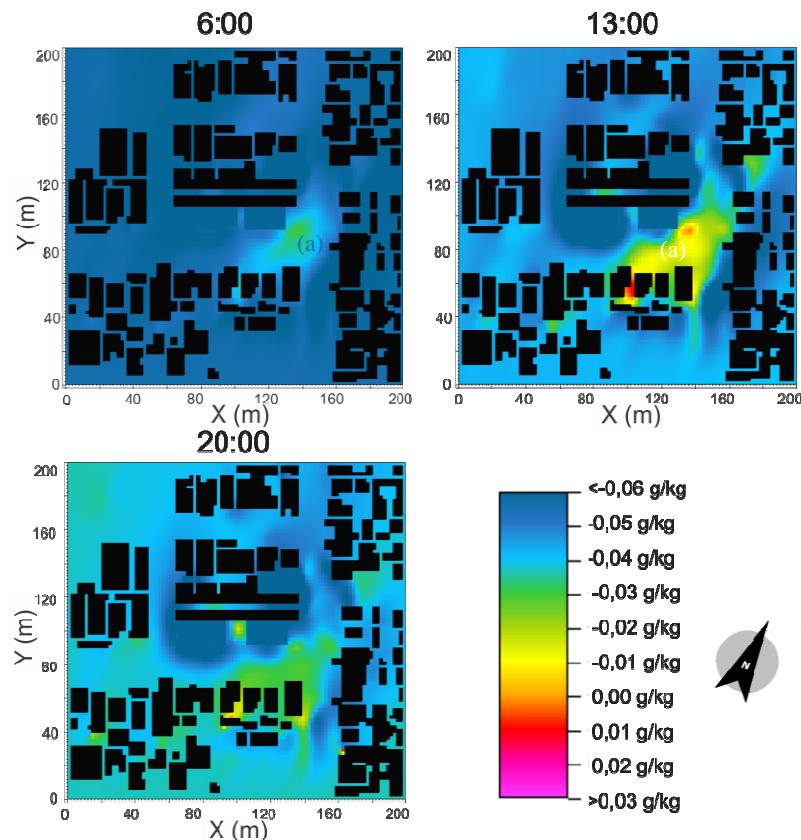
Figura 7 – Mapa das diferenças na temperatura do ar considerando a diferença entre o cenário real e hipotético



Fonte: Os autores

A umidade específica é pouco alterada nas simulações, sendo que há diferença de apenas 0,09g/Kg entre a máxima e a mínima entre todos os horários (Figura 8). No horário das 13:00 o impacto é mais visível, apesar de pouco, nas porções mais verdes e amarelas do mapa (figura 8 (a)).

Figura 8 – Mapa das diferenças na umidade específica do ar considerando diferença entre o cenários real e hipotético



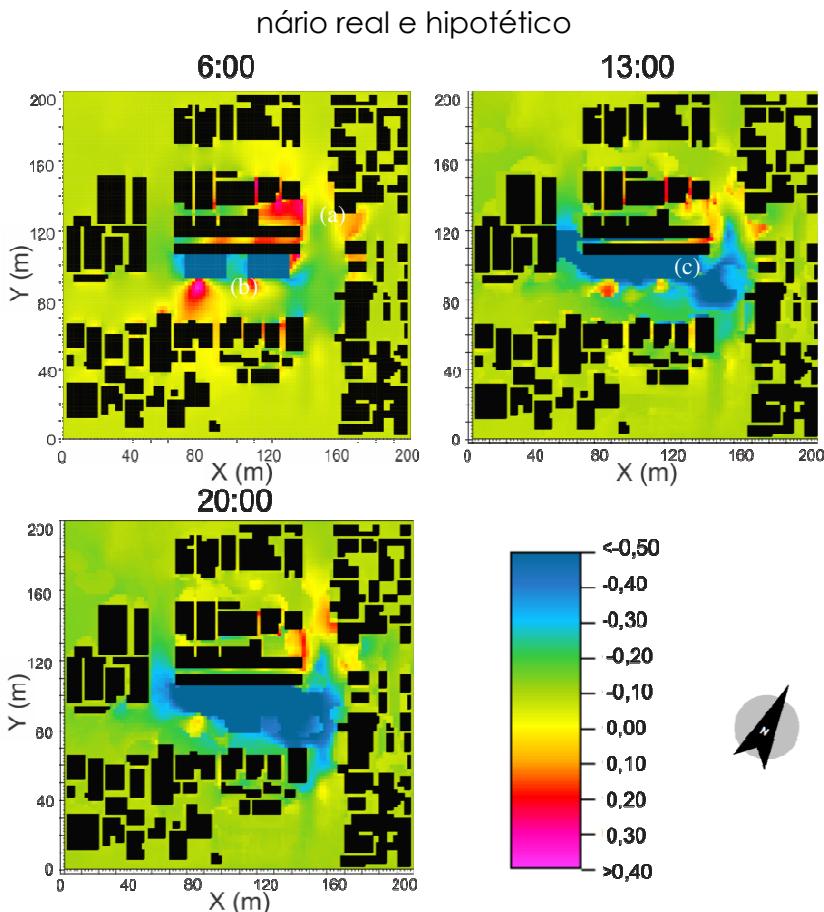
Fonte: Os autores

3.3 Resultados da implementação do edifício no parâmetro de conforto PMV

Fica evidenciado também nos mapas (Figura 9) que o PMV é alterado significativamente pela incorporação do edifício, quando se considera a diferença entre o cenário real e o hipotético. No que se refere aos dados das 06:00h, ocorre a menor interferência, considerando a ausência de radiação solar no sistema. Ainda assim, há elevações na escala da pontuação, alcançando a máxima de +0,40, nas regiões (a) e (b) demarcadas. Nesse horário, todas as pessoas em questão se sentem em um ambiente neutro independente da existência ou não da edificação (quadro 4)

