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

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO MICROCLIMA URBANO DA PRAÇA DA ESTAÇÃO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA – MG

Júlia Lima Adário (1); Aline Calazans Marques (2); Caio Frederico Silva (3)

(1) Especialista, Arquiteta, ju.limadario@gmail.com, Mestranda do Programa de Pós-Graduação da FA6U UnB, Campus Darcy Ribeiro – ICC Norte - Gleba A, Brasília-DF

(2) Doutora, Arquiteta, alinecalazans@fau.ufrj.br, Professora e pesquisadora da FAU UFRJ, Prédio da Reitoria/FAU - Av. Pedro Calmon, 550 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ

(3) Doutor, Arquiteto, caiosilva@unb.br, Professor do Programa de Pós-Graduação da FAU UnB, Campus Darcy Ribeiro – ICC Norte - Gleba A, Brasília-DF

RESUMO

Os espaços públicos arborizados permitem a melhor apropriação quando oferecem mais conforto térmico para os pedestres. Entretanto, o nível de conforto térmico pode variar com a sazonalidade do clima urbano e essas mudanças nem sempre são observadas num projeto urbano, seja de um bairro, de uma rua, parque ou praça. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo caracterizar o microclima da Praça da Estação, localizada em Juiz de Fora, Minas Gerais, para os períodos de verão (fevereiro) e inverno (julho). O método é organizado em 04 etapas: i) coleta de dados, ii) modelagem iii) simulação e iv) extração de dados. As simulações computacionais analisam os parâmetros de conforto térmico por meio do software ENVI-met V4.3.2 e apresentam dados por meio de mapas que representam o conforto da praça nos dias simulados em horários específicos – 9 h, 15 h e 21 h com relação aos parâmetros climáticos de temperatura do ar (°C), velocidade dos ventos (m/s) e umidade relativa do ar (%) somado às análises do índice de Conforto PMV – *Predicted Mean Vote*. Os resultados com relação ao índice de conforto PMV indicam as sensações térmicas alcançadas, que destoam quanto a sazonalidade: "Muito quente" à "Abafado" no verão e "Abafado" à "Fresco" no inverno. Esses resultados enfatizam a relevância do enfoque microclimático no projeto urbano e paisagístico, evidenciando também a utilização da simulação computacional como etapa estratégica desse processo. Conclui-se, portanto, que a Praça da Estação possui dois períodos climaticamente muito diferentes e que a sazonalidade deve ser fator indispensável para a caracterização do cenário urbano.
Palavras-chave: Simulação computacional; Conforto térmico; Espaços urbanos; ENVI-met.

ABSTRACT

The green public spaces allow appropriation when they offer more thermal comfort for the citizens. However, the seasonality of urban climate modifies the level of thermal comfort. The microclimate scale is ignored in urban projects, projects of a park or square design. In this sense, this research has as its mission to characterize the microclimate of the Station Square, located in the city of Juiz de Fora, Minas Gerais, for summer (February) and winter (July). The method presents 04 steps: i) data collection, ii) modeling iii) simulation and iv) data extraction. The computer simulation analyzes the parameters of thermal comfort by the software ENVI-met V4.3.2. More specifically, it presents data by means of maps that represent the thermal comfort of the Square in the simulated days at specific times - 9 am, 3 pm and 9 pm with respect to the climatic parameters of air temperature (° C), wind speed (m / s) and relative air humidity (%) added to the PMV - Predicted Mean Vote index. The results show with respect to the PMV comfort index indicates that the achieved thermal sensations are disproportionate to the seasonality: "Very hot" to "Slightly warm" for summer and " Slightly warm" to "Cool" for winter. These results emphasize the relevance of the microclimatic approach in urban and landscape design, evidencing the use of computational simulation as a strategic step in this process. To conclude, it is confirmed that "Praça da Estação" has two climatically very different periods and that seasonality must be an indispensable factor for the characterization of the urban scenario.
Keywords: Computer simulation; Thermal comfort; Urban spaces; ENVI-met.

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, as cidades se desenvolveram de forma intensa. Esse processo é acompanhado de impermeabilização do solo e redução de áreas verdes, o que prejudica a qualidade urbana e reflete num planejamento urbano cada vez menos resiliente ao clima. As variações climáticas, por sua vez, exercem uma grande influência sobre as pessoas, fato validado pelo método de Katzschner (1997) que avalia as condições do clima urbano por meio da descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos parâmetros térmicos e dinâmicos do clima urbano seguido por uma descrição quantitativa do mesmo.

Nesse sentido, o estudo do clima compreende, segundo Romero (2000), tanto a formação resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais - sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, solo, etc., quanto sua caracterização definida por seus elementos - temperatura do ar, umidade relativa do ar, movimentos das massas de ar e precipitações. Dessa forma, é importante a conscientização do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter os resultados ideais. A exploração deste âmbito revela-se como um instrumento para o planejamento das cidades pois considera aspectos relevantes para a preservação e também para o projeto em pretensão do clima urbano ideal (CASTELO BRANCO, 2009).

