

EVOLUÇÃO DIURNA DO CALOR ANTROPOGÊNICO LIBERADO POR COZINHAS E SUA RELAÇÃO COM O BALANÇO DE ENERGIA À SUPERFÍCIE NO OESTE PAULISTA, SP

DIURNAL EVOLUTION OF ANTHROPOGENIC HEAT RELEASED BY KITCHENS AND ITS RELATION TO THE ENERGY BALANCE AT THE SURFACE IN WESTERN SÃO PAULO STATE, BRAZIL

Gabriela Iassia Finati ¹

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil, gabriela.iassia@gmail.com

Antonio Jaschke Machado ²

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil, jaschke.machado@fct.unesp.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o calor antropogênico a partir das condições térmicas em cozinhas na cidade de Presidente Prudente, SP, relacionando-o ao balanço de energia desde a escala do edifício até a escala urbana de algumas cidades do Oeste Paulista: as regiões das cidades de Presidente Prudente, Assis e Iepê. É dada especial atenção ao método utilizado para estimar as principais componentes do balanço de energia na superfície construída, por meio da estimativa dos fluxos convectivos, como também a caracterização da evolução diurna na camada do dossel urbano nas três cidades. Apesar de outras edificações poderem ser também analisadas neste contexto, foram escolhidas cozinhas por representarem ambientes com aparente desconforto térmico para os trabalhadores que aí desenvolvem suas atividades. Cozinhas são edificações passíveis de um relativo controle para o propósito de se desenvolver um procedimento metodológico a fim de estimar, em uma primeira aproximação, a influência do calor antropogênico liberado e o balanço de energia na superfície, tanto no interior quanto no exterior destes edifícios. A análise também leva em consideração o efeito desta fonte de calor sobre o estado de conforto térmico. Os resultados experimentais indicam a ventilação do ambiente como um elemento importante para a dissipação da energia armazenada na superfície. São propostas soluções de projeto arquitetônico para melhorar as condições térmicas desses ambientes.

Palavras-chave: Balanço de energia na superfície. Ambiente construído. Calor antropogênico. Análise escalar.

Abstract

The main goal of this work is to evaluate the anthropogenic heat from the thermal conditions in kitchens in the city of Presidente Prudente, SP, relating it to the energy balance from the building scale to the urban scale of some cities in western São Paulo State, Brazil: the regions of the cities of Presidente Prudente, Assis and Iepê. Particular attention is given to the method used to estimate the main components of energy balance at the surface, by means of estimates fluxes, as well as the characterization of the diurnal evolution of the urban canopy layer in these three cities. Although other buildings can also be analyzed in this context, kitchens were chosen because they represent environments in apparent thermal discomfort for workers who carry out their activities there, and also because in kitchens the environment conditions can be relatively controlled for the purpose of developing a methodological procedure to estimate, in a first estimate, the influence of anthropogenic heat released and the energy balance at the surface, both in inside and outside buildings. The analysis also takes into account the effect of the heat source on the state of thermal comfort. The experimental results indicate the room ventilation as an important element for the dissipation of the energy stored in the surface. Architectural design solutions are proposed to improve the thermal conditions of these environments.

Keywords: Surface energy balance. Building environment. Anthropogenic heat. Scale analysis.

How to cite this article:

FINATI, Gabriela Iassia; MACHADO, Antonio Jaschke. Evolução diurna do calor antropogênico liberado por cozinhas e sua relação com o balanço de energia à superfície no Oeste Paulista, SP. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 6, n. 2, p. 103-119, jun. 2015. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8635016>>. Acesso em: 19 out. 2015.

Introdução

Este trabalho constitui uma contribuição para o entendimento do balanço de energia na superfície, a partir da relação entre diferentes escalas reconhecidas na paisagem, da escala urbana à escala pontual (FRANCO, 2008), em cidades localizadas nas áreas tropicais, as quais têm recebido menos atenção do que em outras latitudes. As atividades humanas em cidades acarretam liberações de energia, as quais junto a outros fatores como a cobertura vegetal e a forma urbana são responsáveis por diversos efeitos microclimáticos. Alterações sobre a superfície natural do solo implicam na destruição de um microclima pré-existente, independente de qual se trate: um extenso gramado, uma plantação, uma edificação, um caminho com ou sem pavimentação. As modificações sobre a cobertura da superfície urbana implicam alterações da quantidade de energia armazenada. Esta energia armazenada (ΔQ_S) é resultado das modificações dos fluxos radiativos e convectivos pela alternância das propriedades radiativas e térmicas dos materiais.

