



PLUMA DE UMIDADE SOBRE ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS

Érico Masiero ⁽¹⁾; Léa Cristina Lucas de Souza ⁽²⁾

(1) Professor Doutor, Universidade Federal de São Carlos ericomasiero@yahoo.com.br,

(2) Professora Doutora, Universidade Federal de São Carlos leacrsit@ufscar.br

RESUMO

A proposta deste trabalho é detectar o efeito do resfriamento decorrente da influência de um corpo d'água sobre 7 diferentes Zonas Climáticas Locais (LCZ). Para tanto, foi mapeado o movimento horizontal da pluma de umidade causada pela evaporação de uma represa, de acordo com a atuação dos ventos típicos da região sobre o tecido urbano. A metodologia consistiu em uma campanha de coleta de dados micrometeorológicos, para avaliar especificamente o comportamento da variação da temperatura e da umidade absoluta em áreas próximas ao corpo d'água e ambientes urbanos na área central de São José do Rio Preto, SP. O estudo foi desenvolvido em três etapas, sendo, a caracterização física das LCZs, a definição dos procedimentos de coleta de dados meso e microclimáticos e a interpretação dos resultados através do mapeamento das variáveis medidas nos locais. A temperatura do ar registrada próxima do corpo d'água apresentou valores inferiores com uma amplitude térmica mais estável em relação aos ambientes mais urbanizados. Conforme o ambiente se torna mais árido e mais denso, uma maior amplitude térmica pode ser observada, no entanto, a penetração da umidade nos cânions urbanos influencia significativamente a temperatura. Este fato mostra que há a necessidade de se determinar estratégias de ocupação, que aproveitem os recursos microclimáticos, para melhorar a qualidade térmica do ambiente urbano, principalmente em cidades situadas em climas continentais predominantemente quentes e secos.

Palavras chaves: Zonas Climáticas Locais, Umidade Urbana, Corpos d'água, aquecimento urbano, evaporação urbana

ABSTRACT

The purpose of this research is to detect the cooling effects of water body evaporation in seven different Local Climate Zones in a tropical area. We search to map the moving behavior of humidity plume caused by the evaporation of an urban lake as the performance of the typical regional winds through the urban fabric. The methodology consisted in a microclimate data collection campaign aimed to evaluate more specifically the typical behavior of temperature and absolute humidity in areas near the water body and in environments of the urban center of São Jose do Rio Preto City, in Brazil. The study was based in three stages through the physical characterization of the LCZs conditions, the definition of data collection procedures with the meso climate analysis and the interpretation of data by mapping the local measured variables. The temperature range next to the water surface has registered lower values and as the environment becomes more arid and denser, a higher temperature range could be observed. This fact highlights the need to determinate occupation strategies that may take advantages from the microclimates to improve the thermal quality of the built environment in cities located at continental regions, predominantly warm and dry weather.

Key words: Local Climates Zones, Urban Humidity, Water Bodies, Urban Warming, Urban Evaporation

1. INTRODUÇÃO

As diversas formas de ocupação do território podem influenciar padrões de comportamento atmosférico, atuando principalmente na alteração dos índices de temperatura, umidade do ar e dispersão de poluentes.

Represas localizadas em áreas urbanas, muitas vezes, contribuem para melhorar a qualidade de vida dos moradores, não só por criarem áreas verdes permeáveis às águas pluviais às suas margens, mas também por favorecerem as condições de lazer e conforto da população.

Os efeitos provocados pela evaporação de corpos d'água podem influenciar significativamente o clima urbano, embora nem sempre os efeitos termodinâmicos sejam avaliados previamente em propostas de intervenção urbana. Segundo Mills et al. (2010) as condições climáticas locais pouco são consideradas em intervenções urbanas, ou pelo fato de não existirem informações meteorológicas suficientes e disponíveis, ou pela falta de integração entre pesquisadores e planejadores. O mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, (2014), por exemplo, aponta para uma escassez de informações sobre as áreas urbanas, o que torna ainda mais necessário o desenvolvimento do conhecimento sobre efeitos de tais intervenções na qualidade do ambiente térmico nas cidades.

Alterações climáticas locais nos diversos espaços urbanos estão relacionadas às transformações dos fluxos de energia, as quais são influenciadas pela morfologia do sítio, pelas propriedades térmicas dos materiais das superfícies construídas e pela produção antropogênica de calor (ASSIS, 2006). Em geral, o ambiente urbano apresenta valores mais elevados de temperaturas e de umidade que o ambiente rural, embora Kuttler et al. (2007), analisando as diferenças de umidade entre ambiente rural e urbano na cidade de Krefeld, na Alemanha, indicam que o ambiente urbano pode ser mais úmido que o ambiente rural, dependendo do tipo de ocupação.