Segundo Assis (2016), os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descreve o clima em geral de uma região, dando detalhes da insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade do ar e ventos. Enquanto que a compreensão microclimática local pode ser levantada pela experimentação das ferramentas computacionais (SILVA & ROMERO, 2013).

No contexto microclimático são considerados os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios (ASSIS, 2016). Segundo Duarte (2015), muitos dos problemas causados pelo processo de urbanização estão intimamente relacionados ao microclima, o que tem feito crescer o número de pesquisas sobre o desempenho climático dos espaços urbanos. Assim como Minas (2017) que evidencia que grande parte da população brasileira sente o desconforto decorrente das altas temperaturas.

Para alcançar um microclima confortável, a vegetação contribui de forma significativa, tendendo a equilibrar os efeitos do clima sobre o entorno imediato reduzindo os limites ambientais (CASTRO & LABAKI 1999; DUARTE, 2015; ROMERO, 2001). Neste sentido, o uso da vegetação é encarado como uma oportunidade de integração do homem com a natureza contribuindo para uma melhora da qualidade de vida (DUARTE, 2015). Silva (2009) aponta que os processos mais comuns pelos quais a vegetação interfere na composição do microclima são a amenização da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar, por meio do sombreamento, e, indiretamente, por evapotranspiração.

Muitos autores destacam a importância dos espaços verdes urbanos como reguladores do microclima, com impacto na qualidade de vida nas cidades (MINAS, 2017; ABREU, 2012; ROMERO, 2000; LABAKI, 1999;) e outros estudos enfatizam que a vegetação contribui para o conforto térmico humano, à nível local – mesmo que não muito além dos limites das áreas verdes- (ZHINZATO, 2009) como para a atenuação do ganho de calor no interior de edificações (PAULA, 2005).

De acordo com Lamberts et al (1998), é necessário caracterizar para compreender os extremos de calor e frio, por exemplo, para posteriormente ser elaborada um projeto que melhor atende e responde ao conforto térmico do indivíduo. Diante disto, é fundamental o conhecimento a respeito das condições ambientais que possam levar ao estado de desconforto (LAMBERTS, 2002 apud NAKATA, 2010). Nesse contexto, determina-se a temperatura do ar e o índice preditivo PMV - *Predicted Mean Vote* -, adaptado por Fanger (1972) para caracterização da sensação térmica do usuário.

Contudo, o estudo aborda as relações intrínsecas entre vegetação, clima e espaço público. Fundamenta-se a partir da leitura de trabalhos que utilizaram da simulação computacional como parte da metodologia para avaliação do conforto térmico no espaço urbano, a aplicação do programa ENVI-met V4.3.2, simulando as interações entre as condicionantes climáticas locais, superfícies urbanas, vegetação e o índice PMV (CASTELO BRANCO, 2009; SHINZATO, 2009; DUARTE, 2015; MINAS, 2017; LABAKI et al 2015; SILVA & ROMERO, 2013; ZHAO et al 2018).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar o microclima urbano nos períodos de maior desconforto por calor e por frio na Praça da Estação, localizada na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais – MG.

3. MÉTODO

O método segue os procedimentos de simulação computacional para o software ENVI-met 4.3.2 desenvolvido por Silva et al (2018), como demonstra a Figura 01 e, adaptado ao clima da cidade de Juiz de Fora. O método de trabalhado é organizado em quatro etapas conforme mostra a Figura 1.

etapa1 COLETA DE DADOS	etapa2 MODELAGEM	etapa3 SIMULAÇÃO	etapa4 EXTRAÇÃO DE DADOS
DADOS FÍSICOS	EDIFÍCIOS	DIAS TÍPICOS DE VERÃO E INVERNO	HORÁRIO: 9 h, 15 h e 21 h
DADOS CLIMÁTICOS	VEGETAÇÃO	13/02/2018 20/07/2018	MAPAS - Leonardo
DADOS GEOGRÁFICOS	SOLO	24 HORAS	PMV - Biomet

Figura 1: Etapas do método de simulação computacional.

3.1. Coleta de dados

Como ponto de partida, apresenta-se a cidade de Juiz de Fora localizada no Estado de Minas Gerais, Região Sudeste do Brasil, na mesorregião denominada de Zona da Mata Mineira. Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) é a cidade mais populosa da região sendo referência para os demais municípios ao redor e a quarta mais populosa do Estado. A população estimada é de 563.769 pessoas e a área é de 1.429.875 km² sendo apenas 317.740 km² considerado perímetro urbano (Figura 2).



Figura 2: Localização de Juiz de Fora no Brasil.

A praça Doutor João Penido, popularmente conhecida como Praça da Estação, situa-se na região central da cidade. Este espaço é delimitado pela rua Halfeld e Avenida Francisco Bernardino. As vias são referência tanto para os moradores locais quanto para visitantes, pois ambas dispõem de serviços e comércio que atendem a um fluxo intenso e constante de pessoas. Especialmente na Avenida Francisco Bernardino, que é um dos principais eixos viários da cidade, ponto de referência para modais de transporte intermunicipais (Figura 3).



