



O EFEITO DOS PARÂMETROS URBANÍSTICOS NA VARIAÇÃO MICROCLIMÁTICA DE UM CÂNION URBANO¹

MUNIZ, Lígia Parreira (1); PEZZUTO, Claudia Cotrim (2)

(1) PUC Campinas, e-mail: ligiapmuniz@gmail.com; (2) PUC Campinas, e-mail: claudiapaz@yahoo.com.br;

RESUMO

Neste estudo, avaliou-se a influência da legislação de uso e ocupação do solo no microclima de um cânion urbano do bairro Cambuí, localizado na cidade de Campinas, São Paulo, e investigou-se o efeito da rotação do cânion no seu microclima. Para tanto fez-se a caracterização urbana e climática do cânion escolhido e utilizou-se o programa ENVI-met para simular novas configurações de altura, largura e orientação do cânion, respeitando os parâmetros urbanísticos do zoneamento da cidade. Os resultados mostraram que o microclima deste cânion não foi afetado significativamente pela mudança de orientação nem pelo aumento da altura das edificações.

Palavras-chave: ENVI-met. Cânion urbano. Geometria urbana. Legislação.

ABSTRACT

This study evaluated the influence of the land use and occupation legislation in the microclimate of an urban street canyon of a Cambui neighborhood, located in Campinas, São Paulo, and investigated the canyon rotation effect on its microclimate. However an urban and climatic characterization of the chosen canyon chosen was carried out and the ENVI-met program was used to simulate new height, width and orientation of the canyon, within the urban parameters of the zoning of the city. The results showed that the microclimate of this canyon was not significantly affected by the change of direction or increasing the height of the buildings.

Keywords: ENVI-met. Urban street canyon. Urban geometry. Legislation.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento do clima local e de sua interação com o ambiente construído é fundamental para a melhoria da qualidade ambiental dos espaços urbanos e do desempenho térmico e energético dos edifícios (MARTINS; ADOLPHE; KRAUSE, 2013). É necessário que os planejadores tenham conhecimento adequado do clima, para que possam oferecer estratégias adaptativas e personalizadas para proporcionar conforto ao usuário e melhorar a gestão de energia dos edifícios (GOLANY, 1996).

¹ MUNIZ, Lígia Parreira; PEZZUTO, Claudia Cotrim. O efeito dos parâmetros urbanísticos na variação microclimática de um cânion urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

A avaliação dos cânions urbanos torna-se essencial para a melhoria do conforto ambiental nas cidades uma vez que acarretam a diminuição da visão do céu, devido a obstrução de parte da abóbada celeste pelas edificações e contribuem para a formação de ilhas de calor (NASCIMENTO; JÚNIOR; BARBOSA, 2015).

A geometria dos cânions pode proporcionar economia de até 30% da energia usada em edifícios comerciais e 19% em edifícios residenciais (STROMANN-ANDERSEN; SATTRUP, 2011) e é pela sua grande importância que muitos estudos têm se voltado para este objeto de pesquisa.

Diversos estudos têm feito uso de simulação computacional no intuito de prever a influência de tomadas de decisão no microclima de uma região específica. Um dos programas utilizados atualmente para esta finalidade é o ENVI-met (BRUSE; FLEER, 1998). Achour-Younsia e Kharratb (2016), por exemplo, estudaram o conforto térmico proporcionado por diferentes configurações de cânion urbano, variando sua orientação e relação altura e largura do cânion (H/W), chegando à conclusão de que, para o clima de Tunes, capital da Tunísia, classificado como subtropical mediterrâneo, com verão quente e seco e inverno frio e chuvoso, os cânions mais profundos proporcionavam maior conforto aos pedestres. Lobaccaro e Acero (2015), por sua vez, investigaram a influência da vegetação na melhoria do conforto térmico de cânions urbanos de diferentes proporções geométricas e confirmaram o efeito positivo desta na sensação térmica de pedestres.

No Brasil também tem sido desenvolvidas muitas pesquisas relacionadas ao conforto térmico e o microclima, como os trabalhos de Carfan, Galvani e Nery (2012), que verificaram a influência de edifícios altos no ambiente climático local por meio do estudo do índice de conforto térmico e do fluxo de vento na cidade de São Paulo; Minella, Honjo e Krüger (2012), que observaram uma redução de 1,8°C na temperatura do ar no cânion de estudo localizado na cidade de São Paulo, pela introdução de vegetação; Pezzuto, Alchapar, Labaki e Correa (2015), que verificaram impacto mais significativo da vegetação na redução da temperatura do ar máxima quando aplicada em cenários de baixa densidade construída, tanto para a cidade de Campinas, Brasil, de clima tropical de altitude, quanto para Mendoza, Argentina, de clima árido desértico quente e seco; e Abreu-Harbich, Labaki e Matzarakis (2013) que constataram, para a cidade de Campinas, melhoramento no stress térmico bioclimático quando da inserção de vegetação em cânions de relação altura largura menor que 0,5.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento do microclima urbano face aos processos de urbanização previstos na legislação de uso e ocupação do solo da cidade de Campinas. Como estudo de caso, foi escolhida a configuração de um cânion urbano típico do bairro Cambuí. Foram avaliados cenários de estudo para os parâmetros de habitações multifamiliares verticais com diferentes rotacionamentos, utilizando o programa ENVI-Met.

