



## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA NO MICROCLIMA: ESTUDO DE CASO NA PRAÇA DA LIBERDADE, BELO HORIZONTE, MG**

**Caio Guimarães Zaidan (1); Eleonora Sad de Assis (2); Marina Silva Seabra da Rocha (3); Beatriz Fernandes Barros (4); Jacqueline Alves Vilela (5); Andrea Juliana de Oliveira Sá (6); Camila Ribeiro (7); Cláudia Rocha Guidi (8); Thyago Phellip França Freitas (9); Veronica Beck (10); Lutz Katzschner (11)**

(1) Arquiteto, caiozaidan@hotmail.com

(2) D. Sc., Professora do Dep. de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo (UFMG), elsad@ufmg.br

(3) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (UFMG), marinasseabra@gmail.com

(4) Bióloga, biamarazul@gmail.com

(5) Arquiteta, M. Sc. em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, arqjacvilela@gmail.com

(6) Arquiteta, Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído, andreajuliana@ig.com.br

(7) Arquiteta, camilaribeiroarquiteta@gmail.com

(8) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (UFMG), claudiarguidi@gmail.com

(9) Arquiteto, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (UFMG), thyagoffreitas@gmail.com

(10) Advogada, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Direito (UERJ), veronicabeck@terra.com.br

(11) D. Sc., Professor da Faculdade de Arquitetura, Planejamento Urbano e da Paisagem, Universidade de Kassel, Alemanha, katzschn@uni-kassel.de

Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura (EA-UFMG), Rua Paraíba, 697, 30130-141, Belo Horizonte - MG, Tel. (31)3409-8823

### **RESUMO**

No desenvolvimento de projetos na escala de desenho urbano é geralmente difícil avaliar se a(s) solução(ões) atingirá(ão) os requisitos de conforto térmico dos usuários, pela falta de processos analíticos objetivos. Desse modo, os projetistas têm poucos critérios ambientais para a tomada de decisão, ou as avaliações, mesmo quando sistematizadas, apoiam-se somente em categorias subjetivas. Este estudo mostra um processo mais objetivo de análise de um recinto urbano com base na integração de técnicas para a pesquisa do microclima urbano. A coleta de dados microclimáticos em transectos e a verificação das condições de sombreamento durante as medições, gerando cartogramas da variação dos dados e da sensação de conforto térmico dos pedestres, mostrou-se interessante para melhor entendimento de efeitos da morfologia de recintos urbanos. Os resultados apontam para uma tendência de ocorrer certa diversidade bioclimática em função da exposição solar de fachadas e em áreas mais abertas de um recinto urbano, bem como pelas sombras proporcionadas pelas massas vegetais e/ou pelos edifícios. O procedimento, muito simples, pode auxiliar os projetistas na análise de soluções e tomada de decisão.

Palavras-chave: clima urbano, vegetação, variáveis ambientais, desenho urbano.

### **ABSTRACT**

It is usually difficult to estimate whether a project at the urban design scale will match the thermal comfort requirements of users. This is often due to the lack of objective analytical process. Thereby urban designers have poor environmental criteria for decision-making or the evaluations are only based in subjective categories. This paper shows a more objective process for analyzing an urban precinct based on urban

climate research techniques. A better understanding of the microclimate effects of the urban morphology is achieved by collecting data in transects, checking the shade conditions during the measurements and making cartograms of the microclimate variables and thermal sensations. The results show the tendency to a certain bioclimatic variability due to the solar exposition of façades and open areas as well as the shadings provided by greenery and/or by buildings. The procedure, which is very simple, may assist urban designers in the project solution analysis and decision-making.

Key words: urban climate, vegetation, environmental variables, urban design.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dois séculos assistiu-se a um grande impulso no desenvolvimento das cidades, de tal forma que as áreas urbanas abrigam, hoje, a maior parte das atividades sociais, econômicas e culturais da humanidade. Isso trouxe fortes desdobramentos e efeitos marcantes sobre o ambiente natural e urbano.

O rápido processo de urbanização é capaz de provocar impactos sobre o clima local, originando condições atmosféricas específicas sobre a cidade. O chamado “clima urbano” é definido como um sistema que engloba o clima de um determinado espaço terrestre e sua urbanização. Possui, basicamente, três camadas. A primeira, chamada de *mesoclima* é fruto das inter-relações entre a ação ecológica natural e os fenômenos urbanos. Ela está incluída no *macroclima*, e sofre, na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos (LOMBARDO, 1985). Estes diferentes microclimas ocorrem nos recintos urbanos na escala da *camada limite ao nível das coberturas* ou *camada do “dossel” urbano* (UCL – *Urban Canopy Layer*, OKE, 1976). São causados pelas diversas características de ocupação espacial, que são, por sua vez, dadas pelo zoneamento urbano, pelo menos na chamada “cidade formal”. Outras características importantes são os tipos de material das superfícies urbanas, pois eles têm propriedades térmicas e radiativas variadas, e a ocorrência de vegetação e/ou de massas d’água significativas.