Figura 3: Localização da Praça da Estação no centro da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Fonte: Google Maps, 2019.

No recorte da praça, o perímetro estudado é de 120 m x 120 m, sendo a área da praça de aproximadamente 2.255 m². O levantamento foi listado a partir de desenhos disponibilizados pela Prefeitura Municipal em arquivo digital com formato DWG. Em seguida foram desenvolvidas plantas baixas específicas junto a observações, anotações e fotografias.

A vegetação, apesar de representar apenas 10% da área total da praça, impacta positivamente na paisagem urbana (Figura 4, Figura 5 e Figura 6). A vegetação é predominantemente arbórea do tipo perene (Tabela 1), isso implica que: a taxa de sombreamento irá variar durante o ano, o que significa que a incidência de radiação solar poderá ser maior em alguns períodos, logo irá afetar a temperatura do ar local e a sensação de conforto. Os dados de modelagem da vegetação constarão na Tabela 1



Figura 4: Fotografia da Praça da Estação em 18 de fevereiro de 2018 - Verão. Acervo pessoal.



Figura 5: Fotografia da Praça da Estação em 23 de julho de 2018 – Inverno. Acervo pessoal.

Tabela 1: Quadro de atributos vegetais da Praça da Estação.

VEGETAÇÃO	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	CICLO DE VIDA
	Delonix regia	FLAMBOYANT	Perene
	Terminalia catappa	AMENDOEIRA	Perene
	Bauhinia variegata	PATA-DE-VACA	Perene
	Piptadenia gonoacantha	PAU-JACARÉ	Perene
	Roystonea oleracea	PALMEIRA IMPERIAL	Perene



Figura 6: Fotografias das árvores da Praça da Estação. Acervo pessoal.

Para o mapeamento das edificações, e posteriormente a modelagem no software, foram considerados os vazios – referentes a iluminação e ventilação entre edifícios – e afastamentos obrigatórios, de acordo com a legislação edílica da Prefeitura de Juiz de Fora, tendo como base o último levantamento planialtimétrico da cidade. Estipulou-se para o estudo da altura das edificações 3 metros como referência para cada pavimento; em relação aos materiais superficiais, as áreas foram levantadas através de medição pelo Google Earth e verificados *in loco*; por último, o quadro de atributos vegetais listado a partir da análise das fotografias (Figura 7).



Figura 7: Dados físicos coletados in loco: Gabarito das edificações, materiais superficiais e quadro de atributos vegetais.

A elaboração do arquivo climático resultou da coleta dos dados mesoclimáticos da Estação Climatológica da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os dados são os seguintes: velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s), a média da temperatura inicial da atmosfera (°C), a média da umidade relativa do ar (%), a direção dos ventos em graus e a umidade específica a 2500 metros (g/kg). Para este último dado, por conta da ausência de dados específicos a 2500 m na estação local, optou-se por adotar os dados de umidade da estação meteorológica localizada no Aeroporto Internacional Tom Jobim – Galeão – na cidade do Rio de Janeiro – RJ, há 144 km da cidade de Juiz de Fora. Essa decisão ocorreu em razão da semelhança entre as médias anuais de umidade relativa próximas a 80% - Juiz de Fora e Rio de Janeiro - embora a diferença da Zona Bioclimática, ZB3 e ZB8 respectivamente. A direção predominante dos ventos é no eixo Norte-Sul, a 90°, adotado para os dois cenários – quente e frio.

Em relação aos dados geográficos, o município localiza-se à 21º 41' 20" Sul de Latitude e 43º 20' 40" Oeste de Longitude. O clima da cidade apresenta duas estações bem definidas: entre outubro e abril, as temperaturas são mais elevadas e há maiores precipitações pluviométricas; e entre maio e setembro, mais fria e com menor presença de chuvas. De acordo com a classificação de Köppen 1900 apud ÁVILA et al., (2014), a região possui um clima Cwa, ou seja, um clima mesotérmico com verões quentes e estação chuvosa também no verão. A região corresponde ao clima Tropical de Altitude, por apresentar um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos em vista do relevo local apresentar altitudes médias entre 700 e 900 m que contribuem para a amenização das temperaturas. Ainda nesta primeira etapa, é importante ressaltar que as datas simuladas já haviam sido estipuladas para que as médias fossem específicas dos dias escolhidos – 13 de fevereiro e 20 de julho de 2018, verão e inverno respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2: Coleta de Dados Climáticos e Geográficos.