Não apenas a grande variabilidade de materiais implica em profundas alterações nos fluxos de energia em superfície, mas também a forma constituída por estes materiais. Em algumas situações os efeitos podem ser inesperados, como por exemplo, o caso de formas urbanas muito adensadas que acabam produzindo ilhas frias em setores localizados da cidade, justamente em horários nos quais se esperaria a ocorrência de um valor máximo da temperatura (MIDDEL et al., 2014). Efeitos como este podem modificar radicalmente a distribuição espacial esperada dos fluxos convectivos de natureza turbulenta (Figura 1), e, conseqüentemente alterar o balanço de energia na superfície urbana e sua relação com os outros termos do balanço.

Estes fluxos turbulentos são tão importantes para os sistemas urbanos, pois, ao contrário do que se imagina, os vazios urbanos são na realidade espaços abertos muito longe de estarem vazios. São volumes repletos de ar, gás fundamental não apenas por ser fonte vital dos habitantes da cidade, mas porque também se constitui no meio através do qual toda energia e matéria suspensa será transportada e trocada pelos processos turbulentos através de todos os recintos urbanos, sem exceção.

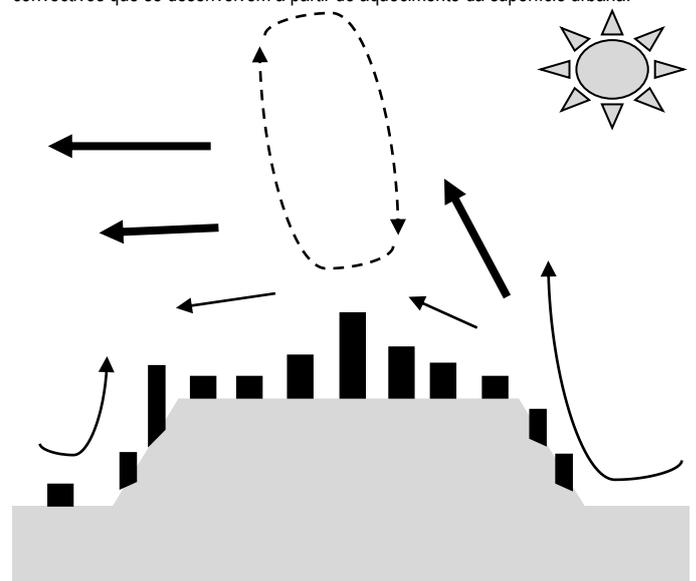
Os fluxos convectivos de calor sensível e latente são estimados tradicionalmente, desde o início dos anos 80 (ARNFIELD, 2003), a partir de observações realizadas em torres micro meteorológicas ou através de balões cativos. Estas observações são realizadas normalmente acima da camada do dossel urbano, em uma porção

intermediária da camada limite denominada subcamada inercial. Neste estrato, diferentemente do que ocorre próximo à superfície, os fluxos convectivos apresentam uma variabilidade temporal muito mais regular. Isto possibilita uma estimativa mais consistente dos fluxos convectivos (MASSON, 2006).

No entanto, as estimativas obtidas na camada inercial, a algumas dezenas de metros acima da superfície, correspondem a uma escala de análise superior àquela realizada em superfície. Os fluxos e índices estimados correspondem então a uma caracterização genérica da cidade como um todo, e não consideram a realidade das suas especificidades urbanas extremamente localizadas.

Miao et al. (2012), por exemplo, observam e modelam os termos do balanço de energia sobre uma superfície urbana utilizando dados adquiridos a partir de uma torre de 325 m de altura. Os dados obtidos em alturas elevadas como esta mascaram o detalhamento intra-urbano que é possível verificar observando-se próximo ao chão (MACHADO; AZEVEDO, 2013; BARBOZA; MACHADO; FRANCHINI, 2013).

Figura 1 - A forma urbana de Presidente Prudente, SP constituída pela sua topografia e o dossel urbano construído. Acima do dossel a fonte de energia solar e os fluxos convectivos que se desenvolvem a partir do aquecimento da superfície urbana.



Fonte: os autores

Em muitos estudos as propriedades radiativas e térmicas da superfície urbana são utilizadas para definição de parâmetros que variam no decorrer do ano, em substituição à utilização direta dos fluxos radiativos observados (OFFERLE; GRIMMOND; OKE, 2003; LORIDAN; GRIMMOND, 2012). Mas se têm percebido através de modelagem numérica (AOYAGI; SEINO, 2012) inconsistências dos resultados obtidos através da simples derivação das

propriedades, quando confrontados às observações diretas dos fluxos.

Os fluxos convectivos de calor sensível e calor latente foram quantificados pela primeira vez nos estudos de balanço de energia sobre uma superfície natural, em função de gradientes de pressão de vapor e de temperatura observados por Bowen em 1926. Posteriormente a estes estudos verificou-se que a inclusão da vegetação arbórea na paisagem urbana produzia além de sombra, frescor, proteção, umidade, filtragem o ar, também alterações nos padrões dos fluxos convectivos e nos demais termos do balanço de energia, tornando-a um elemento flexível para o desenho ambiental das cidades (OKE, 1989).