Em princípio, conforme a água retira calor latente do ar, ocorre a evaporação, a qual tende a resfriar as superfícies ao seu redor. Por sua vez, o ar fica mais leve quando aquecido pelo contato com o solo e sobe para a atmosfera, onde é dissipado. A proporção de umidade do ar influencia na amplitude da temperatura diária, de forma que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão suas temperaturas extremas. Quanto mais úmido estiver o ar, maior será a quantidade de água em suspensão, com isso, além das partículas se aquecerem pela radiação, servem de barreira à irradiância global horizontal que atinge o solo e, à noite, ao calor dissipado pelo solo.

Para ambientes urbanos, este fenômeno ocorre da superfície terrestre para o ar acima dela. O fenômeno é influenciado pela intensidade do vento, pela rugosidade das superfícies e pela diferença de temperatura entre os meios sólido (solo), líquido (corpo d'água) ou gasoso (ar atmosférico urbano). O aquecimento proporcionado pela energia solar, ou por outras fontes, transforma a água presente nas superfícies em vapor, assim, a evaporação da água umidifica a atmosfera e se espalha pelo entorno. As trocas de calor na atmosfera ocorrem tanto no sentido vertical – convecção – como no sentido horizontal – advecção. Estes princípios fundamentam a hipótese de que a presença de massas d'água, em cidades com clima quente e seco, pode ser benéfica para o conforto térmico dos habitantes.

Os modelos de estudos sobre o ciclo da água, tanto no ambiente rural quanto no ambiente urbano, priorizam principalmente o suprimento necessário para irrigação da agricultura ou o abastecimento de áreas urbanas. Grimmond e Oke (1999) estimam que as perdas de água por evapotranspiração giram entre 40% e 80% nos balanços anuais de verão para cidades da América do Norte, sendo que poucos estudos são encontrados em outras localidades. Desta forma, as análises sobre as influências da evapotranspiração no microclima e no balanço de energia em áreas urbanas ainda são escassas.

Hathway e Sharples (2012), em um estudo conduzido em Sheffield, na Inglaterra, relatam que a variação sazonal da temperatura da água do Rio Don influencia na variação da temperatura de suas margens, de acordo com a incidência da irradiância global horizontal, com a velocidade do vento, com a distribuição da umidade e com a forma de ocupação urbana das margens deste rio. Assim, os níveis de resfriamento de seu entorno podem chegar a 1,5°C, durante a primavera, em relação a uma área distante da influência da umidade do rio, e, durante o verão, esta diferença se torna menor, devido ao aumento da temperatura da água.

Para a melhor integração entre o conhecimento de climatologia com o planejamento espacial urbano, Stewart e Oke (2012) recorrem a uma classificação da paisagem de recortes urbanos, ou seja, determinam-se unidades com características físicas e microclimáticas, que conferem à paisagem propriedades capazes de influenciar a temperatura na camada intraurbana. É considerado, portanto, que a forma da estrutura física espacial afeta o clima local através da modificação dos fluxos de ar, do transporte do calor atmosférico e de saldos de radiação de ondas curtas e longas. Assim, se torna possível classificar a paisagem, dividindo-a em estruturas com propriedades aproximadamente homogêneas, e gerar dezessete classes de protótipos semelhantes. Dez delas se referem às características dos edifícios e sete se referem à cobertura do solo. Tal critério de classificação da paisagem foi denominado de Zonas Climáticas Locais – Local Climate Zones –

LCZ. As Zonas Climáticas Locais são definidas como regiões com estrutura, materiais, atividades humanas, cobertura de superfície uniformes, que se estendem por centenas de metros horizontalmente. Cada LCZ é caracterizada de acordo com um determinado regime de temperatura sobre superfícies secas, com atmosfera calma, noites claras em áreas com relevo suave.

A principal hipótese do trabalho é a de que o efeito do resfriamento evaporativo no microclima proporcionado pela distribuição horizontal das massas de ar pode ser facilitado pela alta umidade contida no solo ou por corpos d'água situados em ambientes urbanos. Deste modo, a interação entre ventos e massas de água com as características da massa construída favorece as condições térmicas ambientais, quando ocorre aumento da evaporação local e a distribuição da umidade.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste estudo é detectar e mapear o comportamento da pluma de umidade provocada pela evaporação de uma represa urbana em 7 Zonas Climáticas Locais conforme a atuação dos ventos típicos da região de São José do Rio Preto, Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODO

O método desenvolvido busca detectar os principais fatores que influenciam a formação de microclimas decorrentes da inserção de corpos d'água em ambientes urbanos localizados em áreas continentais de clima tropical.