A maior parte dos estudos do clima urbano focaliza, prioritariamente, a abordagem descritiva, dispensando pouca atenção à abordagem exploratória ou de simulação de cenários futuros, com vistas a gerar subsídios para o planejamento urbano. Entende-se aqui que planejar é determinar objetivos e os meios mais eficazes de alcançá-los no futuro. Nesse processo, nada é absolutamente certo, mas deixar tudo ao sabor da incerteza pode provocar grandes prejuízos ambientais e sociais (SHOEMAKER, 1995). O Estatuto da Cidade (BRASIL, 2002) definiu, no seu artigo 2º, que a política urbana, entre outras coisas, deveria garantir o direito a cidades sustentáveis e que o planejamento do desenvolvimento das cidades deveria “evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente” (inciso IV). Porém, ainda não se produziram no país instrumentos efetivos para incorporar as questões ligadas às mudanças climáticas locais na prática do planejamento urbano.

Muitos dos problemas típicos causados pela urbanização sem planejamento também têm influência sobre o conforto térmico urbano. A desconsideração das variáveis ambientais pode trazer consequências negativas para a saúde, a qualidade de vida, as atividades sociais, econômicas e recreacionais realizadas em ambiente externo e até para o conforto termo-higrométrico interno dos edifícios (FURTADO, 1994). Devido à diversidade microclimática na UCL, Burt *et al.* (1982) recomendaram a análise dos recintos urbanos separadamente do bioclima da cidade como um todo.

A avaliação dos microclimas urbanos pode ser tratada considerando-se o conforto térmico humano como referência, de modo que a avaliação seja termo-fisiologicamente relevante. Os índices de conforto térmico humano relacionam parâmetros micrometeorológicos às sensações térmicas dos seres humanos aclimatados ao local e podem, portanto, servir como indicadores da qualidade ambiental de um determinado recinto urbano, até mesmo em situação de projeto.

O índice de conforto térmico denominado PET (Temperatura Fisiológica Equivalente) representa a temperatura do ar em um ambiente interno na qual o balanço térmico do corpo humano, em condições de metabolismo total de 80W e resistência térmica da roupa de 0,9 clo, é mantido com as temperaturas do centro do corpo e da pele iguais àquelas existentes sob as condições que estão sendo avaliadas no exterior. Sua unidade (°C) torna-o facilmente compreensível para os planejadores urbanos e regionais (MATZARAKIS *et al.*, 1999<sup>1</sup> *apud* HIRASHIMA, 2010). Para o cálculo do PET é necessário medir os parâmetros meteorológicos importantes para o balanço energético do corpo humano: temperatura do ar, pressão de vapor, velocidade do ar e temperatura radiante média do ambiente. Os resultados do PET podem ser apresentados na forma de mapas bioclimáticos ou gráficos, para que se possa entender a distribuição espacial

---

<sup>1</sup> MATZARAKIS, A.; MAYER, H. IZIOMON, M. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 76-84, out. 1999.

de seus valores auxiliando nas decisões de planejamento urbano. Hirashima *et al.* (2011) aperfeiçoaram a calibração deste índice para a cidade de Belo Horizonte, resultando nos valores apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Intervalos do índice de conforto térmico PET para diferentes graus de percepção térmica encontrados em Belo Horizonte

Percepção Térmica	PET (°C)
Com frio	Abaixo de 12,0
Com pouco frio	12,0 a 15,5
Confortável	15,5 a 30,5
Com pouco calor	30,5 a 31,0
Com calor	31,0 a 35,5
Com muito calor	Acima de 35,5

Fonte: Hirashima *et al.*, 2011.

Quando se busca o conforto térmico humano em áreas urbanas é importante destacar a qualidade do sombreamento pela vegetação arbórea presente em determinado local. A volumetria das cidades forma *canyons* urbanos, mas as áreas abertas relativas a praças públicas ou parques urbanos promovem um sombreamento diferenciado das sombras das edificações: a folhagem das árvores absorve grande parte da radiação vinda do sol, que é consumida pelo processo de fotossíntese. Isso impede que a radiação chegue à superfície e, com a sua reflexão, aqueça a camada de ar mais próxima. Além disso, a vegetação amplia as taxas de evaporação e reduz a velocidade local dos ventos. Assim, as massas vegetais têm papel importante no microclima urbano e na qualidade do ambiente construído porque os controles que exercem estão diretamente relacionados com o conforto térmico em espaços externos (LABAKI e SANTOS, 1996; LABAKI *et al.*, 2011).

Tal sombreamento vai depender das características da vegetação implantada no local, como altura, variação da transmitância da radiação solar ao longo do ano e das dimensões das copas das árvores. É importante a escolha de espécies adequadas, não apenas do ponto de vista paisagístico, como também quanto ao potencial da espécie para promover o conforto térmico. Conforme Bueno (1998), o sombreamento pela vegetação em áreas urbanas pode, em geral, atenuar de forma relevante a radiação solar, especialmente em praças públicas espalhadas pela cidade. Seu estudo comprovou, por exemplo, que espécies como o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), a sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), e a magnólia (*Michelia champaca*) promovem, respectivamente, cerca de 75,6%, 88,5% e 82,4% de atenuação da radiação solar incidente.

Alguns pesquisadores observam ainda que, em contrapartida ao conhecimento que se tem do papel da vegetação no controle dos extremos ambientais urbanos, a informação existente sobre a transmissão da radiação solar através das árvores – sejam isoladas ou agrupadas – ainda é muito incipiente (PEIXOTO *et al.*, 1995; BUENO, 1998; LABAKI *et al.*, 2011). Isso serve de motivação para trabalhos que quantifiquem a contribuição da arborização urbana no conforto térmico, levando em consideração o controle da radiação solar pela vegetação e como esta influencia a temperatura e a umidade local do ar.