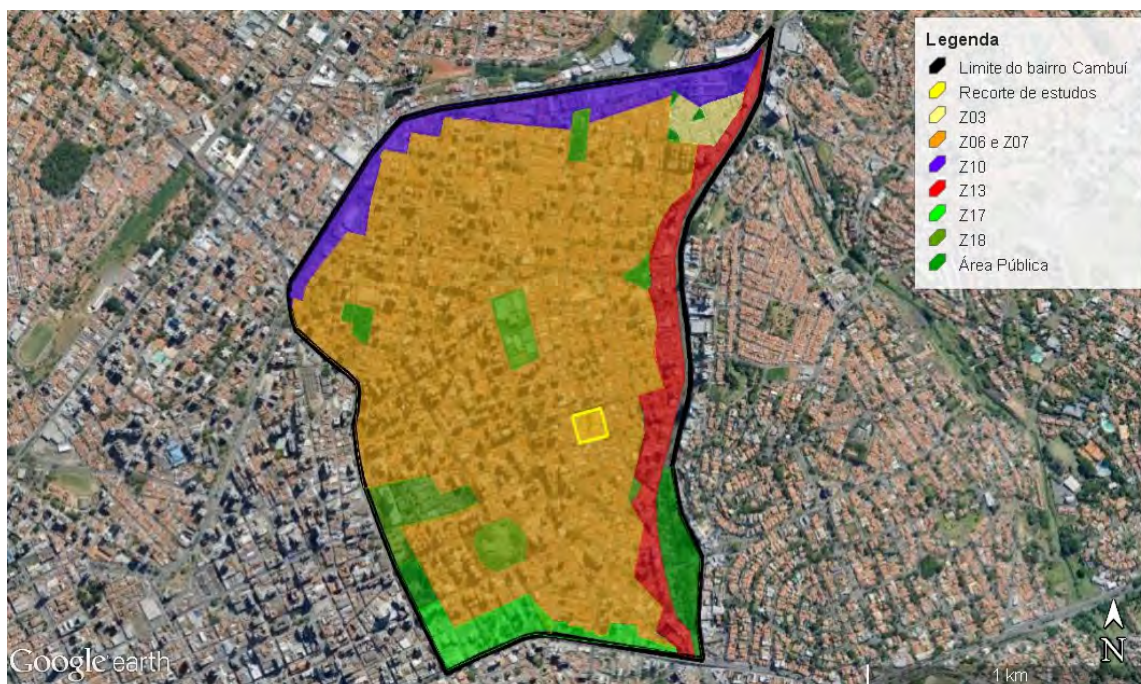
2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em um recorte urbano na cidade de Campinas, clima tropical de altitude, com inverno ameno e seco e verão quente e úmido. A cidade encontra-se a uma altitude média de 680 metros acima do nível do mar, coordenadas S22°53'20" e O47°04'40" e ventos predominantes na direção sudeste. De acordo com o CEPAGRI (2016) os meses de junho e julho são os mais frios e os meses mais quentes de dezembro a março, com temperatura média anual variando entre 18,50°C a 24,90°C, precipitação média anual de 1424,50 mm e umidade relativa do ar média entre 73% (9h) e 47% (15h).

A área estudada localiza-se no Bairro Cambuí, região central da cidade, na qual nota-se predominância de uso misto e intenso processo de verticalização. De acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Campinas - Lei nº 6031 de 29 de dezembro de 1988 (CAMPINAS, 1988), o bairro Cambuí está dividido em 7 zonas (Figura 1), sendo elas: Z03, de uso predominantemente residencial e com permissão de serviços de baixa incomodidade; Z06 e Z07, também de uso predominantemente residencial e com permissão para comércios e serviços locais; Z10, destinada a comércios e serviços de pequeno e médio porte; Z13, destinada a comércios e serviços de qualquer porte; Z17, destinada a comércios e serviços locais; e Z18, que requer estudos específicos para implantação de empreendimentos, onde hoje se localiza o Centro de Convivência Cultural de Campinas Carlos Gomes. As zonas 6 e 7 são as áreas que predominam no bairro, conforme verifica-se na Figura 1.

Figura 1 - Imagem do recorte de estudos no bairro Cambuí, Campinas/SP.



Fonte: Adaptado Google Earth, 2016.

A fim de estudar as possibilidades previstas na legislação de uso e ocupação vigentes no bairro Cambuí e seu impacto no microclima local, este trabalho focou nas zonas 6 e 7, regiões predominantes no bairro.

2.2 Coleta de dados ambientais

Com o objetivo de calibração dos dados simulados foi feito o monitoramento de dados climáticos reais em um cânion na área de estudo do Bairro Cambui (Figura 2). Foram coletados dados de temperatura e umidade relativa do ar através de um datalogger (TESTO 174 –H) fixado no recuo frontal de um dos estabelecimentos comerciais do cânion, a uma altura aproximada de 3 metros, protegido de intempéries (Figura 3). Para a simulação computacional foram utilizados os dados do dia 21/08/2015, período de inverno, dia estável e sem precipitação.

Figura 2 - Imagem do cânion urbano monitorado



Fonte: Os autores.

Figura 3 - Instrumentação instalada no cânion urbano



Fonte: Os autores.