A campanha de coleta de dados microclimáticos avaliou mais especificamente o comportamento típico da temperatura e da umidade absoluta nas áreas próximas ao corpo d'água e em ambientes mais adensados do centro urbano. Para tanto, foi necessário desenvolver o estudo em três etapas passando pela caracterização física do ambiente urbano, a definição de procedimentos de coleta de dados com a análise climática regional e a interpretação dos dados através do mapeamento das variáveis mensuradas.

3.1 Caracterização das LCZs

Esta etapa se refere à análise morfológica dos principais sítios urbanos que são capazes de demonstrar o potencial de influência do corpo d'água no microclima e da estrutura física urbana da área de estudo.

São José do Rio Preto está localizada ao Norte do Estado de São Paulo nas coordenadas 20° 49' 11" Latitude Sul e 49° 22' 46" Longitude Oeste. A área urbana corresponde a 117,43km² e é cortada por um rio de pequeno porte, o Rio Preto que, junto com o córrego dos Macacos, formam duas represas na área urbana. A cidade está localizada em altitudes próximas aos 500 metros em relação ao nível do mar e os biomas são caracterizados pela presença marcante de Cerrados e resquícios de Mata Atlântica, segundo IBGE (2012)

Foi necessário, portanto, estabelecer recortes de áreas representativas da morfologia urbana de acordo com a metodologia de Stewart e Oke (2012), para que a escala física de abrangência espacial do estudo fosse determinada. A Figura 1 apresenta a localização geográfica de São José do Rio Preto, Brazil, a localização do recorte urbano (8.00 km²) com os pontos de coleta de dados na malha urbana e a posição do corpo d'água de aproximadamente 9 km² em relação ao ambiente construído.

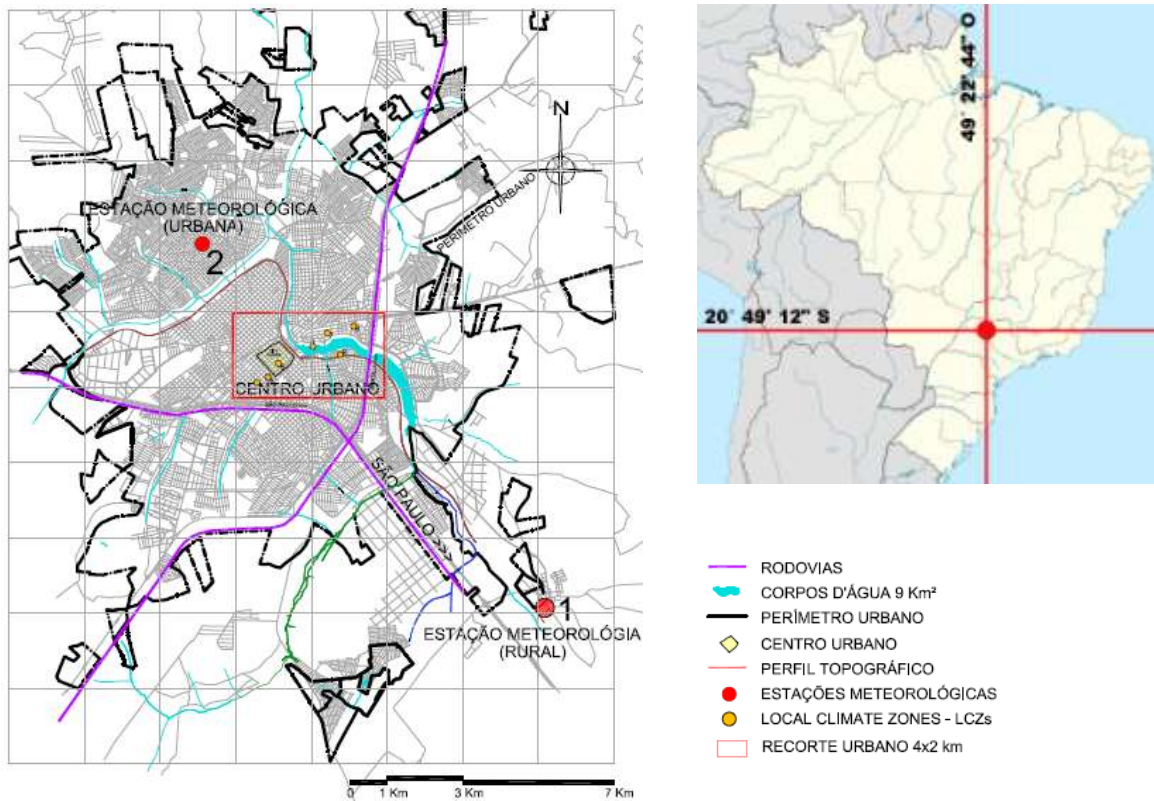


Figura 1 – Localização do experimento

Fontes: Adaptadas de Masiero e Souza, 2012 e PMSJRP, 2010

A Figura 2 apresenta a coleção de 7 pontos de medição das variáveis microclimáticas, os quais foram definidos como as LCZs utilizadas como parâmetros para a análise. A Figura 3 demonstra o perfil topográfico parcial no sentido Sudoeste – Nordeste, juntamente com o posicionamento dos sensores de coleta de dados em cada LCZ. É importante ressaltar que a área mais densa da cidade se concentra na faixa central alinhada na direção Nordeste – Sudoeste.