A partir do momento em que as massas verdes dos núcleos urbanos passam a ser compreendidos como patrimônios culturais de uma cidade armazenadora de quantidades crescentes de energia em parte natural em parte antropogênica, mais atenção é dada à resposta da vegetação arbórea densa e dos extensos gramados quanto à ventilação, ao balanço hídrico e ao balanço de radiação na superfície urbana (RIBEIRO; AZEVEDO, 2003). Mas a presença de cobertura arbórea também pode favorecer a retenção de energia na superfície durante episódios frios, o que na realidade a torna um elemento de resposta não trivial quando considerada no projeto arquitetônico e urbanístico.

De um modo geral a visão consagrada é a de que a diminuição das áreas verdes assim como a impermeabilização do solo e o aumento do uso de energia térmica acarreta uma significativa mudança na paisagem urbana, normalmente associada a um aumento no tráfego de veículos e de outras fontes emissoras de calor (FERREIRA; OLIVEIRA; SOARES, 2011). Estas características urbanas parecem interferir nos ambientes mais restritos e confinados, internos às edificações. Segundo Carvalho Júnior e Lacava (2003) as emissões térmicas são o tipo de energia capaz de aumentar a temperatura do meio circundante.

Em vista desta realidade conjecturou-se um ensaio metodológico para estimar o calor antropogênico a partir das atividades cotidianas desenvolvidas em uma edificação específica e relacioná-lo ao balanço de energia na superfície urbana. Para o cumprimento deste objetivo propõem-se um método de investigação que parte da caracterização térmica das faces interna e externa das paredes de cozinhas com diferentes intensidades de fontes de calor antropogênico associado à queima de gás liquefeito de petróleo (GLP). Estes padrões térmicos são definidos por diferentes balanços de energia na superfície das

paredes. A face interna tem o balanço de energia modulado pela queima do gás, cuja fonte energética foi inventariada nas duas cozinhas estudadas. Enquanto a face externa tem o balanço de energia modulado por uma fonte natural, o saldo radiativo, observado e caracterizado em ambientes abertos de cidades do Oeste Paulista. A conexão entre os ambientes internos e externos à edificação é realizada através de uma proposta de adequação do projeto das cozinhas que leva em consideração a realidade essencial de uma condição térmica, o balanço de energia entre todos os fluxos de calor. Esta proposta constitui-se apenas em uma primeira aproximação do problema e pode eventualmente estar sujeita ainda a imperfeições, mas busca chamar a atenção para esta discussão.