## 2. OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo principal analisar a adequação ambiental de um recinto urbano, no caso a Praça da Liberdade em Belo Horizonte, MG, a partir da influência das massas vegetais e dos edifícios do entorno, aplicando técnicas da abordagem do clima urbano.

## 3. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, Praça da Liberdade, está situada na região centro-sul da cidade de Belo Horizonte, MG, a 895 metros de altura em relação ao nível do mar. O clima regional é CWa, de acordo com a classificação de Köppen, porém estudos sobre a cidade mostram uma mudança para condições de temperaturas mais elevadas durante à noite, denunciando a ocorrência de ilha de calor (RIBEIRO e MÓL, 1985).

A Praça da Liberdade, com 195m de comprimento por 120m de largura (2,34 ha), é delimitada por edifícios que remontam à época da fundação da cidade, no final do século XIX, como o Palácio da Liberdade e as Secretarias de Governo do Estado (atuais CCBB – Centro Cultural Banco do Brasil, Museu das Minas e do Metal e o Memorial Minas-Vale), por edifícios modernistas, como a Biblioteca Pública Luiz de Bessa e o Edifício Niemeyer, e o pós-moderno Museu de Mineralogia (figura 1). O conjunto arquitetônico e

paisagístico da Praça foi tombado pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico em 1977.

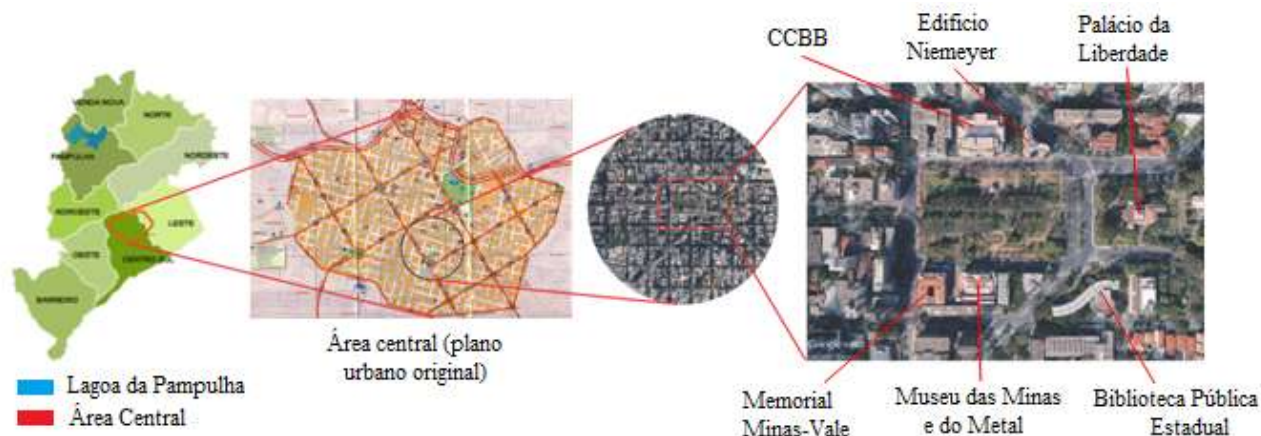


Figura 1 – Esquema de localização da Praça da Liberdade no contexto urbano de Belo Horizonte, MG.

Os jardins que compõem o paisagismo da Praça foram concluídos em 1905, após a inauguração da cidade, e seu projeto inicial, do arquiteto paisagista Paul Villon, seguia o estilo inglês (figura 2 à esquerda). Por ocasião da visita dos reis belgas Elisabeth e Albert I, em 1920, a Praça sofreu uma reforma para adaptá-la ao gosto belga, de forte influência francesa, ganhando o traçado geométrico que vigora até os dias atuais, inspirado nos jardins do Palácio de Versailles. O projeto ficou a cargo da famosa empresa paulista Dierberger e Cia., quando foram incorporados terraços, espelhos d'água com fontes, esculturas e diversos tipos de vegetação (figura 2 à direita).



Figura 2 - Praça da Liberdade: à esquerda em 1910, projeto de Paul Villon, de influência inglesa; à direita, após a reforma em 1920, com forte influência do paisagismo francês. Fonte: Acervo do Museu Histórico Abílio Barreto.

Palmeiras imperiais (*Roystonea oleracea*) foram escolhidas para formar uma alameda no centro da Praça, ligando a avenida João Pinheiro ao Palácio da Liberdade. Há também árvores de porte médio, arbustos, gramíneas e várias espécies floríferas. O traçado da Praça (figura 3, à esquerda), assinado pelo arquiteto paisagista Reginaldo Dierberger, utilizou a arte de topiaria (ROBBA e MACEDO, 2002) e foi restaurado em 1991.

Na Praça são encontradas algumas espécies arbóreas chamadas de pioneiras, cujo crescimento rápido proporciona a formação de sombras em curto período de tempo, tais como: bouganvilha (*Bougainvillea glabra*), carnaúba (*Copernicia prunifera*) e ipê-roxo bola (*Handroanthus impetiginosa*). Há, ainda, ipês-amarelos (*Tabebuia chrysotricha*), tipuanas (*Tipuana tipu*) e ciprestes (*Cupressus sp.*). Dos lados opostos das ruas lindeiras não há arborização, como se pode ver na foto da figura 3, à direita.