2.3 Simulação Computacional no programa ENVI-Met 4.0

Para as simulações dos cenários propostos foi utilizado o programa ENVI-Met 4.0. O programa ENVI-met é uma ferramenta desenvolvida para estudo e previsão do microclima urbano que simula as interações entre as superfícies urbanas, vegetação e atmosfera (BRUSE; FLEER, 1998). O programa executa simulações de microescala com resolução espacial típica de 0,5 a 10 metros, considerando um balanço completo de radiação (radiação solar direta, refletida, difusa e radiação de onda longa) (ACERO; HERRANZ-PASCUAL, 2015; GIRGIS; ELARIANE; RAZIK, 2015).

A nova versão 4.0 do ENVI-met inclui modificações significativas em relação às anteriores, como a ferramenta chamada "*full forcing*" que permite aos usuários empregar dados meteorológicos medidos para forçar o modelo durante a simulação. Nesta nova versão também foi implementado o módulo de vegetação 3D, o qual descreve a variação da forma das plantas e distribuição espacial das folhas, e também considera a inércia térmica da parede e do telhado. (YANG *et al.*, 2013; ACERO; HERRANZ-PASCUAL, 2015).

A partir do ponto de monitoramento foi delineado um recorte de estudo de

104x104 metros (x, y). A área em questão foi digitalizada no programa ENVI-met v 4.0 com resolução de 52x52x30 (X. Y. Z) grids, e 2x2x2 m (x, y, z) grids de resolução, conforme Figura 4.

Figura 4 - Área real digitalizada no Programa ENVI-Met V 4.0 (P1 – receptor)



Fonte: Os autores.

No arquivo de configuração dos dados meteorológicos as variáveis velocidade e direção do vento na altura de 10 metros foram coletadas da estação meteorológica urbana de referência, localizada no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), distante aproximadamente 1,6 km à noroeste da área de estudo. Os dados de umidade específica do ar foram obtidos da coleta de radiossondagem do aeroporto do Campo de Marte (Estação nº 83779 Aeroporto Campo de Marte), da Universidade de Wyoming. O coeficiente de ajuste solar, que varia de 0,5 a 1,5, tem por finalidade corrigir tendências do modelo de subestimar ou superestimar a radiação solar. O coeficiente utilizado (0,70) foi obtido por meio de tentativas, comparando os dados simulados com os coletados na estação meteorológica de referência (IAC).

Para a especificação da vegetação foi utilizado o banco de dados *default* do ENVI-met a partir do reconhecimento e caracterização local. Para as propriedades térmicas dos edifícios em Campinas foram adotados os valores médios da normatização local (ABNT, 2005). A Tabela 1 descreve os parâmetros de entrada no programa ENVI-Met.

Tabela 1 - Parâmetros de entrada no programa ENVI-met 4.0.

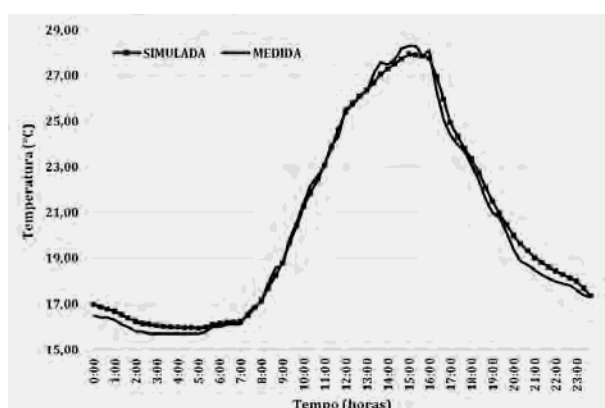
Parâmetro	Valor
Velocidade do vento a 10 metros (m/s)	4,2
Direção do vento (°)	135
Umidade específica (a 2500 m – g/Kg))	5,69
Coeficiente de ajuste solar	0,70
Umidade do solo (%):	
0-20 cm	15
20-50 cm	25
50-200 cm	82
Abaixo de 200 cm	60
Temperatura do solo (K)	293

Fonte: Os autores.

2.3.1 Calibração no ENVI-Met

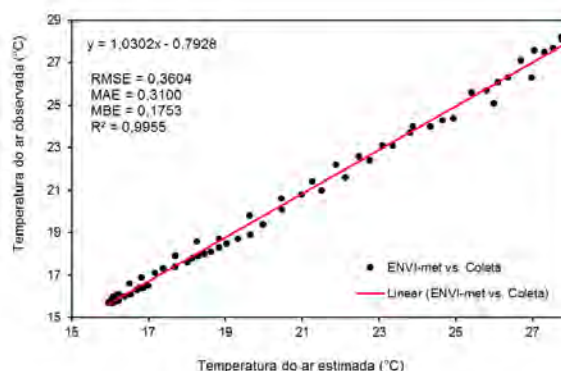
Conforme Figuras 5 e 6, os dados de temperatura do ar apresentaram coeficiente de determinação 0,9955, entre o ponto monitorado no cânion e simulado no programa. A análise estatística mostrou que a magnitude dos erros médios foi pequena (RMSE=0,3604) e os índices MAE (0,3100) e MBE (0,1753) que os dados simulados dos dados medidos estão próximos e que há bom desempenho do modelo, apesar de haver leve tendência de superestimar as medidas.

Figura 5 - Comparação da temperatura simulada e medida no cânion.



Fonte: Os autores.

Figura 6 – Regressão linear para a validação da temperatura do ar.



Fonte: Os autores.

Constatado o bom ajuste do modelo foi possível digitalizar os cenários de estudo.