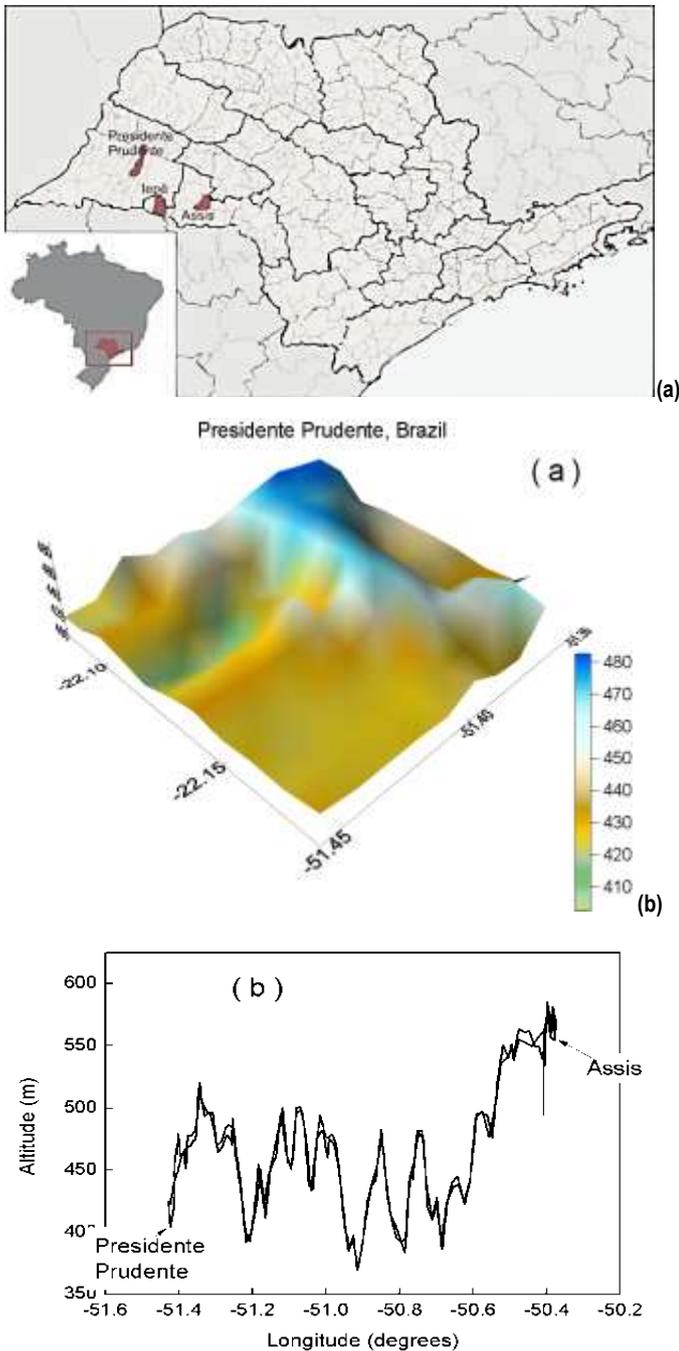
Método

A cidade de Presidente Prudente (22°07'47"S, 51°24'31"W) está localizada no continente sul-americano no Estado de São Paulo parte de uma área de 47 cidades junto ao baixo e médio vale do Paranapanema denominada Oeste Paulista, situada a aproximadamente 600 km do Oceano Atlântico (Figura 2a). Está localizada a aproximadamente 400 m acima do nível do mar, com uma área de aproximadamente 562 km², onde vivem mais de 220 mil habitantes (IBGE 2014). Sucintamente, os principais aspectos climáticos podem ser resumidos pela transição entre os climas tropicais úmidos de altitude, com período seco definido, e aqueles subtropicais, permanentemente úmidos. O verão é quente e chuvoso de outubro a março e o inverno ameno e seco de abril a setembro (NETO; TOMMASELLI, 2009). Apresenta uma malha urbana com contraste marcante nos seus limites com a área rural. Na porção interior da malha urbana este contraste de coberturas também é evidenciado pela alternância existente entre quadras construídas e praças urbanas. Neste estudo são investigadas as cidades de Presidente Prudente, Assis (Figura 2b) e Iepê (Tabela 1). Estas três cidades ocupam uma área de 1.618 km², povoada por 310 mil habitantes e com uma frota de 100 mil veículos (CETESB 2009).

Apesar de uma urbanização ainda não muito consolidada as cidades do Oeste Paulista já apresentam indícios característicos deste processo. As temperaturas normalmente mais elevadas do que na porção oriental do Estado, são resultado em grande parte da ocorrência de um grande número de dias de céu claro, mas também já se verifica uma contribuição antropogênica. Tanto a contribuição natural quanto a antrópica acabam por elevar a energia armazenada durante o dia na superfície urbana. Sendo que a dissipação noturna é lenta, principalmente devido à grande distância que a

região se encontra do oceano, permanecendo na maior parte do ano privada do frescor da circulação marítima.

Figura 2 – Localização geográfica do Estado de São Paulo no Brasil (a) a topografia de Presidente Prudente (b) e o desnível topográfico até Assis (c)



Fonte: (a) Barboza, Machado e Franchini (2013); (b) os autores; (c) os autores.

Tabela 1- Descrição das localidades urbanas e rurais em termos de classes de uso da terra.

Características	Presidente Prudente	Assis	Iapê
Classe de uso da terra	Suburbano - Do3	Suburbano - Do5	Rural
Área (km ²)	563	460	595
População	207.610	95.144	7.628
Número de veículos	70.290	29.110	1.690

Fonte: adaptado de Ellefsen (1991)

O método residual do balanço de energia consiste em estimar o fluxo da energia armazenada (ΔQ_S) a partir da equação do balanço de energia no dossel urbano:

$$\Delta Q_S = (Q^* + Q_F) - (Q_H + Q_E + \Delta Q_A) \quad (1).$$

As grandezas representadas na Eq.1 correspondem às densidades de fluxo do saldo radiativo (Q^*), do calor antropogênico (Q_F), do calor sensível turbulento (Q_H), do calor latente turbulento (Q_E) e da variação do calor advectado pelos ventos (ΔQ_A). O saldo-radiativo (Q^*) é observado diretamente com o saldo-radiômetro NR-LITE-2 da Kipp&Zonen (KZ). Este equipamento é útil na determinação da fonte de energia para a superfície, representada pela soma da radiação em ondas curtas (fonte solar) e a radiação em ondas longas (fonte infravermelha). Por outro lado, os fluxos de calor sensível (Q_H) e latente (Q_E) são equacionados a partir dos gradientes verticais, próximos à superfície, estimados a partir da temperatura (T) e da umidade do ar (ρ) observados com o termo-higrômetro HC2S3 da Campbell Scientific Inc (CSI):

$$Q_H = C_a K_H \left(\frac{\delta \overline{T_s}}{\delta z} \right) \quad (2),$$

$$Q_E = L_v K_v \left(\frac{\delta \overline{\rho_v}}{\delta z} \right) \quad (3).$$