A figura 4 mostra as condições de sombreamento da vegetação e “filtragem” da luz solar durante o trabalho de campo, no dia 26 de outubro de 2016, no período de 16:00 às 16:30.



Figura 3 – À esquerda, croqui do projeto paisagístico da Praça da Liberdade (modificado de ROBBA e MACEDO, 2002) e à direita, vista aérea da Praça da Liberdade no mesmo sentido do croqui, novembro de 2013, foto de Renato Cobucci.



Figura 4 – Características da vegetação e suas sombras na Praça da Liberdade. Fotos: Beatriz F. Barros, outubro de 2016.

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia adotada para este estudo baseia-se em Katzschner (1997). Esse autor desenvolveu uma metodologia de representação cartográfica das características ambientais locais por meio de mapas que integram quantitativa e qualitativamente as informações sobre topografia, uso e ocupação do solo, rugosidade do tecido urbano, vegetação, temperatura do ar e ventilação.

As variáveis coletadas no levantamento de campo para serem utilizadas neste tipo de estudo são aquelas que, direta ou indiretamente, influenciam o balanço térmico do corpo humano, ou são necessárias ao cálculo do PET. Assim, foram coletados, no dia 26 de outubro de 2016, dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos, em 33 pontos distribuídos na Praça em 3 transectos (cada um deles contendo 11 pontos), um deles transversal e os outros dois longitudinais (figura 5).

Os dados foram coletados entre 16:00 e 16:30, em dia de poucas nuvens e céu claro, com períodos de sol pleno e sombra, sempre com os sensores a aproximadamente 1,80 m de altura do piso. Foram utilizados os seguintes equipamentos: termo-higro-anemômetro-luxímetro, marca Akso, modelo LM 8000; termo-higro-anemômetro-luxímetro, marca Instrutherm, modelo HT-260; termo-higro-anemômetro de fio quente, marca Alnor, modelo Compuflow.

Após a coleta de dados, os mesmos foram tabulados e inseridos no programa de geoprocessamento Surfer®, gerando isolinhas das variáveis. A interpolação destes dados foi feita através do método geoestatístico *kriging*, considerado adequado para o processamento das variáveis em questão (ASSIS, 2010, p. 57).

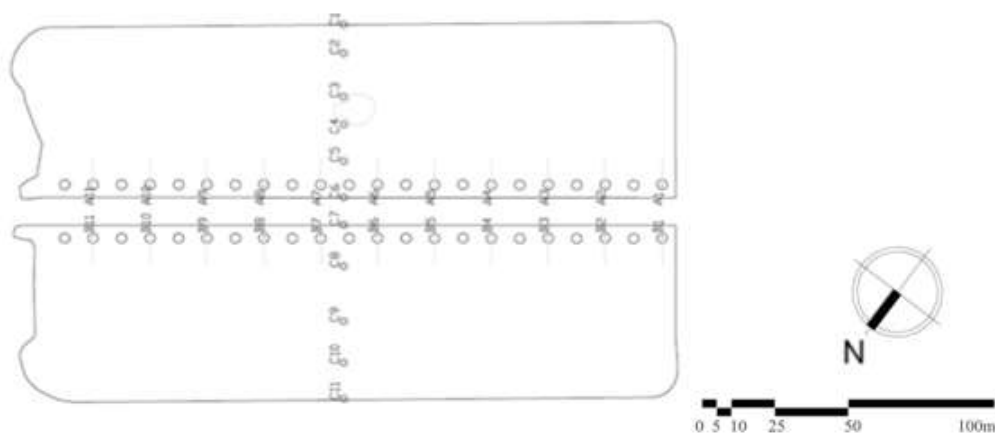


Figura 5 – Esquema de distribuição dos transectos e pontos de medição na Praça da Liberdade.

Foi também utilizado o *software* SketchUp® para a elaboração do modelo tridimensional da Praça da Liberdade, com a volumetria dos edifícios do entorno e as árvores internas à Praça, consideradas em suas respectivas alturas e tipos de copas. Com este modelo foi possível verificar a projeção das sombras no mesmo dia e horários dos dados coletados em campo.

Para estimar a sensação de conforto térmico humano no nível do pedestre, foi utilizado o *software* Rayman®, para o cálculo do índice de conforto PET. Os dados de entrada foram: altitude (895m), velocidade média dos ventos (0,5 m/s), radiação solar global (102,5 W/m<sup>2</sup>), temperatura e umidade do ar. Os dados de radiação solar foram obtidos na Estação Automática de Belo Horizonte (Cercadinho) para o horário compreendido entre 16 e 17 horas do dia 26 de outubro de 2016. O restante dos dados solicitados pelo programa foi mantido *default*. Com os valores do PET para cada ponto foi gerado outro mapa no *software* Surfer®, relativo às condições de conforto térmico estimadas no período das medições.

A partir dos mapas gerados foi possível comparar a variação termo-higrométrica, a distribuição do vento e a resposta estimada de conforto térmico dos pedestres com as projeções de sombra e as áreas expostas à radiação solar neste recinto urbano.