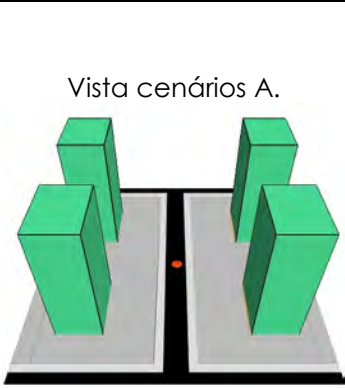
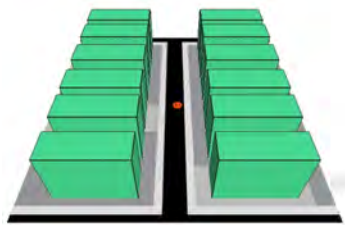
2.3.2 Cenários de estudo no programa ENVI-Met V 4.0

Após a calibração do modelo foi possível propor os cenários de estudos. Para tanto, foi adotada a mesma dimensão da quadra anteriormente calibrada, 90x45, largura da via 8 metros e calçadas 3 metros de largura, sendo proposta a divisão da quadra em lotes de 15x39 metros.

Tendo como parâmetro a legislação vigente (CAMPINAS, 1988) foram adotados dois conjuntos de cenários, conforme ilustra o Quadro 1. Para o primeiro conjunto (Cenário A e A90) o critério adotado foi a possibilidade de verticalização máxima, respeitando os recuos previstos na legislação, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Para tanto, definiu-se como área de base o total de 300 m², considerando aproximadamente 4 (quatro) unidades habitacionais por andar. Dentro deste pressuposto, foi necessária a junção de 3 lotes (15x39) para atendimento de taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. Assim, a altura máxima adotada em um lote de 45x39 foi 50 metros, com taxa de ocupação 0,17 e coeficiente de aproveitamento 16. O segundo conjunto de cenários (B e B90) adotou como pressuposto a utilização dos recuos mínimos previstos na legislação, respeitando a taxa de ocupação máxima. Nestes cenários, os lotes padrões (15x39) foram mantidos.

Neste sentido, a altura máxima da edificação foi 22 metros, com coeficiente de aproveitamento 7 e taxa de ocupação 0,42.

Quadro 1 - Características dos cenários (os pontos em laranja nas imagens representam a posição dos receptores no cânion).

Ilustração	Parâmetro	Lei 6031/1988	Adotado
Cenários A e A90			
 <p>Vista cenários A.</p>	Coeficiente de aproveitamento	19	16
	Taxa de ocupação	0,50	0,17
	Recuo frontal – R (m)	6 (mínimo)	18,0
	Recuo lateral (m)	3 (mínimo)	12,5
	Recuo de fundos (m)	6 (mínimo)	6,0
	Altura total da edificação- H (m)	$H=L+2R$ (L=14m)	50
	Área lote (m ²)	450 (mínimo)	1755
	Área construída (m ²)	-----	300
	Testada (m)	15	45
	Largura da via – V (m)	8	8
	Largura da calçada – C (m)	-----	3
	Largura do cânion ($W=R+2C+V$) (m)	-----	50
	Relação altura largura do cânion (H/W)	-----	1,00
Cenários B e B90			
 <p>Vista cenários B</p>	Coeficiente de aproveitamento	7	7
	Taxa de ocupação	0,50	0,42
	Recuo frontal – R (m)	6 (mínimo)	6
	Recuo lateral (m)	3 (mínimo)	3
	Recuo de fundos (m)	6 (mínimo)	6
	Altura total da edificação- H (m)	$H=L+2R$ (L=14m)	22
	Área lote (m ²)	450 (mínimo)	585
	Área construída (m ²)	-----	243
	Testada (m)	15	15
	Largura da via – V (m)	8	8
	Largura da calçada – C (m)	-----	3
	Largura do cânion ($W=R+2C+V$) (m)	-----	26
	Relação altura largura do cânion (H/W)	-----	0,85

Fonte: Os autores.

Os cenários foram digitalizados contemplando a mesma área (104x104 m) e uma única resolução (dimensão de 52x52x30 (X. Y. Z) grids e resolução de 2x2x2 m (x, y, z) grids). Os parâmetros adotados no ENVI-Met foram os mesmos descritos no item 2.3, porém com configurações diferentes de uso e ocupação do solo. Ressalta-se que para avaliação dos cenários não foi contemplada a vegetação, visto que o objetivo das análises foram os padrões de uso e ocupação.

Os cenários A90 e B90 foram originados da rotação em 90° dos cenários A e B, respectivamente, em relação ao norte verdadeiro, uma vez que nestes últimos o cânion está orientado a norte-sul.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, na Tabela 2, são apresentados os dados simulados nos diferentes cenários, referentes à temperatura do ar e à velocidade do vento.