Onde C_a vale $1200 \text{ Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$, L_v vale $2,5 \cdot 10^6 \text{ J Kg}^{-1}$ e $K_H \cong K_v \cong 25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Os dados de temperatura e umidade utilizados nas Eqs. 2 e 3 foram obtidos através de medições com sensores instalados (Figura 4) nos ambientes urbanos investigados. A densidade de vapor (ρ_v) é obtida diretamente da pressão de vapor adquirida, assim como todos os demais dados, através do sistema automático de aquisição de dados CR3000 (CSI). A temperatura da superfície (T_s) é estimada a partir do fluxo radiativo em ondas longas observadas com o pirgeômetro PG4 (KZ), considerando-se uma emissividade de 0,9. A máxima magnitude do gradiente vertical ocorre próximo ao chão, na subcamada laminar e cuja dimensão é bastante reduzida, sendo da ordem de $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$.

Segundo Orfelle et al. (2003), ao desprezar-se a advecção de calor (ΔQ_A) na Eq.1 recorre-se a uma simplificação que pode constituir uma possível fonte de erro nas estimativas dos fluxos. Por este motivo, são avaliadas a variação da temperatura do ar, a intensidade do vento e as oscilações dos tipos de tempo atmosférico (TARIFA; MONTEIRO, 1972; PRADELLA, 2014) durante o período das observações.

A partir das observações com anemômetro sônico CSAT3 (CSI) foi possível analisar em detalhes a evolução diurna das três componentes do vento (V). O fluxo turbulento de calor sensível pôde ser estimado através da técnica denominada *eddy correlation* (correlação turbulenta), a partir do produto entre as covariâncias da componente vertical (w) e da temperatura do ar (TAR).

O mesmo procedimento foi aplicado para as observações da densidade de vapor (eV), possibilitando também a estimativa do fluxo turbulento de calor latente (QE).

A evolução diurna das componentes primárias do balanço de energia (Q^* , QH , QE e ΔQS) nas cidades do vale do Paranapanema foi analisada, considerando-se como a superfície urbana modifica estas entradas e saídas de energia.

As condições ambientais estudadas nas diferentes cidades, analisadas do ponto de vista dos fluxos de energia, de algum modo devem indicar o impacto das atividades humanas. O grau deste impacto pode ser expresso pelo calor antropogênico (QF) liberado pelas atividades de trabalhadores (AZEVEDO, 2001). O calor QF liberado é hipoteticamente utilizado nesta investigação como o primeiro elo da análise entre a escala urbana e escala pontual da edificação. Mesmo em grandes cidades as estimativas de QF tem resultado em valores relativamente baixos, o que deve ser consequência da hipótese de que o calor antropogênico pontualmente liberado se distribui homoganeamente por toda a área urbanizada. Na expectativa de verificar uma possível amplificação de QF , restringe-se a área de investigação deste termo do balanço de energia a ambientes confinados, neste caso cozinhas (Figura 3). Este deve ser o primeiro passo para uma posterior investigação da variabilidade espacial de QF por toda a área urbanizada. Os motivos de serem cozinhas as edificações escolhidas inicialmente devem-se ao interesse particular dos autores pelo desconforto térmico que é causado aos trabalhadores as atividades rotineiramente percebidas neste tipo de ambiente construído, além das facilidades operacionais para aquisição dos parâmetros investigados.

Figura 3 – Localização das cozinhas do CCI (a) e do RU (b) dentro do Campus da UNESP de Presidente Prudente (c).



Fonte: Google Earth capturado em 2014 e modificado pelos autores

A hipótese investigada busca por uma estimativa deste calor liberado (FERREIRA; OLIVEIRA; SOARES, 2011) em sua componente derivada da queima de GLP⁽¹⁾ (Q_{FSF}), em sua componente derivada do calor liberado pelo consumo de eletricidade (Q_{FSE}) e em sua componente metabólica liberada pela atividade física dos trabalhadores (Q_{FM}):

$$Q_F = Q_{FSF} + Q_{FSE} + Q_{FM} \quad (4),$$

$$Q_{FSF} = \frac{NHC_{FUEL} \cdot \rho_{FUEL} \cdot C_{FUEL}}{n_D \cdot A} \quad (5),$$

$$Q_{FSE} = \frac{W \cdot n_{LAMP}}{A_{CEIL}} \quad (6),$$

$$Q_{FM} = M \cdot \rho_{POP} \quad (7).$$

Onde NHC_{FUEL} é o poder calorífico do GLP, ρ_{FUEL} é a densidade do GLP, C_{FUEL} o consumo diário de GLP, W é a potência de cada lâmpada, n_D é o intervalo durante o qual os fogões e fornos permanecem ligados, n_{LAMP} é o número de lâmpadas acesas, A é a área ocupada pelos fogões e fornos, A_{CEIL} é a área do teto da cozinha, M é o calor metabólico produzido por um trabalhador e ρ_{POP} é o número de trabalhadores na cozinha.