## 5. RESULTADOS

As figuras 6 e 7 mostram os cartogramas de temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente. Percebe-se que a conformação espacial da Praça gera áreas distintas do ponto de vista microclimático, apesar de sua aparente simetria.

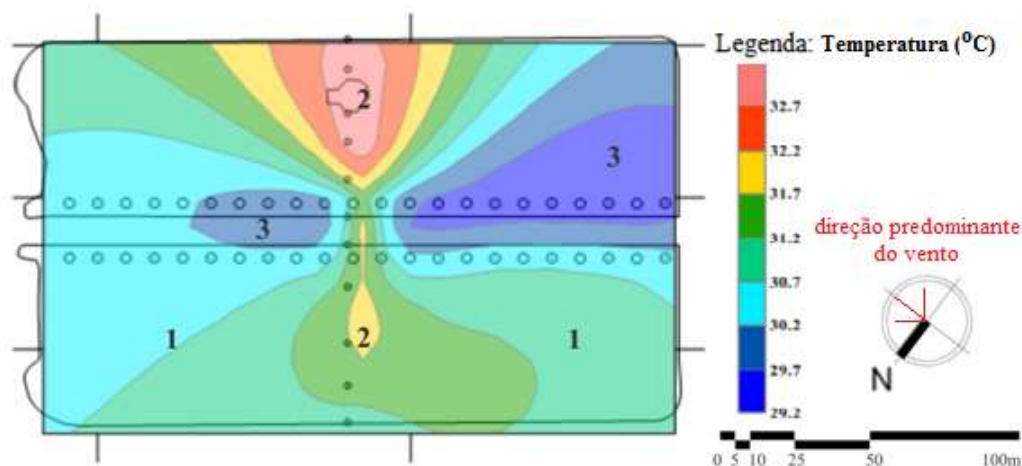


Figura 6 – Cartograma de Temperatura do ar (°C).

As medições ocorridas ao longo do eixo longitudinal mostram a amenização das condições de temperatura devida, principalmente, ao sombreamento gerado pelas palmeiras imperiais e outras espécies arbóreas de médio e grande portes (ver figuras 3 e 4). O acesso ao sol do lado da avenida João Pinheiro (à esquerda nas figuras 6 e 7) é maior no período da tarde e esta área é pouco sombreada pelas edificações e vegetação no horário da medição, mostrando temperaturas relativamente mais altas (área 1) do que as do lado oposto, que dá para o Palácio da Liberdade (área 3). Além disso, percebe-se no eixo transversal um

aumento sensível das temperaturas (área 2), que será discutido adiante.

Houve pouca diferenciação nos resultados obtidos para a umidade relativa (figura 7), face às características do dia do trabalho de campo (tempo seco, pouca nebulosidade) e o horário de coleta de dados, próximo ao final da tarde. No entanto, o aumento da umidade relativa registrada no lado da avenida João Pinheiro, de aproximadamente 40% para 45% deve-se à localização de uma das fontes, que estava ligada no momento das medições (ver figura 4).

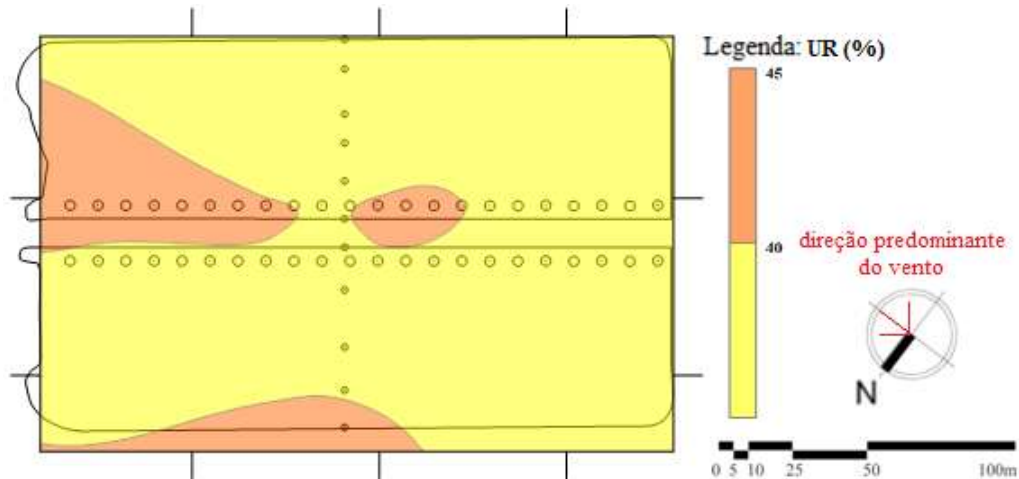


Figura 7 – Cartograma de umidade relativa do ar (%).

No cartograma de velocidade média dos ventos (figura 8), percebe-se a baixa incidência de ventilação no local. A circulação do ar com direção dominante leste, e em menor proporção sudeste, é dificultada pelo entorno imediato onde há diversos edifícios fazendo barreira aos ventos, além da própria vegetação.

A velocidade média dos ventos em Belo Horizonte já é naturalmente baixa, desse modo, a pesquisa na UCL fica limitada por instrumentos que não conseguem medir velocidades menores do que 0,5 m/s. O uso do anemômetro de fio quente, geralmente reservado para a medição das baixas velocidades do ar em ambientes interiores, mostrou-se útil para o registro da velocidade do ar de brisas muito fracas, entretanto sensíveis, durante o trabalho de campo. A área central da Praça, mais aberta, e a conformação espacial próximo à via interna delimitada pelas palmeiras imperiais parecem ser os aspectos responsáveis pela diferenciação nas medições dessa variável.