DADOS CLIMÁTICOS		
PARÂMETRO	QUENTE 13.02.2018	FRIO 20.07.2018
T (°C)	23,6	18,5
V (m/s)	2,57	1,26
U (%)	67,79	68,79
DIR. VENTOS (°)	90	90
COEF. DE RUGOSIDADE	0,1	0,1
FONTE: Estação Climatológica da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET		
UMID. ESP. (g/kg)	8,45	0,55
FONTE: Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Tom Jobim - Galeão - Rio de Janeiro.		
DADOS GEOGRÁFICOS		
LATITUDE		LONGITUDE
21° 41' 20" S		43° 20' 40" W
FUSO HORÁRIO		ROT. DO NORTE
-3		-12

3.2. Modelagem

Para início da modelagem, é necessário propor um recorte específico da área que se deseja levantar, nesta pesquisa a área é de 200 m x 200 m e a orientação do norte foi alterada em -12° Leste por questões de modelagem no software. A digitalização da planta baixa em formato BITMAP (Figura 8) é o passo que antecede a modelagem no software – as edificações com as alturas levantadas, os materiais superficiais e a vegetação são modelados em seguida (Figura 9).



Figura 8: Planta baixa da Praça da Estação e entorno imediato.

Os dados levantados in loco foram compatibilizados com o software utilizado como demonstram as Tabela 3 para caso haja necessidade de modificações ou inserção de novos dados e também, como uma forma de sistematizar o estudo e indicar possíveis falhas no próprio banco de dados do ENVI-met, como por exemplo os valores específicos de albedo. A simulação para cada estação durou 24 horas e as primeiras e as últimas duas horas de cada dia foram descartadas.

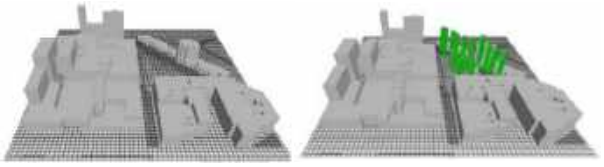


Figura 9: Visualização em 3D – Edificação e Vegetação - no programa ENVI-met V4.3.2

Tabela 3: Compatibilização dos materiais superficiais e da vegetação com o banco de dados do ENVI-met V4.3.2.

	LEVANTAMENTO	BANCO DE DADOS - ENVI-met V4.3.2		
	NOME:	NOME:		ALBEDO:
SOLO	INTERTRAVADO 01	BRICK ROAD (RED STONES)	KK	0.30
	INTERTRAVADO 02			
	PEDRA PORTUGUESA	CONCRETE PAVEMENT GRAY	PG	0.50
	GRAMA	GRASS 50 cm AVER, DENSE	GG	X
	ASFALTO	ASPHALT ROAD	ST	0.20
	ÁREA NÃO-PAVIMENTADA	LOAMY SOIL	LO	0.00
VEGETAÇÃO	FLAMBOYANT	TREE 10 m VERY DENSE, LEAFLESS BASE		T1
	AMENDOEIRA			
	PATA-DE-VACA			
	PAU-JACARÉ			
	PALMEIRA IMPERIAL	TREE 20 m DENSE, DISTINCT CROWN LAYER		BS

3.3. Simulação

Em relação a terceira etapa, como demonstra a Figura 10, foi eleito o dia mais quente do ano de 2018 foi 13 de fevereiro, cuja temperatura máxima média alcançou 30 °C e a mínima média 19 °C, e também o dia mais frio, 20 de julho, com média de 12 °C para a temperatura mínima e 24 °C para a máxima. Dessa forma caracteriza-se tais dias como dias típicos de verão e inverno, respectivamente. É importante ressaltar que para validação dos mapas de resultados simula-se pelo menos 24 horas de cada dia, desconsiderando as primeiras e últimas 2 horas de cada um.

3.4. Extração de dados

No último passo do método foram analisados os dados extraídos nos horários relevantes para a pesquisa – 9 h, 15 h e 21 h – definidos conforme indica a Organização Meteorológica Mundial (OMM) para registro nas estações meteorológicas. Este estudo se deu pela interpretação dos mapas gerados pela ferramenta Leonardo e *Biomet* que funcionam como *plugin* do ENVI-met. A análise pautou-se na relação dos parâmetros climáticos de temperatura do ar (°C), velocidade dos ventos (m/s) e umidade relativa do ar (%) e do índice de Conforto PMV – *Predicted Mean Vote* com a finalidade de caracterizar as normais microclimáticas das estações de verão e inverno como citadas anteriormente. É importante ressaltar que os parâmetros humanos pessoais considerados para o cálculo do PMV foram o padrão do programa (**Tabela**). Por último, para a configuração do corte da praça, a seção se deu em 69 m com relação ao eixo X-Z (**Figura**).

Tabela 4: Coleta de Dados Climáticos e Geográficos.

PARÂMETROS HUMANOS PESSOAIS				
CORPO	IDADE	PESO (kg)	GÊNERO	ALTURA (m)
	35	75	Masculino	1,75
ROUPA	ISOLAMENTO DE ROUPAS ESTÁTICAS (CLO):			0,9
METABOLISMO	TX. METABÓLICA TOTAL (W)			164,49 (=86,21 W/m²)
			(met):	1.48

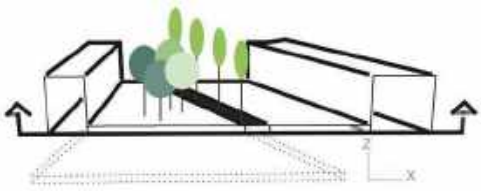


Figura 10: Croqui esquemático da posição da seção.