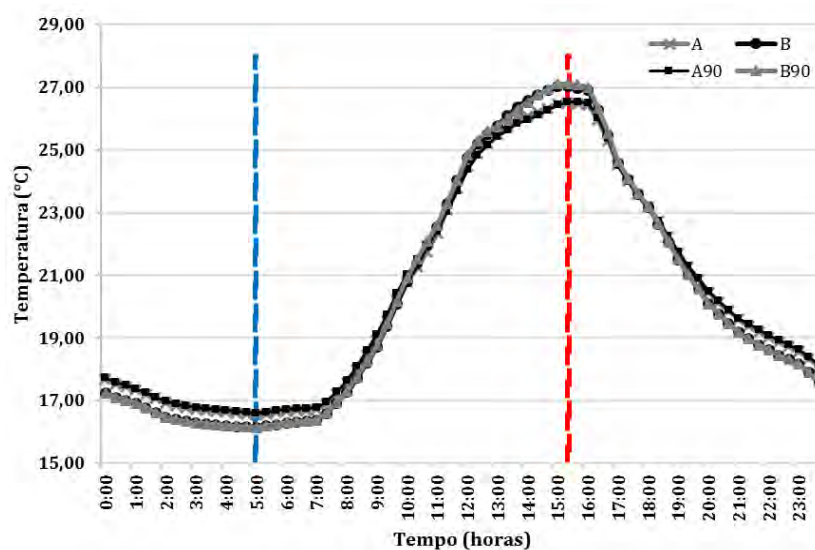
Tabela 2: Comparação das variáveis térmicas simuladas para os quatro cenários.

Variável climática	Cenário A	Cenário B	Cenário A90	Cenário B90
Temperatura do ar máxima (°C)	26,50	27,03	26,53	27,11
Temperatura do ar média (°C)	20,46	20,36	20,54	20,39
Temperatura do ar mínima (°C)	16,55	16,15	16,61	16,15
Velocidade do vento máxima (m/s)	3,11	2,33	2,94	2,36
Velocidade do vento média (m/s)	3,08	2,19	2,74	2,19
Velocidade do vento mínima (m/s)	2,89	2,10	2,53	1,93

Fonte: Os autores.

Verifica-se que o rotacionamento do cânion e o aumento da altura das edificações não provocou alterações significativas na temperatura do ar média, que foram da ordem de 0,03°C a 0,18°C. Para todos os cenários a temperatura mínima ocorreu às 5h00 e a máxima às 15h20 (Figura 7).

Figura 7 - Comparação da curva de temperatura do dia 21/08/16.



Fonte: Os autores

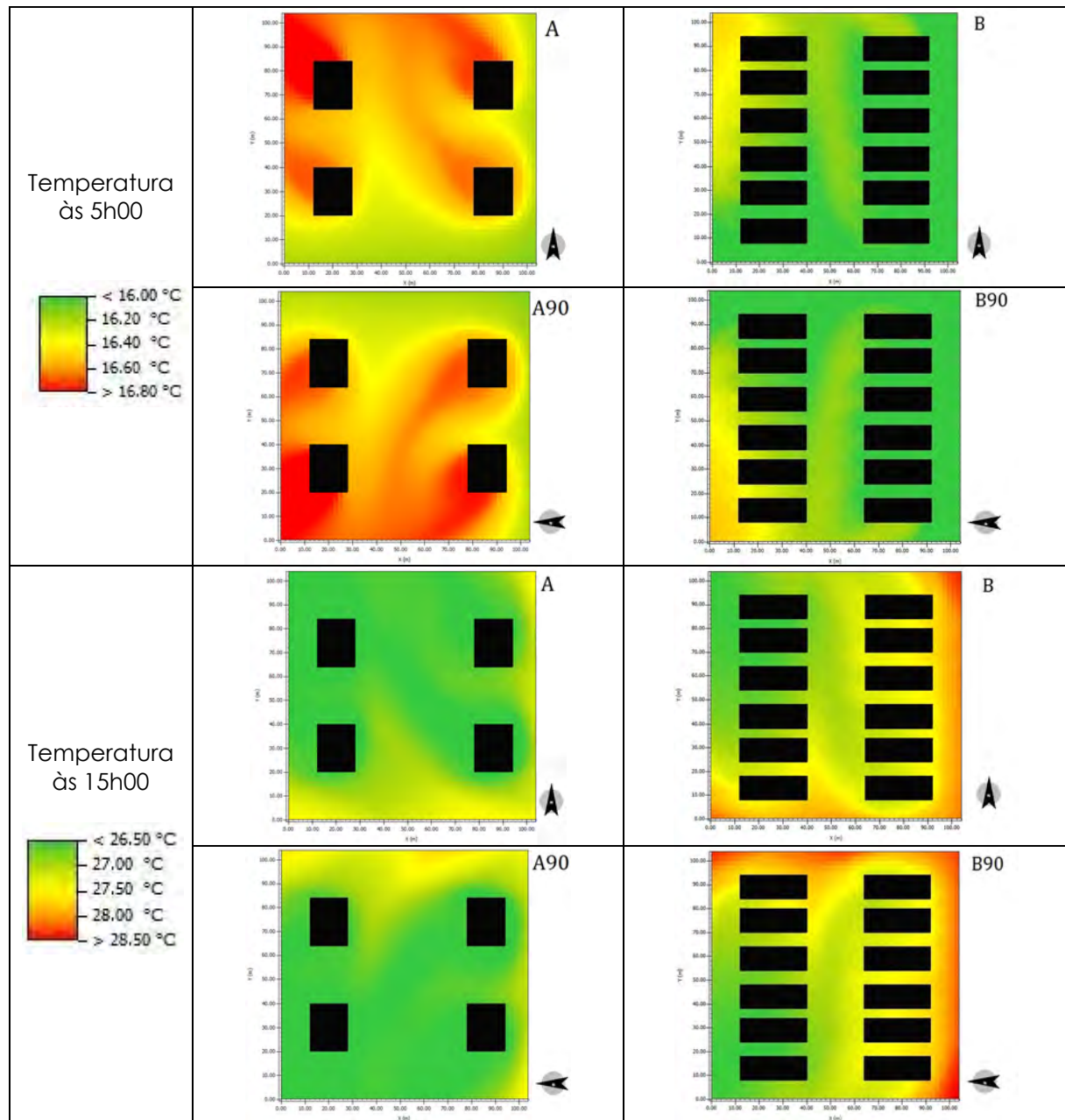
O rotacionamento do cânion não provocou aumento significativo nas temperaturas máxima e mínima para ambas as configurações urbanas, porém, a diminuição da altura e o aumento da densidade das edificações, proporcionaram redução na temperatura do ar mínima da ordem de 0,40°C entre os cenários A e B, com orientação do cânion a 0°, e de 0,46°C entre os cenários A90 e B90, com orientação do cânion a 90°.