Figura 2- Localização de pontos de medição



Figura 3 - Perfil topográfico no sentido SW-NE da área urbana de São José do Rio Preto

Para definir as características de cada uma das LCZs, foram estabelecidos 7 recortes urbanos entre 50.000 e 100.000 m² com a caracterização das construções predominantes, Fator de Visão do Céu, relação H/W (Altura/Largura), superfície construída, superfície impermeável, superfície permeável, altura média da rugosidade, rugosidade do solo, distância do corpo d'água. Os pontos 1 e 2 são as estações meteorológicas fixas, respectivamente a rural e a urbana, as quais forneceram os dados de referência para a análise do comportamento térmico de cada LCZs.

O Quadro 1 apresenta o conjunto resumido das informações entre as sete LCZs avaliadas. Desta forma, é possível fazer a relação entre a performance térmica de cada LCZ e identificar os principais elementos que influenciam a penetração da umidade no tecido urbano.

Quadro 1 – Comparativo de informações entre as LCZs avaliadas											
LCZ name	Sample Crop Area m ²	SVF	H/W	Built Surface	Impermeable Surface	Permeable Surface	Roughness Average Height	Soil Roughness	Classification	Distance from water body margin	View
1	100.000	 0,86	0,25	5%	5%	95%	3	0,5	<i>Low Plants</i>	6.000 m	
2	100.000	 0,73	0,4	13,5%	71%	29%	5	0,2	<i>Sparsely built</i>	3.500m	
3	70.000	 0,70	0,55	25%	91,3%	8,7%	12	0,2	<i>Open midrise</i>	1.500m	
4	70.000	 0,35	4	35,8%	100%	0%	30	0,1	<i>Compact high-rise</i>	1.100m	
5	100.000	 0,29	3,3	29,5%	98,5%	1,5%	25	0,2	<i>Compact high-rise</i>	700m	
6	50.000	 0,75	0,3	15%	70,7%	29,3%	5	0,3	<i>Lightweight low-rise</i>	25m	
7	70.000	 0,69	0,4	28%	95,2%	4,8 %	5	0,3	<i>Open midrise</i>	100m	
8	50.000	 0,72	0,4	24%	94%	6%	5	0,1	<i>Open midrise</i>	350m	
9	70.000	 0,80	0,25	7%	8%	92%	2	0,5	<i>Low Plants</i>	25m	

3.2 Os procedimentos de coleta de informações

A etapa 2 consistiu no monitoramento e na coleta de dados micrometeorológicos. Foram realizados simultaneamente com a coleta de dados meteorológicos fornecidos pelas estações meteorológicas fixas da área rural (CIIAGRO (2013)), e da área urbana CETESB (2013), sob as quais foram determinadas as LCZs 1 e 2 respectivamente.

Os dados de temperatura e umidade intraurbanos foram coletados de hora em hora com os sensores HOBO Pro V2 U23-001, colocado dentro de escudos ventilados de PVC, conforme recomendações e especificações do fabricante.

Duas estações meteorológicas portáteis foram utilizadas para coleta de dados nos pontos à margem da represa, sendo as LCZs 10 e 12. A primeira, posicionada na margem norte, é modelo Vantage PRO 2 Davis, composta por um sensor de temperatura e umidade com precisão $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 3% respectivamente, um anemômetro, um painel solar e um módulo controlador com datalogger. A segunda, posicionada na margem

sul consiste em uma Estação Meteorológica marca HOBO modelo U30 com Sensor de irradiância global horizontal, sensor de temperatura e umidade S – THB-M002, Anemômetro e data logger. ONSET Brasil (2014).

De acordo com Peel et al. (2007), a região é classificada com clima Aw, ou seja, clima Tropical de Altitude com invernos secos, verões quentes e chuvosos. A temperatura média no inverno fica próxima aos 18°C e 30°C no verão. A umidade relativa do ar média anual se situa na casa dos 70% aproximadamente, podendo chegar até abaixo de 20% nos meses mais secos. A predominância do vento na região de São José do Rio Preto durante os meses de inverno ocorre na direção sudeste, principalmente durante a noite. O vento proveniente da direção nordeste também é bastante frequente e predomina principalmente sob o domínio da Massa Tropical Atlântica, o que confere períodos de atmosfera estável e seca ao longo do inverno.