4. RESULTADOS

4.1. Dados microclimáticos

De acordo com os mapas gerados, as análises foram feitas a partir da listagem dos resultados obtidos em relação aos parâmetros climáticos (Tabela 5).

No dia quente, a temperatura do ar às 15 h apresenta maior média o valor de 30,96 °C com relação aos outros dois horários estipulados, como já se esperava. Acredita-se que as edificações do entorno imediato da praça assim como a infraestrutura verde presente não contribuem para a obstrução da radiação direta durante este período de maior incidência solar. Assim, a amplitude térmica também apresenta maior valor nessa hora 3,34 °C.

No dia frio, o período vespertino é também o de maior média pois registra o valor de 22,73 °C. Porém, diferente do verão, a amplitude é menor, visto que a exposição à radiação solar é diferente em razão da trajetória do sol no inverno. À noite, como é de se esperar em um clima tropical de altitude, ambas as temperaturas caem, 1.06°C e 1.63°C, respectivamente. Neste último, se tratando da amplitude térmica no

período frio, o valor é maior – maior perda térmica - , porém, é importante ressaltar que é no período quente que a temperatura oscila mais com relação às 24 horas do dia.

Com relação a umidade relativa do ar, percebe-se que na parte da manhã no dia 13 de fevereiro, a amplitude é de 9,27%, sendo a média de 81,72%, neste cenário é o maior valor. Enquanto que no dia 20 de julho é de 67,05% com variação de 13,6%. No período vespertino, no verão a amplitude é maior neste horário, com um valor de 11,36% e no inverno esse valor diminui em relação ao horário da manhã em 7,47%. No horário das 21 h, no período de verão a média é de 62,79% e no período de inverno 57,4%, em ambos os casos houve uma queda considerável. Com os dados obtidos, pode-se perceber que é no período do inverno a menor presença de umidade relativa no ar, devido a não perenidade da arborização.

Os dados referentes à velocidade dos ventos em relação aos dois períodos são constantes isso implica em compreender que existe uma uniformidade das condições predominantes de ventilação natural na região.

ESTAÇÃO	HORAS	TEMPERATURA DO AR (°C)				UMIDADE RELATIVA DO AR (%)				VELOCIDADE DOS VENTOS (m/s)			
		MÍN	MÉD	MÁX	AMPL	MÍN	MÉD	MÁX	AMPL	MÍN	MÉD	MÁX	AMPL
QUENTE 13.02.2018	9h	24,45	25,27	26,09	1,64	77,09	81,72	86,36	9,27	0,27	1,47	2,68	2,41
	15 h	29,20	30,06	32,63	3,34	46,8	50,22	53,65	11,36	0,27	1,47	2,68	2,41
	21 h	23,36	23,89	24,42	1,06	60,26	62,79	65,32	5,26	0,27	1,47	2,68	2,41
FRIO 20.07.2018	9 h	20,45	20,43	20,41	0,04	60,25	67,05	73,85	13,6	0,15	0,88	1,62	1,47
	15 h	21,76	22,73	23,7	1,94	50,62	54,35	58,09	7,47	0,15	0,88	1,62	1,47
	21 h	16,38	17,2	18,02	1,63	52,86	57,4	61,94	9,08	0,15	0,88	1,62	1,47

Tabela 5: Parâmetros climáticos simulados do dia quente e do dia frio da Praça da Estação.

4.2. Mapas do índice de conforto PMV

Outros resultados analisados para caracterização sazonal do microclima foram: a comparação das áreas vegetadas da praça e das não vegetadas considerando o índice de Conforto PMV (Tabela 6).

Com base na extração dos mapas, no verão no período matutino, (Figura 7 e Figura 10), a praça apresenta um índice de desconforto entre 0,5 a 2,5, nas áreas próximas a vegetação, e 2,5 a 3,5 nas áreas mais afastadas. Esses dados interpretados para as medidas de sensação térmica representam, respectivamente, um ambiente "Ligeiramente quente" à "Quente". Especula-se que esse aquecimento é consequência, também, da implantação da praça, com relação a orientação solar e a posição e morfologia das espécies vegetais. Entre os períodos vespertino e noturno, (Figura 8, Figura 9, Figura 11 e Figura 12), como esperado, houve uma variação – queda - considerável da amplitude térmica. A sensação térmica variou entre "Muito quente" (a cima de 3,5) para "Confortável" (-0,5 a 0,5) respectivamente.

Tabela 6: Sensação térmica e Índice de PMV adaptado pelos autores de Fanger (1972) com base nos resultados do software ENVI-met V4.3.2.