Em relação à média da velocidade do vento, percebe-se uma diferença quando da diminuição da altura, principalmente para a orientação do cânion a 0°, sendo esta de 0,89 m/s (cenários A e B). Para os cenários A90 e B90, com orientação do cânion de 90°, esta diferença cai para 0,55 m/s.

3.1 Mapas de distribuição térmica

O Quadro 2 apresenta as imagens térmicas para os quatro cenários em dois horários, 5h00, hora da mínima e 15h00, hora da máxima temperatura.

Quadro 2 – Comparação da temperatura às 5h e às 15h.



Apesar de não terem apresentado diferenças expressivas de temperatura entre si, percebe-se que os cenários A e A90, com edifícios de 50 metros de altura, apresentaram temperatura do ar no cânion maior que os cenários B e B90, com edifícios de 22 metros de altura, no horário da mínima, às 5h00.

Já no horário da máxima, às 15h00, nota-se que ocorre o contrário: os cenários com edifícios de 22 metros e cânion mais estreito, B e B90, apresentam temperatura superior.

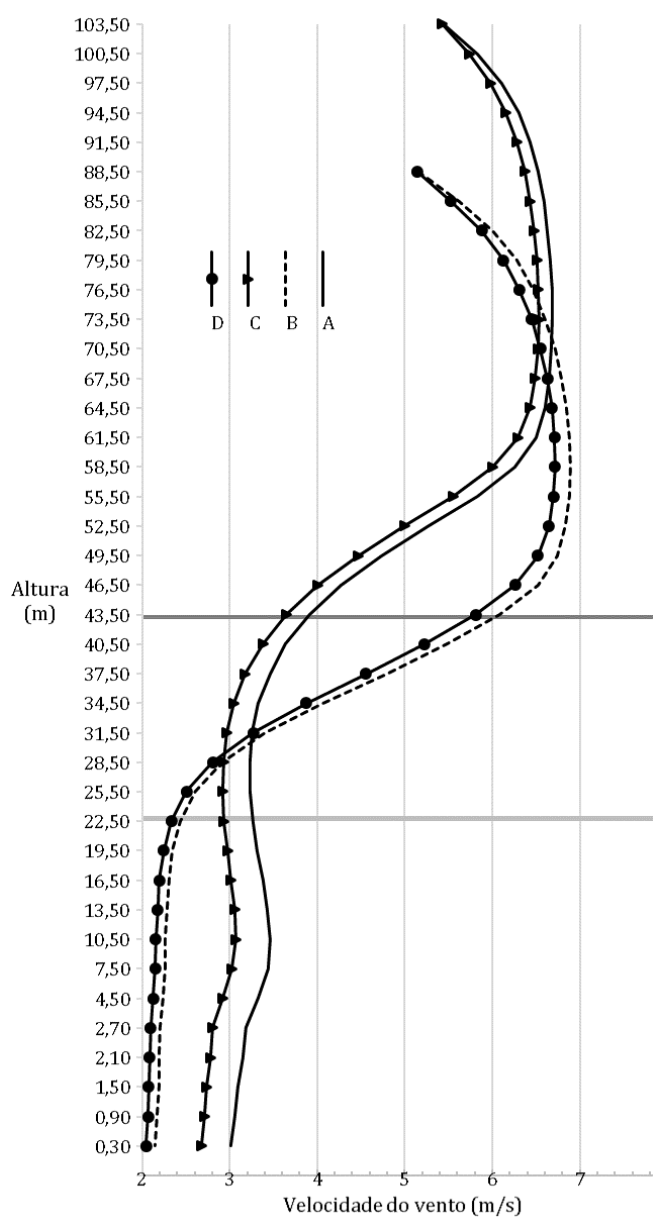
O fator de visão do céu (FVC) obtido pelas simulações foram de 0,722 para os cenários A e A90 e 0,426 para os cenários B e B90. Sendo assim, os cânions A e A90 possuem maior acesso solar, o que faz com que recebam maior intensidade de raios solares, mas também que liberem a energia absorvida com maior facilidade, ao contrário do que acontece com os cenários B e B90, que possuem maior dificuldade de dissipar o calor absorvido.