Em dias típicos de verão a temperatura nos ambientes internos deve ser menor ou igual ao valor máximo da temperatura do ar exterior, verificado em determinado dia. Já em dias típicos de inverno a temperatura mínima do ar no ambiente interno deve ser maior ou igual à temperatura mínima externa, acrescida de 3°C. Esses valores de temperatura são indicados para ambientes de permanência prolongada, como os quartos e salas. Para as cozinhas esses valores não são indicados (ABNT, 2003). Portanto, para esse estudo é investigada uma possível relação entre os valores recomendados pelas normas e os gráficos de conforto térmico elaborados para cada cozinha industrial.

A energia armazenada na superfície interna do volume construído tem como fonte QF e sua variabilidade pode ser estimada a partir de observações da temperatura aparente das paredes (TS), utilizando-se sensor infravermelho manual. Isto conduz a uma alternativa para estimar ΔQS:

$$\frac{\Delta Q_s}{\Delta z} = C_s \frac{\Delta \bar{T}_s}{\Delta t} \quad (8).$$

Ou seja, a variabilidade da densidade do fluxo de calor armazenado (ΔQS) na parede da cozinha de espessura Δz é igual ao produto da capacidade térmica (CS) do cimento que reveste a estrutura da parede pela taxa de aquecimento ou resfriamento (ΔTS / Δt).

Além do desempenho térmico a norma estabelece alguns requisitos para a iluminação natural dos ambientes e que, devido à incidência direta ou difusa de radiação solar no interior dos ambientes das cozinhas, está também associada às condições térmicas. Durante o dia, para não utilizar iluminação artificial, é necessário que a iluminação natural seja maior ou igual a 60 lux (2). A edificação deve atender além desses requisitos gerais aos requisitos determinados pela zona climática em que se encontra. O município de Presidente Prudente enquadra-se na Zona Bioclimática 6, a qual está vinculada ao contexto climático tropical (CUNHA, 2006).

Observações micrometeorológicas

O fluxo da energia armazenada (ΔQS) que corresponde ao saldo do fluxo de calor armazenado no dossel urbano representa todos os mecanismos de armazenamento de energia dentro deste volume, isto é, no ar, nas árvores, no volume construído e no solo (FERREIRA; OLIVEIRA; SOARES, 2013). Todas as observações utilizadas para estimar o balanço de energia foram

realizadas no topo de equipamentos urbanos localizados em praças e vias públicas das cidades de Presidente Prudente, Assis e Iepê, entre os meses de junho e outubro de 2012 (Tabela 2 e Figura 4). Cada localidade foi visitada três vezes durante um período de três semanas, na seguinte seqüência: praça das Cerejeiras, COHAB, Assis, praça do Santuário, Iepê e Jardim Itapura II. Na primeira visita escolhia-se o local de instalação e efetuava-se o levantamento altimétrico. Na segunda visita eram efetuadas as observações dos fluxos radiativos, temperatura e umidade. Enquanto na terceira visita, sob condições de céu semelhantes, eram efetuadas as observações dos fluxos turbulentos e temperatura novamente. Os pontos de observação mencionados que não pertencem a Assis ou Iepê, pertencem à cidade de Presidente Prudente.

A investigação foi dividida em três etapas: (i) definição das áreas de estudo e descrição paisagística destas áreas, (ii) observação do saldo-radiativo, da emissão em ondas longas, da turbulência atmosférica e da temperatura e umidade do entre 1,5m e 3m acima da superfície, (iii) estimativa dos fluxos de calor sensível e calor latente.

A frequência de amostragem dos dados variou de 10 Hz a 0,2 Hz, para a turbulência atmosférica e para os fluxos radiativos, respectivamente. O fluxo em ondas longas emitido pela superfície foi obtido voltando-se o sensor do pirgeômetro para baixo.

Os dados foram armazenados como valores médios em intervalos de 1-seg a 1-min, para a turbulência atmosférica e para os fluxos radiativos, respectivamente. Para complementar a caracterização do balanço de energia na superfície, as seguintes estimativas foram também utilizadas: densidade de vapor, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente.