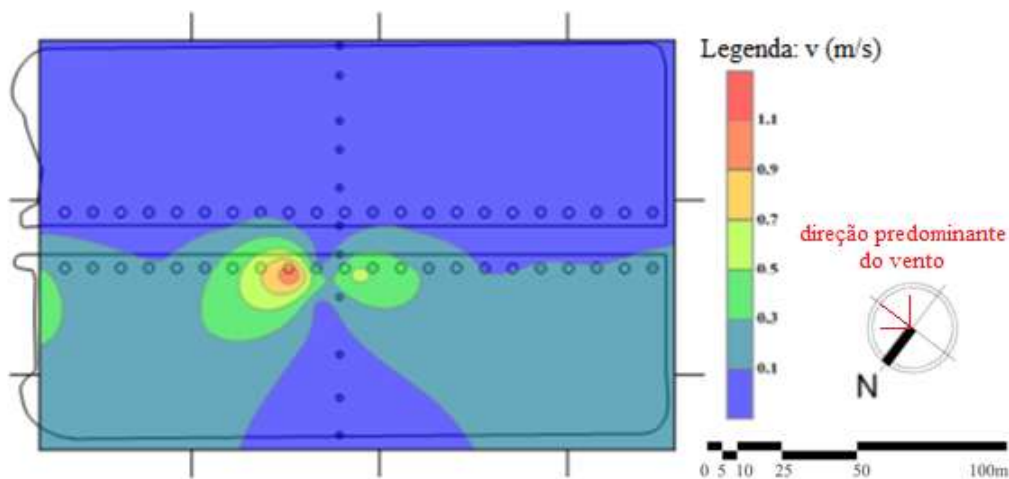


Figura 8 – Cartograma de velocidade média dos ventos.

A partir desses resultados, pôde-se identificar a ocorrência de três áreas distintas, que possuem características semelhantes de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos (ver as três áreas indicadas na figura 6). Estas áreas registraram uma amplitude média de temperatura do ar de 2,7°C e de 3,1°C de PET (Tabela 2). Pode-se considerar tal variação alta, apesar da aparente simetria da composição da Praça, e de ser esta um recorte urbano bem pequeno diante do tamanho da cidade. Observa-se que são diversos os fatores que geraram tais condições microclimáticas diferentes: o efeito dos largos, provocando

áreas mais e menos aquecidas, áreas sombreadas, vegetação de diversos portes, espelhos d'água, o entorno imediato, etc.

Tabela 2 - Médias estatísticas das variáveis microclimáticas

Área	T (°C)	UR (%)	v (m/s)	PET (°C)
1	30,5	43,7	0,26	29,3
2	32,2	42,2	0,0	31,0
3	29,5	44,7	0,0	27,9

Voltando à variação local das temperaturas do ar, foi interessante observar sua relação com as áreas sombreadas e ensolaradas, a partir de uma perspectiva tridimensional. De fato, num primeiro momento, seria difícil explicar a concentração de temperaturas mais altas na área 2 (figura 6), pois embora mais aberta, esta área estava sombreada pela vegetação no horário das medições, como mostra a simulação da figura 9. Porém, como se pode perceber na mesma figura pela projeção das sombras dos edifícios, as fachadas lindeiras à área 2 estavam no mesmo horário ensolaradas e sem barreiras à reflexão de parte dessa radiação solar pelas paredes relativamente claras dos edifícios, pois, como já comentado (figura 3), os passeios no entorno da Praça não têm arborização. A figura 10 mostra com mais clareza esta situação, pela sobreposição do cartograma de temperatura do ar no resultado de simulação do sombreamento na Praça pela vegetação e seu entorno edificado.

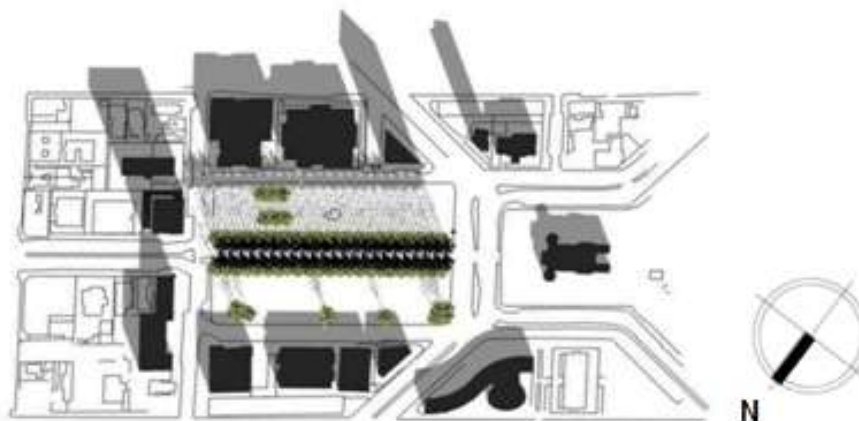


Figura 9 – Resultado de simulação do sombreamento do entorno da Praça no horário de 16:30.