Portanto, recorreu-se a análise dos dados de acordo com a detecção de períodos que se caracterizassem pelo comportamento atmosférico estável, céu claro, vento fraco e irradiância global horizontal intensa. Além do mais, foram definidos períodos de análise cuja variação de direção do vento ocorresse em dias subsequentes, para que o movimento horizontal da pluma de umidade pudesse ser registrado conforme sua atuação sobre o tecido urbano.

3.3 Mapeando as variáveis microclimáticas

O mapeamento das informações microclimáticas foi desenvolvido através da aplicação das ferramentas de geoestatísticas disponibilizadas pelo programa computacional *Surfer 11*, principalmente para facilitar a interpretação dos resultados e a identificação visual da variação de temperatura e umidade absoluta sobre a malha urbana. Os dados coletados nas nove LCZs foram interpolados pelo método da Krigagem para estimar a variação de valores entre eles e assim traçar as isolinhas que caracterizassem a variação da temperatura e da umidade na malha urbana. As rosas dos ventos dos dias analisados foram traçadas com o programa computacional *WR Plot*, o qual relaciona graficamente a frequência e a intensidade das variações de direção e velocidade do vento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as figuras 5 e 6, observa-se que o dia 30 de Junho 2013 apresentou vento na direção Noroeste e, no dia subsequente, a direção predominante passou a ser sudeste. Em ambos os casos, a velocidade permaneceu próxima de 1m/s e céu claro. Assim, as condições atmosféricas permaneceram favoráveis para o registro dos efeitos do clima urbano durante estes dois dias, em condições distintas de direção de vento.

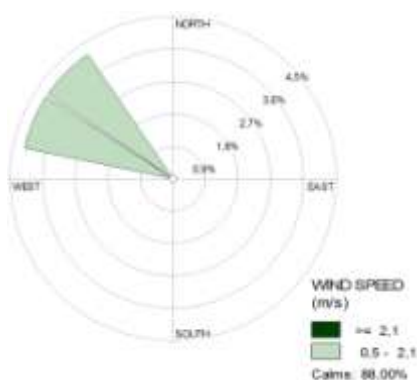


Figura 5 – Vento 30 Junho 2013

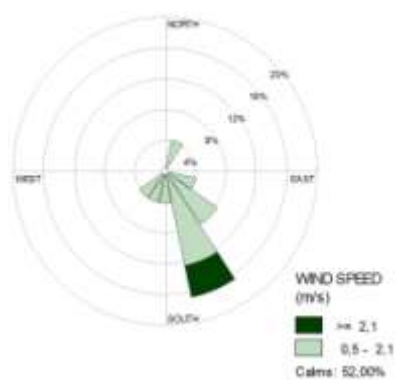


Figura 6 – Vento 01 Julho 2013

O vento proveniente da direção Noroeste cruza o espaço urbano da zona norte da cidade, a qual é caracterizada pela baixa umidade, e atinge as LCZs 7 e 8 antes de atingir a área da represa. Desta maneira, verifica-se que no horário mais quente do dia 30 de Junho, às 16h, as temperaturas tendem a se aproximar do pico de 32°C. Enquanto que, durante o dia 01 de Julho 2013, mesmo considerando a atuação de uma massa de ar levemente mais fria, a diferença entre as temperaturas dos pontos 7 e 8 tende a se afastar, chegando a serem registradas diferenças próximas de 2°C. Figura 7.

O gráfico de variação da umidade absoluta evidencia que a LCZ 9, situada próxima às margens da represa, registra os valores mais elevados durante praticamente o período todo de avaliação. As LCZs 6 e 8

ficam sujeitas à ação conjunta entre o vento e a orientação da via urbana - espaço aberto pelo qual o vento se distribui ao nível do pedestre.

É possível observar, na Figura 8, que somente os valores de umidade absoluta registrados na LCZ 7 diminuem, atingindo valor mínimo de 11,91 g/m³ na tarde do dia 01 de Julho, enquanto os valores de umidade absoluta aumentam em todos o outros pontos.