Foi instalado anemômetro sônico (Figura 4c), saldo-radiômetro (haste horizontal na Figura 4b), pirgeômetro (abaixo do abrigo, junto à pilastra na Figura 4b) e temo-higrômetro (em abrigo destacado na Figura 4a). Os sensores foram ligados ao sistema de aquisição de dados e todos os dados georreferenciados com GPS da Garmin. Realizaram-se medições fixas nas cidades de Presidente Prudente (SP), Assis (SP) e Iepê (SP) em espaços livres caracterizados pelas nítidas diferenças quanto à cobertura vegetal, tratamento de piso e ocupação do entorno. Na Figura 4 é destacada a instalação na cidade de Iepê, para todas as demais localidades foi seguido o mesmo padrão de instalação.

Tabela 2 – Observações nas cidades de Presidente Prudente, Assis e Iepê de 11 de junho a 31 de outubro de 2012 e variáveis medidas: temperatura do ar (T_{AR}), umidade relativa (UR), saldo radiativo (Q^*), saldo radiativo em ondas longas (L^*), componentes zonal (u), meridional (v) e vertical (w) do vento resultante. As altitudes são em relação ao nível do mar.

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude	Variáveis	Freq.
Cerejeiras	22°07'47"S	51°24'31"W	458 m	T, UR, Q^* , L^* , w	1min(1seg)
COHAB	22°06'49"S	51°25'31"W	395 m	T, UR, Q^* , L^* , w	30seg(1seg)
Assis	22°40'14"S	50°24'59"W	585 m	T, UR, Q^* , L^* , w	20seg(1seg)
Santuário	22°07'33"S	51°22'55"W	508 m	T, UR, Q^* , L^* , w	1min(1seg)
Iepê	22°39'39"S	51°04'30"W	426 m	T, UR, Q^* , L^* , w	1min(1seg)
J. Itapura II	22°07'59"S	51°22'05"W	406 m	T, UR, Q^* , L^* , w	1min(1 seg)

Fonte: os autores

Figura 4 – Sensores micrometeorológicos utilizados nos locais de medições: termo-higrômetro, saldo-radiômetro, pirgeômetro (a – acima a esquerda) e anemômetro sônico (b – acima a direita) localizados a 3 m acima do nível do chão, ambos em Iepê (c – abaixo a esquerda). O mesmo padrão de instalação repetiu-se nas outras localidades como, por exemplo, no Jardim Itapura II (d – abaixo a direita) em Prudente.

Fonte: os autores

Nos dias 11 e 15 de junho foram realizadas as primeiras observações na cidade de Presidente Prudente. As observações se deram inicialmente sobre superfícies cimentadas e posteriormente na área gramada. No dia 2 de agosto em um grande espaço aberto público com predomínio de vegetação rasteira. No dia 29 de agosto em Assis sobre superfície pavimentada diante de vegetação arbórea esparsa. No dia 19 de setembro em Presidente Prudente em uma praça junto a um viaduto.

No dia 10 de outubro na cidade de Iepê, com os sensores instalados no gradeado da fachada de uma Igreja a 3m acima do piso, investigou-se uma superfície mista constituída por pedras e cimento, na presença de vegetação arbórea esparsa e de pequeno porte.

O último levantamento ocorreu em Presidente Prudente, no dia 25 de outubro, em uma Praça do Jd. Itapura localizada na borda leste da malha urbana. Os sensores foram posicionados a 2 m acima de uma superfície cimentada com asfalto por um lado e gramados nos demais lados. Havia um vale profundo, com densa mata ciliar além da cobertura de asfalto, localizado na grande área escura a nordeste do perímetro da praça.

Também foram coletados dados utilizando-se sensores manuais: termo higrômetro, anemômetro e pistola infravermelha, no Parque na COHAB e na Praça do Santuário nos mesmos pontos onde foram realizados anteriormente os registros com os sensores

automáticos. Estes dados complementaram os horários nos quais não haviam registros no micrologger.

Descrição da estimativa do conforto térmico

Olgay (2008) descreve que a força física de um indivíduo assim como sua atividade mental se desenvolve melhor em locais onde as condições climáticas são favoráveis ou se encontram dentro de um intervalo conhecido como zona de conforto.

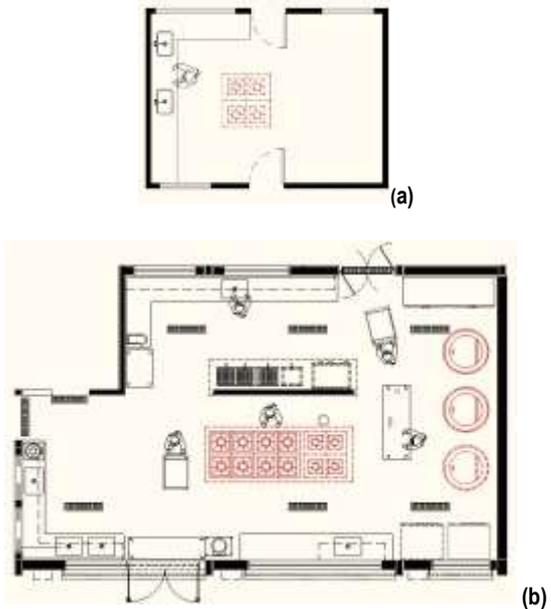
Além dos valores de umidade e temperatura coletadas nas cozinhas de Presidente Prudente (Figura 5), há também a radiação solar (Figura 6a) e o movimento do ar, que juntos são os principais elementos que afetam de maneira favorável ou desfavorável a sensação de conforto em um indivíduo.