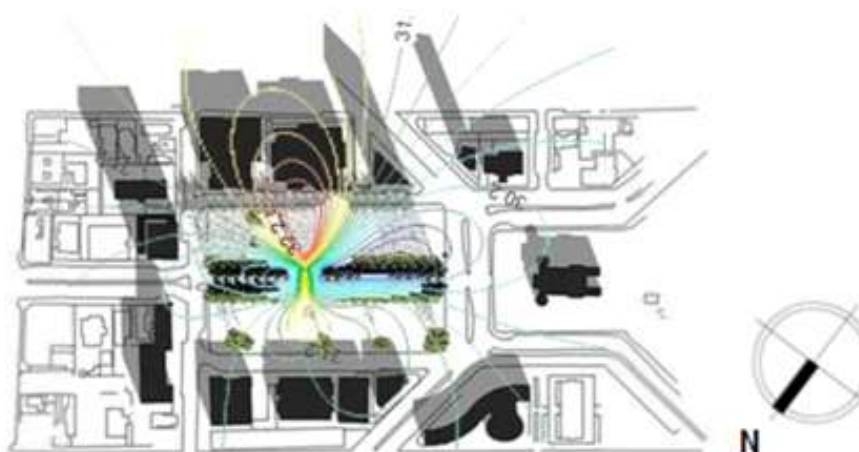


Figura 10 - Sobreposição do cartograma de temperatura do ar sobre as sombras projetadas no horário de 16:30.

Já no caso da área 1, embora naquele momento mais exposta à incidência de radiação solar, as fachadas do entorno imediato não apenas estavam em sombra própria, como também projetavam alguma sombra na Praça. Essa área apresentou temperaturas mais baixas do que a área 2, sombreada. Vê-se na figura 10 que a área 3, onde ocorreram as temperaturas mais baixas, é resultado direto do sombreamento intenso da



vegetação de porte arbóreo da alameda central da Praça.

É possível, portanto, que haja algum efeito da reflexão solar das fachadas do entorno, no caso, principalmente da fachada principal do edifício do CCBB, sobre as temperaturas do ar na área 2, no período de medições. Além disso, poderia também estar ocorrendo algum aquecimento do ar naquele momento, por irradiação do eventual acúmulo de calor na superfície do piso desta área durante todo o dia. Isto não pôde, infelizmente, ser verificado, devido à falta de um termômetro infravermelho para registrar as temperaturas superficiais durante o trabalho de campo.

A interpolação da estimativa da temperatura fisiológica equivalente (PET) na área da Praça (figura 11) mostra também características de diversidade em termos de sensação térmica. Verifica-se que a sensação de conforto do usuário está provavelmente ligada ao sombreamento devido à vegetação: na área 3, estima-se que a maior parte dos usuários estariam confortáveis, pois os valores de PET foram menores que 30,5°C (Tabela 1). Nos locais mais expostos à radiação solar direta, com na área 2 e em parte da área 1, a sensação do usuário seria de desconforto (pouco calor), segundo a calibração feita por Hirashima *et al.* (2011), mesmo em alguns trechos sob a sombra das edificações.

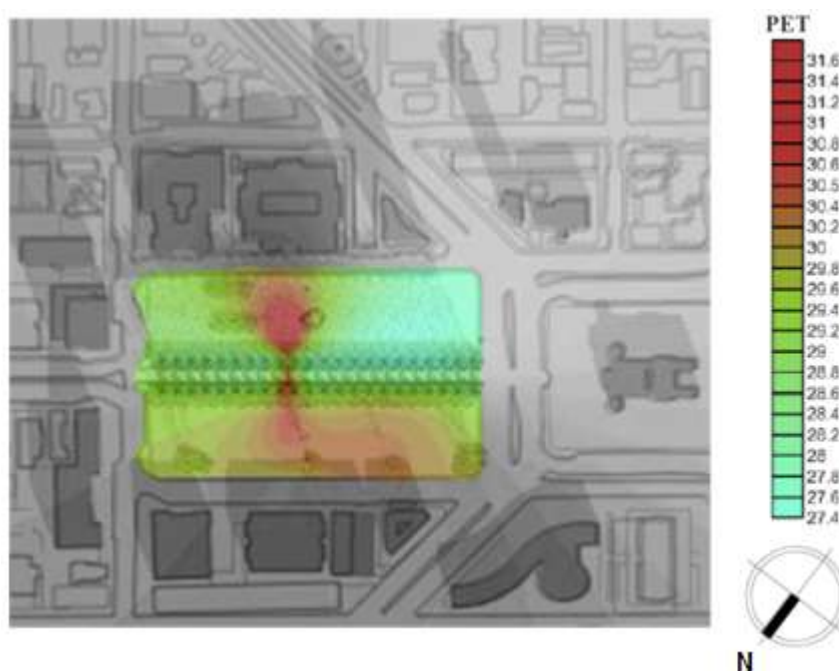


Figura 11 - Cartograma de sobreposição do PET e sombras no horário das 16:30.

Observa-se, assim, ambiências principais decorrentes do desenho urbano deste recinto e de sua exposição aos elementos atmosféricos, que geram diversidade microclimática e de sensações térmicas, consideradas desejáveis e positivas (STEAMERS e KEANE, 2004), até mesmo quando há situações de algum desconforto térmico, pois usuários com características e atividades variadas (crianças e jovens, adultos, idosos) podem vivenciar um ambiente mais dinâmico e sensorialmente mais rico.