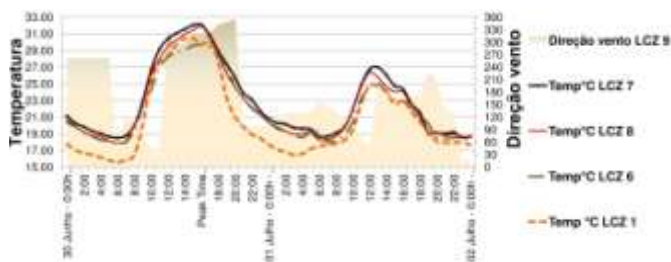


Figura 7 – Variação de temperatura x direção do vento entre 30 de Junho e 02 de Julho 2013

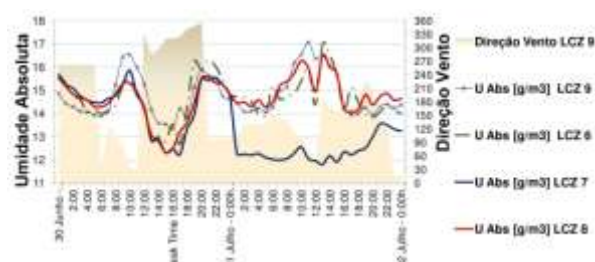


Figura 8 – Variação de umidade absoluta x direção do vento entre 30 de Junho e 02 de Julho 2013

Tal comportamento de variação de umidade absoluta demonstra que a configuração urbana em que o LCZ 7 está situada, apesar de estar a apenas 100 m de distância da margem, não favorece a ação da umidade do corpo d’água. Devido ao fato deste cânion urbano estar orientado na direção leste-oeste, em uma cota de nível muito elevada em relação ao nível da lâmina d’água, nota-se que a penetração da pluma de umidade neste ambiente causa pouco efeito na atenuação da temperatura. A rua na qual a LCZ 8 foi estabelecida está implantada na direção norte-sul e, portanto, mais sujeita a ação da pluma de umidade carregada pelo vento sudeste para o ambiente urbano. Assim, observa-se diferença de até 4g/m³ no horário mais quente do dia 01 de Julho.

Os mapas da variação de Temperatura e Umidade Absoluta sobre as sete LCZs são apresentados nas Figuras 9 a 12, de modo a evidenciar as diferenças microclimáticas entre os recortes urbanos, simultaneamente. Os mapas foram traçados nos dias 30 de Junho às 16h, com ação do vento na direção Noroeste e, no dia 01 Julho, às 14h, com ação do vento da direção sudeste, subsequentemente.

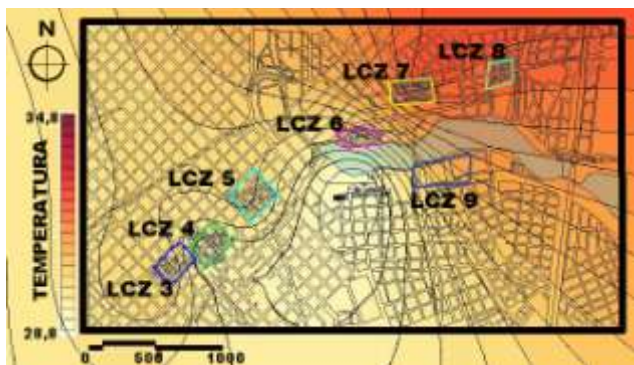


Figura 9 – Mapa Variação de Temperatura dia 30 Junho 2013 16h – Vento Noroeste

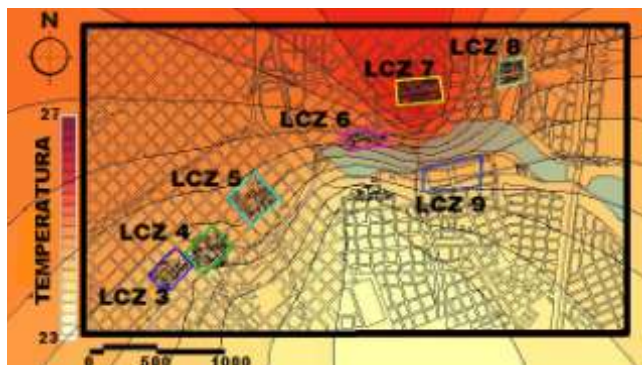


Figura 10 – Mapa Variação de Temperatura dia 01 Julho 2013 14h – Vento Sudeste



Figura 11 – Mapa variação de Umidade Absoluta no dia 30 Junho 2013 16h – Vendo Noroeste



Figura 12 – Mapa variação de Umidade Absoluta no dia 01 Julho 2013 14h – Vendo Sudeste

Ao observar os mapas das isolinhas de temperatura, nota-se a nítida diferença entre as áreas norte e sul da cidade. A área central sofre alguma influência da umidade da represa, quando o vento sopra da direção Nordeste, principalmente nos cânions urbanos orientados na direção Nordeste – Sudoeste. No entanto, o vento sudeste, apesar de ser mais frequente, tem dificuldades de penetrar mais profundamente na malha urbana.