SENSAÇÃO TÉRMICA	PMV (FANGER, 1972)	LEGENDA (ENVI-met)
MUITO FRIO	-3,5	a baixo -3,5
FRIO	-2,5	-3,5 a -2,5
FRESCO	-1,5	-2,5 a -1,5
LIGEIRAMENTE FRESCO	-0,5	-1,5 a -0,5
CONFORTÁVEL	0	-0,5 a 0,5
LIGEIRAMENTE QUENTE	0,5	0,5 a 1,5
ABAFADO	1,5	1,5 a 2,5
QUENTE	2,5	2,5 a 3,5
MUITO QUENTE	3,5	a cima 3,5

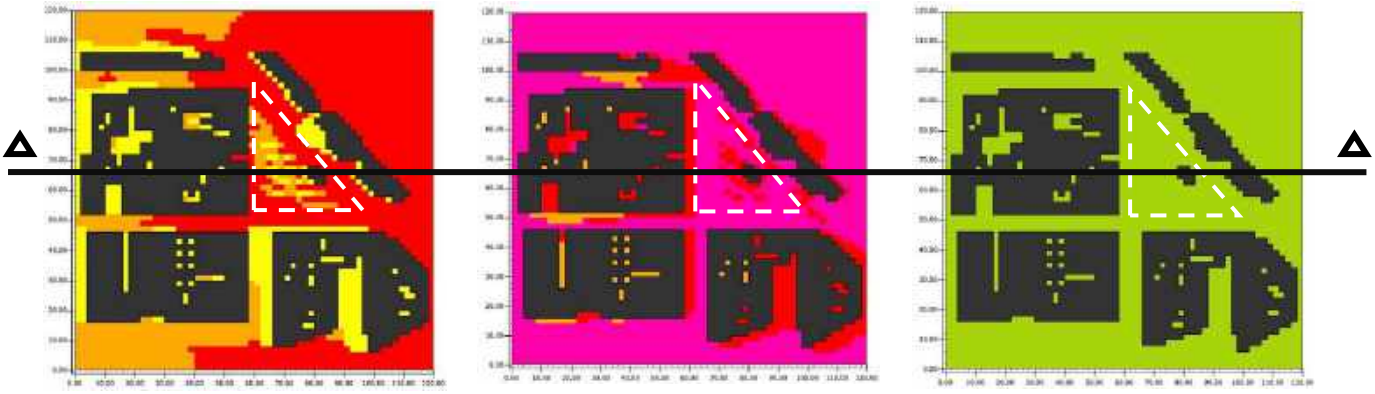


Figura 7: Mapa de PMV referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 9 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

Figura 8: Mapa de PMV referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 15 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

Figura 9: Mapa de PMV referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 21 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

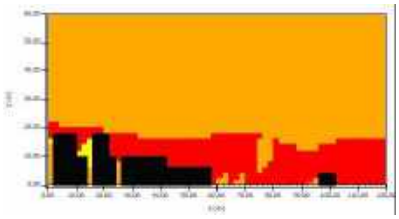


Figura 10: Mapa de PMV em seção referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 9 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

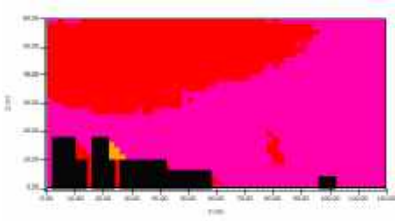


Figura 11: Mapa de PMV em seção referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 15 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

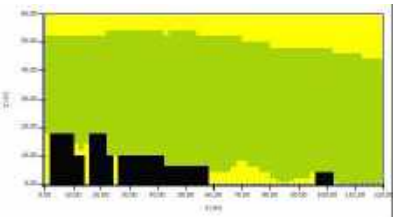


Figura 12: Mapa de PMV em seção referente ao dia 13/02/2018 – Quente – às 21 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

No dia 20 de julho, a variação do índice de PMV às 9 h (Figura 11 e Figura 13) os índices marcam de -0,5 a 0,5 nas áreas sombreadas por árvores e 0,5 a 1,5 nas áreas mais afastadas. Sendo este “Confortável” e aquele “Ligeiramente quente” no início da manhã. Entre os períodos da tarde (Figura 14 eFigura 17) e à noite (Figura 13 e Figura 18), assim como no verão, a variação da amplitude térmica demonstrada pelos dados do índice também sofreram uma alteração súbita: 1,5 a 2,5 nas áreas sem vegetação e 0,5 a 1,5 nas áreas permeáveis; -1,5 a -2,15 sem vegetação e -1,5 a -0,5 com vegetação, respectivamente. Dessa forma a sensação térmica entre esses dois períodos é de “Abafado” à “Fresco”.