## 6. CONCLUSÕES

Buscando analisar a adequação ambiental de um recinto urbano, do ponto de vista termo-higrométrico, este trabalho mostrou que pode haver uma relativa diversidade microclimática num recinto urbano pequeno, se comparado ao tamanho da cidade, que não é geralmente perceptível em abordagens de escalas mais largas. Entretanto, é essa a escala sensível ao usuário pedestre e onde decisões de desenho urbano podem de fato afetar a qualidade físico-ambiental da cidade. As técnicas aplicadas ajudaram a entender melhor os resultados encontrados e mostram a propriedade de se fazer as análises microclimáticas numa abordagem tridimensional e integrada, observando não apenas as influências dos revestimentos urbanos nos dados medidos, mas também as condições de insolação nas “paredes” do recinto e de incidência de vento, que podem alterar os registros de temperatura e umidade no local.

Observou-se claramente que a ambiência de um recinto urbano é função não apenas do desenho do espaço, mas também da sua inserção microclimática. Diferentes condições de conforto num espaço podem resultar da influência do entorno urbano, como áreas e fachadas ensolaradas, etc., apesar do desenho desse espaço ter simetria, como no caso da Praça da Liberdade.

É possível que as massas vegetais sejam capazes de interferir na sensação de conforto térmico humano, considerando a estimativa das condições de conforto para usuários aclimatados, principalmente por causa do sombreamento das áreas e da proteção contra a radiação solar direta nas superfícies urbanas. Nesse trabalho, como também, anteriormente, em Hirashima (2010), não foi possível perceber se há algum efeito da umidade do ar associada à vegetação sobre a resposta de conforto térmico humano.

Apesar do trabalho de campo ter sido feito num dia especialmente quente, em horários muito próximos ao final da tarde, teria sido importante coletar dados durante a manhã e à noite, bem como expandir o estudo para outras estações do ano para uma maior amostragem das variáveis e dos elementos urbanos envolvidos, o que deverá ser feito futuramente neste caso de estudo.

Recomenda-se que, além das praças e parques urbanos, a arborização viária seja também estimulada por meio de planejamento e legislação específica, como os planos de arborização urbana, evitando-se o plantio de simples gramados, como tem acontecido sistematicamente nas operações viárias urbanas de médio e grande portes na maior parte das nossas cidades. Os objetivos de dar relevo ao adensamento da arborização são os de aumentar a projeção de sombras qualificadas nos recintos urbanos, ou seja, aumentar a área de controle seletivo da radiação solar incidente (pois há espécies vegetais caducifólias que podem ser usadas para permitir a insolação em parte do ano, onde for conveniente); aumentar a capacidade de filtragem de material particulado do ar (que se deposita nas folhas, galhos e troncos); aumentar a capacidade de infiltração de água no solo e de sustentação da fauna urbana. No caso específico da Praça da Liberdade, sugere-se o plantio de árvores também nos passeios do entorno, para que os efeitos da radiação direta e indireta do sol sejam amenizados no interior da praça.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- BRASIL. **Lei no. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade e Legislação Correlata**. 2. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2002.
- BUENO, L. C. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Dissertação (Mestrado em Saneamento) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- BURT, J. E.; O'ROURKE, P. A.; TERJUNG, W. H. The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature: Man in an urban environment. **International Journal of Biometeorology**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 25-35, mar. 1982.
- FURTADO, A. E. **Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.
- HIRASHIMA, S. Q. S. **Calibração do índice de conforto térmico temperatura fisiológica equivalente (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S.; FERREIRA, D. G. Calibração do índice de conforto térmico Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte – MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., Búzios, 2011. **Anais...** Rio de Janeiro: FAU-UFRJ/ANTAC, 2011.
- KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Salvador, 1997. **Anais...** Salvador: FAU-UFBA/ANTAC, 1997. p. 49-58.
- LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011. Disponível em: <[http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum\\_patrimonio/article/view/12](http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/view/12)>. Acesso em nov. 2016.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. **Theoretical and Applied Climatology**, [S.l.], v. 38, n. 1, p. 43-49, mar. 1987.
- OKE, T. R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. **Atmosphere**, [S.l.], v. 14, n. 4, p. 268-277, mar. 1976. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00046973.1976.9648422>>. Acesso em nov. 2016.
- PEIXOTO, M. C.; LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F. Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Rio de Janeiro, 1995. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 1995. p. 629-634.
- RIBEIRO, C. M.; MÓL, C. R. Avaliação das mudanças climáticas em Belo Horizonte: análise dos parâmetros temperatura e precipitação. In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, 1., 1985, Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte: IGC/UFMG, 1985. p. 67-77.
- ROBBA, F.; MACEDO, S. S. **Praças Brasileiras**. São Paulo: EDUSP, 2002. (Paisagismo: Parques e Praças).
- SHOEMAKER, P. Usando cenários para refinar o pensamento estratégico na empresa. In: AMANA KEY. **Management Update: a vanguarda do conhecimento em administração**. São Paulo: Publicações Amana, jul/ago/set 1995. Suplemento Exclusivo.
- STEEMERS, K.; STEANE, M. A. (ed.), **Environmental Diversity in Architecture**. London: Spon Press, 2004.