Já as 13:00h, as alterações são maiores, ninguém se considera em um ambiente neutro. A porcentagem de pessoas com a sensação de estar em um ambiente levemente quente aumenta em 4,65%. Já a porcentagem das pessoas com a sensação de estar em ambiente quente passa por um aumento de 1,64%. Ainda há outra porcentagem de pessoas que se sentem num ambiente muito quente, apresentando, pela primeira vez, um decrescimo, de 6,28%, (na região mais azulada representada pela região c) que é o mais representativo dentre todos os demais, justificado pela interferencia do sombreamento provocado pela edificação. Observa-se comportamento semelhante para a temperatura do ar, nesse mesmo horário.

Figura 9 – Mapa das diferenças no PMV considerando diferença entre o ce-



Fonte: Os autores

As 20:00 não há pessoas se sentindo em ambiente neutro ou levemente quente, mas a sensação de estar em ambiente quente aumenta em 2,71%. Ocorre, também, a sensação de estar em um ambiente muito quente, minorando a porcentagem em 2,71% na região azul do mapa.

Nesse período noturno houve maior ocorrência de votos para a escala de sensação muito quente, mais de 92% de indivíduos, em relação aos demais horários analisados. Isso se deve ao fato da edificação receber e acumular calor durante todo o dia e fazer a troca com o ambiente externo à noite. A região mais afetada por este fenômeno foi a área localizada próxima a fachada norte do edifício, fachada com maior incidência solar no período considerado no estudo. Todavia, devido ao sombreamento provocado pelo edifício na orientação sul, sudeste, observa-se ainda a redução no PMV, aumentando a porcentagem de pessoas confortáveis nesse horário.

Dessa forma, evidencia-se pelos mapas que os valores da velocidade do vento e da temperatura do ar são diretamente proporcionais ao índice PMV, uma vez que onde se tem decréscimo daqueles, obtém-se, também, o decréscimo do PMV, aumentando o percentual de pessoas com a sensação de conforto térmico.

Quadro 4 – Predicted Mean Vote (PMV) expresso em Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas com o ambiente térmico (%)

SENSAÇÃO	SEM EDIFÍCIO			COM EDIFÍCIO		
	06:00	13:00	20:00	06:00	13:00	20:00
Ambiente neutro	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%
Ambiente levemente quente	0,00%	37,88%	0,00%	0,00%	42,52%	0,00%
Ambiente quente	0,00%	47,93%	7,44%	0,00%	49,57%	10,15%
Ambiente muito quente	0,00%	14,19%	92,56%	0,00%	7,91%	89,85%

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÃO

A implantação do edifício na área de estudo trouxe mais benefícios do que era esperado, diminuindo em até 0,40°C a temperatura em seu entorno e melhorando o conforto térmico dos pedestres no período da tarde e da noite, efeito resultante do sombreamento que o edifício promove durante todo o período da tarde na porção sul da área estudada, aliada ao efeito do vento, que apesar de não mudar consideravelmente de velocidade, apresenta alterações de sentido, fundamentais para os resultados.

Houve também elevações de temperatura de até 0,30°C em alguns horários em partes específicas do cenário. O conforto analisado com base no voto médio predito (PMV), teve significativa alteração, sendo mais visível na parte da tarde (13:00).

Ainda assim, é importante salientar alguns pontos. O primeiro é que o estudo se refere a apenas à estação seca do ano e foi feito com dados bioclimáticos de uma cidade específica, podendo haver resultados diferentes para outras regiões e estações do ano. Para generalizar a questão seriam ainda necessárias mais simulações, contemplando períodos maiores e locais distintos. Outro ponto importante é que os resultados referem-se à implantação de apenas uma edificação, não significando que para duas edificações ou mais, o resultado seria diretamente proporcional.

REFERÊNCIAS

ALVES, D.B; FIGUEIRÓ, A.S. **Vegetação urbana e variabilidade do campo térmico em áreas selecionadas da cidade de Santa Maria (RS)**. Revista Geonorte, v. 3, n. 5, p. 1111–1125. 2016

CAMPOS, G. A. C. **Análise da influência do sombreamento causado pelos edifícios na Zona Central de Curitiba**. 2014. 159f. Dissertação (Área de concentração: Meio ambiente) Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil – PPGEC - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**. New York: Mc Graw Hill, 1972.

LEE, E. T., WANG, J. W. **Statistical methods for survival data analysis**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons. 2003

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo, HUCITEC. 1985

NETO, J.L.S.A. **Clima e Organização do Espaço. Boletim de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 119-132. 2011

ROCHA, J.R.; FIGUEIRO, A. S. **Poluição do ar no bairro centro de Santa Maria/RS: Variáveis geourbanas e geoecológicas**. Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, n. 18., p. 105-120. 2010

ROSSETI, K. A. C. **Efeitos do uso de telhados vegetados em ilhas de calor urbanas com simulação pelo software ENVI-Met**. 73f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

RÜGER, E; NIKOLOPOULOU, M; ROSSI, A.R. **a influência da configuração urbana no microclima e na sensação térmica em ruas de pedestre de Curitiba, Paraná**. XI Encontro nacional de conforto no ambiente construído e VII encontro latino americano de conforto no ambiente construído, Búzios, RJ, 2011.