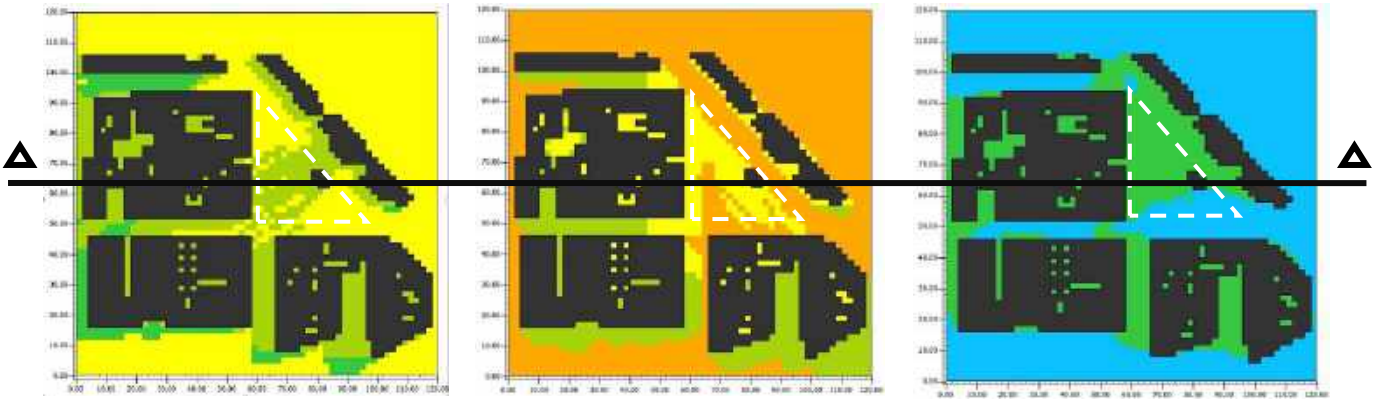


Figura 13: Mapa de PMV referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 9 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

Figura 14: Mapa de PMV referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 15 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

Figura 15: Mapa de PMV referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 21 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

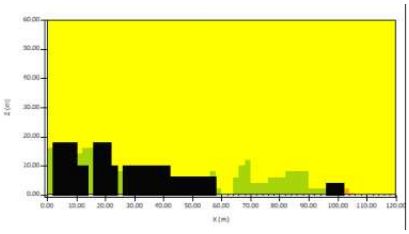


Figura 16: Mapa de PMV em seção referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 9 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

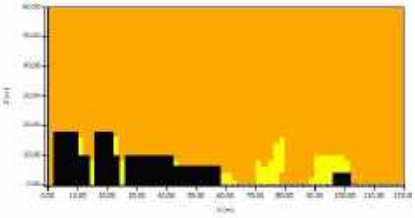


Figura 17: Mapa de PMV em seção referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 15 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

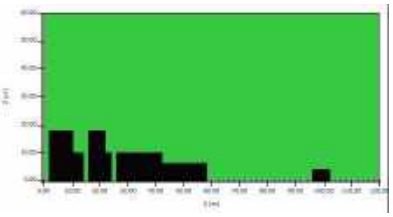
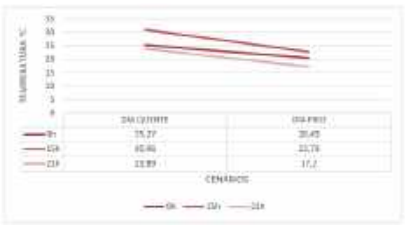


Figura 18: Mapa de PMV em seção referente ao dia 20/07/2018 – Frio – às 21 horas extraído do ENVI-met V4.3.2.

4.3. Conforto PMV e a vegetação

Por meio da sobreposição da fotografia e do mapa PMV analisa-se a contribuição da vegetação para melhoria da sensação térmica. O dia de maior desconforto por calor – apresentou maior média na temperatura do ar - foi o dia 13 de fevereiro no horário das 15 h. Porém, no horário das 9 h, do mesmo dia, nota-se maior redução no valor referente ao índice PMV se comparado aos outros cenários analisados. Neste horário registra-se a média da temperatura do ar de 25, 27°C e o índice de conforto térmico para o usuário entre 0,5 à 2,5 – "Ligeiramente quente" a "Abafado". Dessa forma, observa-se que os valores levemente menores coincidem com a área arborizada da praça (Figura 19). Os resultados coincidem com o identificado por Shinzato (2009): o efeito da vegetação é local e não ocorre uma influência significativa muito além dos limites das áreas verdes.

Tabela 7: Resultado da temperatura média do ar nos dois cenários simulados – dia quente e dia frio, 13 de fevereiro e 20 de julho



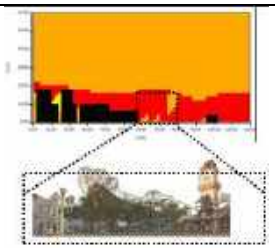


Figura 19: Sopreposição de imagem da massa foliar e no Mapa PMV do dia 13/02/2018 – Quente – às 9 horas.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista que o objetivo da pesquisa foi o de investigar o microclima em um dia quente de verão - 13 de fevereiro e um dia frio de inverno - 20 de julho, pôde-se observar que as temperaturas do ar mais elevadas são no primeiro período citado e consequentemente maiores índices de desconforto por calor de acordo com a compatibilização realizada do índice de sensação térmica considerado - PMV.