3.2 Análise da velocidade do vento

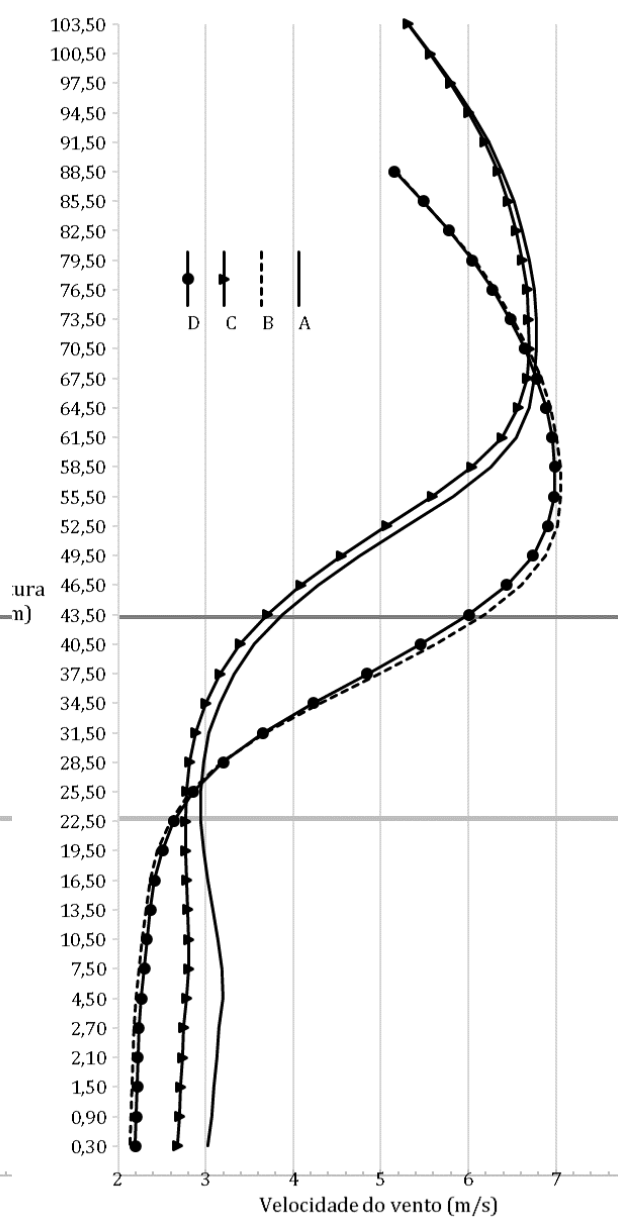
As Figuras 8 e 9 apresentam as curvas de velocidade do vento em relação à altura do modelo para cada cenário nos horários de 5 e 15h.

Figura 8 - Curva de velocidade do vento para as 5h.

Figura 9 - Curva de velocidade do vento para as 15h.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

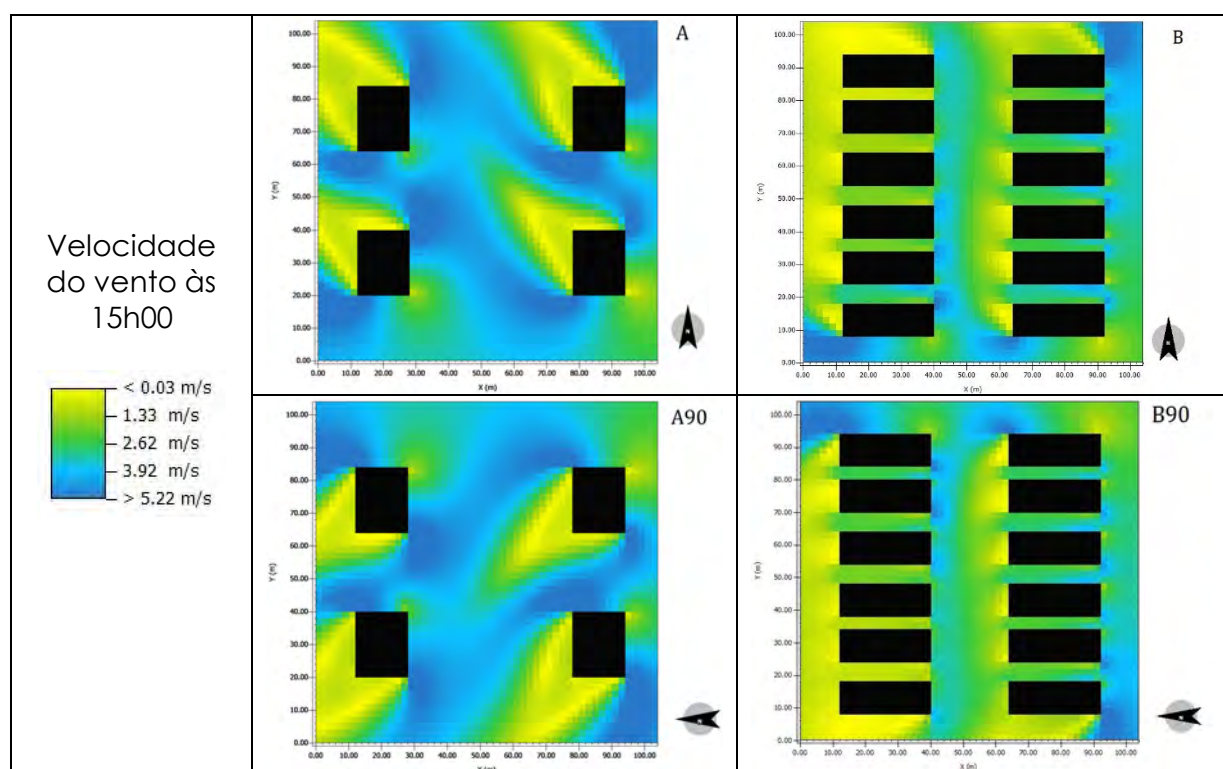
Verifica-se que houve alteração perante o rotacionamento do cânion para os cenários com edificações de 50 metros de altura (A e A90). O rotacionamento do cânion de 0° para 90° ocasionou um aumento da velocidade do vento da ordem de 0,4 m/s.