Os mapas de isolinhas de umidade absoluta apresentam o efeito do vento seco proveniente de Noroeste no dia 30 de Junho e a expressiva influência da pluma de umidade agindo sobre a malha urbana no dia 01 Julho, sob condição de vento proveniente da direção sudeste (Figuras 11 e 12).

É possível observar valores mais elevados de umidade nas LCZs 3, 4 e 5, que estão situados no centro urbano em relação ao dia anterior, e um deslocamento da posição da pluma de umidade sobre a área central.

Este estudo demonstra que a pluma de umidade tende a se distribuir pelos espaços que oferecem menor resistência. A direção leste-oeste de implantação dos cânions urbanos e o adensamento das construções no sentido Nordeste – Sudoeste dificulta a ação do vento combinada com o espalhamento da umidade da represa pela malha urbana.

Conforme o vento atua na direção sudeste, os valores de umidade tendem a ser maiores no centro da cidade e na zona norte, embora a barreira física das construções, situada na direção Nordeste – Sudoeste e do relevo dificultem uma maior influência na amenização do calor nas áreas mais ocupadas do subúrbio ao norte da cidade. A amplitude térmica próxima a corpos d'água demonstrou ser menor e, dependendo da configuração urbana, esta pode aumentar significativamente. Portanto, quanto mais distante do corpo d'água, maior a necessidade de uso de vegetação, de sombreamento pelas edificações, de canalização de umidade ou de outros recursos para a manutenção da estabilidade dos índices de temperatura e umidade adequados ao bem-estar do ser humano.

As elevadas diferenças de temperatura e umidade do ar constatadas entre as áreas sul e a norte da cidade apresentam o efeito do resfriamento evaporativo como o principal fator de influência. A ocorrência da evaporação da água e a distribuição da umidade do ar intraurbano estão relacionadas, principalmente, às características climáticas predominantes de uma região, à configuração do ambiente construído e vegetado e à disponibilidade de recursos hídricos locais.

Como a cidade de São José do Rio Preto está situada em uma região continental com clima Tropical de Altitude, a umidade relativa do ar atinge frequentemente índices abaixo de 20%, principalmente nos meses mais secos de inverno. Tais questões elucidam que, apesar da região dispor de recursos hídricos e de potencial eólico, a implantação da malha urbana não aproveita o potencial natural para garantir qualidade térmica do espaço urbano.

A infraestrutura urbana estabelece complexas geometrias que interceptam a energia e alteram o fluxo de ar, aumentando a energia disponível para aquecer a superfície urbana (OKE, 1978). Portanto, é de fundamental importância que planejadores conheçam os benefícios e as limitações de diversas estratégias passivas de obtenção de ambientes confortáveis e saudáveis, de forma que os investimentos em infraestrutura sustentável possam ser otimizados.

Hathway e Sharples (2012) detectaram uma diferença de temperatura de 1,5°C menor em uma área próxima ao rio Don em Sheffield, Inglaterra, em relação a uma mais distante durante a primavera. Tal diferença é quantificada com base na variação das condições ambientais, na forma urbana e na distribuição da umidade favorecida pela forma do rio. Assim como Kuttler et al. (2007), ao analisarem as diferenças de umidade entre ambiente rural e urbano na cidade de Krefeld, na Alemanha, os autores reforçam que as condições térmicas desfavoráveis em áreas urbanas centrais e densamente ocupadas podem ser amenizadas com a introdução e a distribuição de umidade, tirando proveito da ação entre o vento, a vegetação, os corpos d'água, a umidade do solo e a forma de ocupação do território.

5. CONCLUSÕES

Os resultados destes estudos se baseiam na análise do movimento horizontal das massas de ar atuantes nas camadas intraurbanas, sob a influência de um corpo d'água. O fornecimento de água e sua distribuição na atmosfera, através do represamento de rio ou da evapotranspiração da vegetação, conferem características mais estáveis à temperatura. O aproveitamento dos recursos climáticos, combinados com o potencial dos elementos naturais é uma das estratégias recomendadas para que a cidade de São José do Rio Preto obtenha ambientes mais confortáveis. O estudo da interação entre ventos, corpos d'água e espaço construído elucidam o alto potencial de controle microclimático através de recursos passivos e naturais. Portanto, a principal

hipótese de as condições térmicas são facilitadas pela combinação entre os efeitos do resfriamento evaporativo urbano e da distribuição horizontal das massas de ar, se comprova.

Destaca-se que umidade presente nos vales pouco penetra no tecido urbano localizado nas cotas de níveis mais elevadas. O relevo e o adensamento das edificações do centro urbano, predominante no sentido Nordeste – Sudoeste, contribuem para diminuir a ação dos ventos na distribuição da umidade. Tais fatores impedem que a interação entre o vento e a umidade da represa atinja as áreas mais elevadas e áridas no subúrbio da cidade, situadas na zona norte.