É possível afirmar que a vegetação pode ser considerada uma estratégia para o sombreamento de praças, onde a radiação solar pode ser amenizada pela copa das árvores, contribuindo para o conforto térmico urbano. Identificou-se que no dia de maior desconforto por calor para o usuário, 13 de fevereiro às 15 h, a vegetação contribuiu com uma leve melhora na sensação térmica de acordo com o índice de PMV quando comparado as áreas abaixo das árvores e as áreas ao redor. Porém como observado na Praça da Estação, a área arborizada é insuficiente para promover uma redução do calor extremo sobretudo das tardes de verão

Conclui-se também que há relevância de se compreender, coletar e organizar os parâmetros climáticos para a simulação computacional microclimática. Deve-se citar que os parâmetros subjetivos dos cenários não foram considerados, por exemplo, idade e sexo e também, as limitações com relação ao banco de dados do software utilizado ENVI-met.

O trabalho abre espaço para novas pesquisas considerando outros parâmetros como a variação da ventilação do ar (m/s) ou a inserção de outra estratégia bioclimática ou até mesmo novos arranjos de vegetação. Dessa forma, seria possível desenvolver novos cenários e discussões.

Por fim, destaca-se a relevância da compreensão do sítio e das condicionantes ambientais - implantação da praça com relação a orientação solar, a arborização, a escolha dos materiais superficiais e o ambiente construído - como elementos, quando previstos, são adequados ao contexto microclimático local, promovendo áreas de qualidade ao usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V. De. Contribuições das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP. [s. l.], p. 135, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/258632>

ASSIS, D. UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DÉBORA COUTO DE ASSIS JUIZ DE FORA - MG JUIZ DE FORA- MG. [s. l.], 2016.

ASSIS, E. S. De. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**, [s. l.], p. 92–101, 2005.

ÁVILA, L. F. et al. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. [s. l.], n. 1, p. 247–256, 2014.

C. C. M. DE PAULA, I. J. A. CALLEJAS, L. C. DURANTE, K. A. C. R. e D. B. S. PAVIMENTO POROSO E VEGETAÇÃO: ESTRATÉGIAS PARA MELHORIA MICROCLIMÁTICA EM ÁREAS URBANAS. [s. l.], 2010.

CASTELO BRANCO, L. M. B. MICROCLIMAS URBANOS NO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA : O Caso da Superquadra 108 Sul MICROCLIMAS URBANOS NO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA : O Caso da Superquadra 108 Sul. [s. l.], 2009. a.

CASTELO BRANCO, L. M. B. MICROCLIMAS URBANOS NO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA : O Caso da Superquadra 108 Sul MICROCLIMAS URBANOS NO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA : O Caso da Superquadra 108 Sul. [s. l.], 2009. b.

CASTRO, L E; LABAKI, L. Estudo de parâmetros de conforto térmico em áreas inseridas no ambiente urbano , Campinas. **Area**, [s. l.], 1999.

DUARTE, D. H. S. O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano. Contribuições a uma abordagem intersdisciplinar. [s. l.], p. 167, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-11052016-104104/>

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras. [s. l.], p. 1–345, 1998.

KATZSCHNER, L. Estudos de clima urbano como ferramentas para Planejamento Urbano e Arquitetura. **IV ENCONTRO NACIONAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 49-48. 1997. Anais. Salvador: FAUFBA/LACAM - ANTAC, 1997.**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–9, 1997.

MINAS, D. EFEITOS DA VEGETAÇÃO VIÁRIA NO CONFORTO TÉRMICO. [s. l.], n. 1, p. 367–376, 2017.

NAKATA, C. M. Comportamento do Pedestre e Ambiente Térmico Urbano. [s. l.], p. 132, 2010.

PEZZUTO, C. C. et al. Efeito da vegetação na variação da temperatura urbana em diferentes climas : Estudo de Caso na cidade de Campinas e Medonza. **XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**, [s. l.], n. 1, p. 1–10, 2015.

ROMERO, M. A. B. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. [s. l.], p. 66, 2000.

ROMERO, M. A. B. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. In: **Cap. 10 e 11**. [s.l: s.n.].

SHINZATO, P. O impacto da vegetação nos microclimas urbanos. **Dissertação**, [s. l.], p. 27, 2009. Disponível em: <https://onlinecursosgratuitos.com/9-apostilas-de-jardinagem-e-paisagismo-em-pdf-para-baixar/>

SILVA, B.; SILVA, C.F. ; SANTOS, T. Id 716: protocolo de simulação computacional do microclima urbano para a cidade de lisboa, portugal 97 1. [s. l.], p. 1113–1120, 2018.

SILVA, C. F. e. Caminhos Bioclimáticos: Desempenho Ambiental De Vias Públicas Na Cidade De Teresina - Pi. **Vasa**, [s. l.], 2009. Disponível em: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>

SILVA, C. F. e; ROMERO, M. A. B. Conforto Permeável : Avaliação Computacional Do Desempenho Térmico De Cavidades Urbanas Do Distrito Federal. **Encontro Latinoamericano De Edificações E Comunidades Sustentáveis Conforto**, [s. l.], v. 42, n. 1, 2013.

ZHAO, Q.; SAILOR, D. J.; WENTZ, E. A. Impact of tree locations and arrangements on outdoor microclimates and human thermal comfort in an urban residential environment. **Urban Forestry and Urban Greening**, [s. l.], v. 32, n. April, p. 81–91, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>