A velocidade do vento começa a se intensificar no limite da camada de edificações tendo seu perfil modificado. No caso dos cenários A e A90, atinge velocidade máxima a 70,5 metros e a 58,5 metros no caso dos cenários B e B90.

Comparando os horários de 5 e 15 horas, correspondentes à mínima e máxima da temperatura, verifica-se ainda que as curvas de velocidade do vento de cânions com a mesma orientação tendem a se distanciar no amanhecer, tornando-se mais próximas ao entardecer.

Observando o Quadro 3 a seguir é possível identificar uma melhor ventilação dos cânions A e A90, que são mais largos e que podem, desta maneira, amenizar a sensação térmica do pedestre no horário da máxima, às 15h.

Quadro 3 – Comparação da velocidade do vento às 15h.



Fonte: Os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que o aumento da altura das edificações e o rotacionamento do cânion em 90° não influenciaram significativamente na temperatura do ar, sendo observada alteração mais expressiva na velocidade do vento, que tende a aumentar quando do estreitamento do cânion.

Ali-Toudert (2006) verificou que a temperatura do ar tende a ser mais sensível à variável altura e largura do cânion (H/W) que à orientação do mesmo. No caso deste trabalho, como a relação H/W é próxima (cenário A = 1,00, cenário B = 0,85) justificam-se as alterações pouco significativas observadas entre os cenários.

Os cenários B, de menor FVC (0,426), apresentaram maior temperatura do ar máxima (cenário B = 27,03°C e cenário B90 = 27,11°C) e temperatura do ar mínima mais baixa (16,15°C para os cenários B e B90) que os cenários A, de maior FVC (0,722), demonstrando coerência com as observações feitas por Givoni (1998) de que baixos valores de FVC estão relacionados com o fenômeno da ilha de calor por permitirem menor entrada de radiação solar no cânion durante o dia, afetando o ar e temperatura radiante média, que, por sua vez, determina o nível de conforto em áreas ao ar livre.

Pondera-se, entretanto, que este estudo se trata de uma simplificação da situação real, haja vista a dimensão do recorte se limitar a 104x104 metros, sendo este ainda destacado de seu entorno e contextos urbano e climático reais, resultando em respostas pontuais, que dificultam sua extrapolação. Sendo assim, faz-se necessárias avaliações mais amplas para que se possa inferir diagnósticos mais abrangentes da influência dos parâmetros da legislação no clima.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, p. 333-340, 2013.

ACERO, J. A.; HERRANZ-PASCUAL, K. A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques. **Building and Environment**, v. 93, p. 245–257, nov. 2015.

ACHOUR-YOUNSI, S.; KHARRAT, F. Outdoor Thermal Comfort: Impact of the Geometry of an Urban Street Canyon in a Mediterranean Subtropical Climate – Case Study Tunis, Tunisia. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 216, p. 689-700, 2016.

ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. **Building and Environment**, v. 41, p. 94-108, 2006.

BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. **Environmental Modelling &**

Software, v. 13, n. 3-4, p. 373–384, out. 1998.

CAMPINAS (Prefeitura Municipal). Lei nº 6.031 de 29 de dezembro de 1988. **Dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo do município de Campinas, 1988**. Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/seplama/lei_6031.pdf. Acesso em 01 fev. 2016.

CARFAN, A. C.; GALVANI, E.; NERY, J. T. Study of thermal comfort in the City of São Paulo using ENVI-met model. **Investigaciones Geográficas**, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, n. 78, p. 34-47, 2012.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura - UNICAMP. **O clima de Campinas**. Disponível em: < <http://www.cepagri.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>>. Acesso em: 22/04/2016.

GIRGIS, N.; ELARIANE, S.; RAZIK, M. Evaluation of Heat Exhausts Impacts on Pedestrian Thermal Comfort. **Sustainable Cities and Society**, jul. 2015.

GIVONI, B. Climate considerations in building and urban design. Hoboken: John Wiley & Sons; 1998.

GOLANY, G. S. Urban design morphology and thermal performance. **Atmospheric Environment**, v. 30, n. 3, p. 455-465, 1996.

LOBACCARO, G.; ACERO, J. A. Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. **Urban Climate**, v. 14, p. 251-267, 2015.

MARTINS, T. A. L.; ADOLPHE, L.; BARROSO-KRAUSE, C. M. L. Análise de sensibilidade sobre o impacto da geometria urbana no conforto térmico exterior em clima tropical. **In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído.**, 2013, Brasília. Conforto e Projeto, 2013. v. 1. p. 1-10.

NASCIMENTO, T. C.C.; JÚNIOR, J. S. G.; BARBOSA, R. V. R. Estudo comparativo entre cânions urbanos formados em ruas com diferentes configurações: influência da verticalização para o clima urbano. **In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**. Campinas, 2015.

STROMANN-ANDERSEN, J.; SATTRUP, P. A. The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 2011-2020, 2011.

YANG, X.; ZHAO, L.; BRUSE, M.; MENG, Q. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. **Building and Environment**, v. 60, p. 93–104, fev. 2013.