Em geral, a amplitude térmica próxima da represa apresenta valores menores e, conforme o ambiente se torna mais árido e urbanizado, a amplitude térmica tende a ser maior. Esse fato deve ser levado em consideração para a determinação de estratégias que criem microclimas e garantam a qualidade do espaço construído como um todo.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, E. S.. Aplicações da Climatologia Urbana no Planejamento da Cidade: **Revisão dos Estudos Brasileiros. Revista de Urbanismo e Arquitetura Rua**. Vol. 7, n°. 01, 2006.
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGRO METEOROLÓGICAS - CIIAGRO: Disponível em <http://www.ciiagro.org.br/ema/monitoramento.php> 2010: Acesso entre 05 e 08 de Outubro 2012.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC INPE: Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/> 2010. Acesso em: 15 Out. 2012.
- _____. CPTEC INPE: Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/> Acesso em: 10 de Dez. 2013.
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGRO METEOROLÓGICAS - CIIAGRO: Disponível em <http://www.ciiagro.org.br/ema/monitoramento.php> : Acesso em: 08 Jan. 2014.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Sistema de Informação de Qualidade do Ar. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/> >. Acesso em: 16 Set. 2012.
- _____. Sistema de Informação de Qualidade do Ar. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/> >. Acesso em: 16 Ago. 2013.
- DAVIS INSTRUMENT. Quick Reference Guide. Davis Vantage PRO2. Disponível em: <http://www.davisnet.com/weather/products/vantage-pro-professional-weather-stations.asp>. Acesso em 10 Jan. 2014.
- GOOGLE EARTH. Versão 4.3.7284.3916 (beta), 2008. EUA. Acesso em 25 de Jan. 2014.
- GRIMMOND, C., S., B., OKE, T., R.; Evapotranspiration rates in urban areas. Impacts of Urban Growth on Sur/au Water and Groundwater Quality. in **Proceedings of IUGG 99 Symposium HSS. Birmingham**, July J999. IAHS Published no. 259.1999. 235-243.
- HATHWAY, E.A.; SHARPLES, S..The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. **Building and Environment**. No. 58, 14-22, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades, disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>Acesso em: 27 Maio 2012.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group III Report "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change" Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning. Chapter 12. Disponível em http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter12.pdf. Acesso em 19 Nov. 2015.
- KUTTLER, W.; WEBER, S.; SCHONNEFELD, J.; HESSELSCHWERDT, A.. Urban/rural atmospheric water vapor pressure differences and urban moisture excess in Krefeld, Germany. **International Journal of Climatology**, v.27, p. 2005–2015, 2007.
- MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. Influence of a Water body in the Urban Microclimate. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE. PLEA2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima, Perú 7-9 November 2012b
- MATZARAKIS, A.. Rayman 1.2. Disponível em: <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/intro.htm> 2009. Acesso em 15 Janeiro 2014.
- MILLS, G., CLEUGH, H., EMMANUEL, R., ENDLICHERD, W., ERELLE, E., McGRANAHANF G., NGG, E., NICKSONH, A., ROSENTHAL, J., STEEMER, K., Climate Information for Improved Planning and Management of Mega Cities (Needs Perspective). **Procedia Environmental Sciences**, v. 1, p. 228–246, 2010.
- OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. Second ed. Wiley and Sons, 1978.
- ONSET BRASIL. Manuais HOBO U23. Disponível em <http://www.onsetcompbrasil.com.br/onsetcomp/manuais/U23-00x/10694-H-MAN-U23.pdf>. Acesso em: 15 Dez. 2013.
- ONSET BRASIL. Manuais HOBO U30. Disponível em http://onsetcompbrasil.com.br/onsetcomp/manuais/estacao_-_01-sensor_de_temperatura_e_umidade_do_ar/sensor_de_temperatura_e_umidade_do_ar.pdf. Acesso em: 10 Jan. 2014
- PEEL, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A.. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, n. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf> Acesso em 10 Jan. 2014.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. Secretaria de Planejamento e Gestão Estratégica Municipal: Disponível em: http://www.riopreto.sp.gov.br/PortalGOV/do/subportais_Show?c=5050>. Acesso em 08 Jan. 2010a.
- _____. Secretaria de Planejamento e Gestão Estratégica Municipal, São José do Rio Preto. Lei de Zoneamento de São José do Rio Preto: Disponível em: http://www.riopreto.sp.gov.br/PortalGOV/do/subportais_Show?c=5050>. Acesso em: 08 Jan. 2010b.

STEWART, I. D., T. R. Oke., Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of American Meteorological Society**, n. 93, 2012. p. 1879–1900. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio em diversas etapas dessa pesquisa.