Uma maneira de observar os efeitos climáticos e até prevê-los é utilizando-se a Carta Bioclimática. Esta Carta consiste, segundo Olgay (2008) em construir um gráfico colocando-se a temperatura seca no eixo das ordenadas e a umidade relativa no eixo das abscissas (Figura 6b). A partir disso, ao meio deve-se encontrar uma zona de conforto de verão com valores desejáveis e exequíveis, assim como uma zona de conforto para o inverno. Os valores que não se adequem a esse intervalo proposto pela carta, são indícios de que medidas devem ser tomadas, pois determinado ambiente não se encontra na zona de conforto.

Para as cozinhas, por exemplo, a Carta Bioclimática, pode ser utilizada para determinar qual a intensidade da ventilação interna adequada para tornar determinando ambiente confortável, pois em grande parte, cozinhas são ambientes com umidade relativa elevada e que associadas a temperaturas também elevadas, fazem com que o ambiente se torne desagradável para a permanência e prejudicial para o rendimento das atividades realizadas pelos indivíduos que ali trabalham. Apesar de não estarem representadas na Figura 6b, isotacas são previstas na proposta original de Olgay (2008).

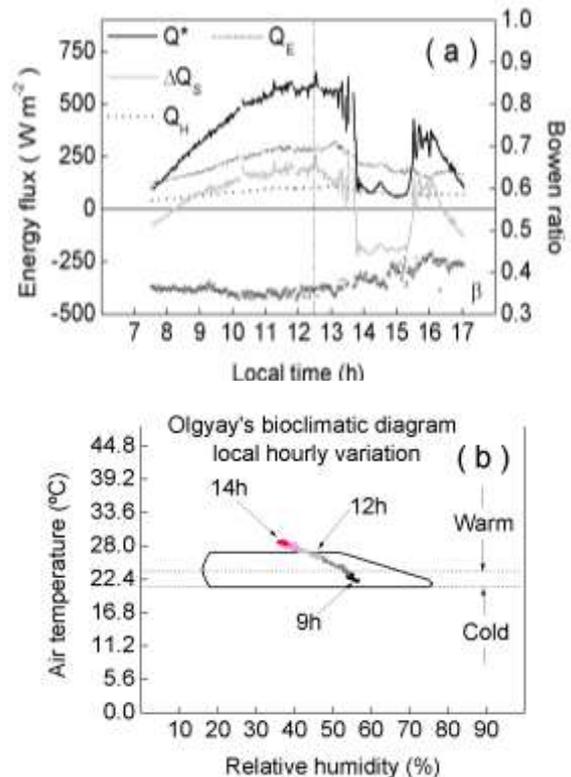
A análise do fluxo radiativo incidente nas cozinhas investigadas é feita com base em valores característicos observados em Presidente Prudente, para uma situação típica de predominância de céu claro na maior parte do dia e obstrução por nebulosidade no meio da tarde (Figura 6a). Esta conjectura constitui-se no segundo elo da investigação entre a escala urbana e a escala pontual da edificação. O que torna a hipótese do trabalho consistente, ao indissociar o ambiente interno do ambiente externo à edificação.

Figura 5 – Planta baixa da cozinha do Centro de Convivência Infantil (a) e do Restaurante Universitário (b). Em vermelho está destacado a localização dos fornos/fogões. Fonte: Planta fornecida pela Diretoria de Serviços da FCT – UNESP, modificada pela autora (2014)



Fonte: os autores.

Figura 6 – (a) Evolução diurna das principais componentes do balanço de energia em superfície na cidade de Presidente Prudente. Valores instantâneos de 1-min baseados em observações realizadas em 25 de outubro no sítio urbano (Jd. Itapura). A linha tracejada vertical indica o meio-dia verdadeiro local. (b) Observação da temperatura do ar e da umidade relativa na COHAB de Presidente Prudente, entre 9h e 14h local. O polígono indica os limites da zona de conforto proposta por Olgay (2008). As linhas horizontais pontilhadas representam novos intervalos de conforto estimados a partir de questionários aplicados à população. A razão de Bowen (β) é definida pela relação $\beta = Q_H/Q_E$



Fonte: os autores (a), adaptado de Olgay, 2008 (b)

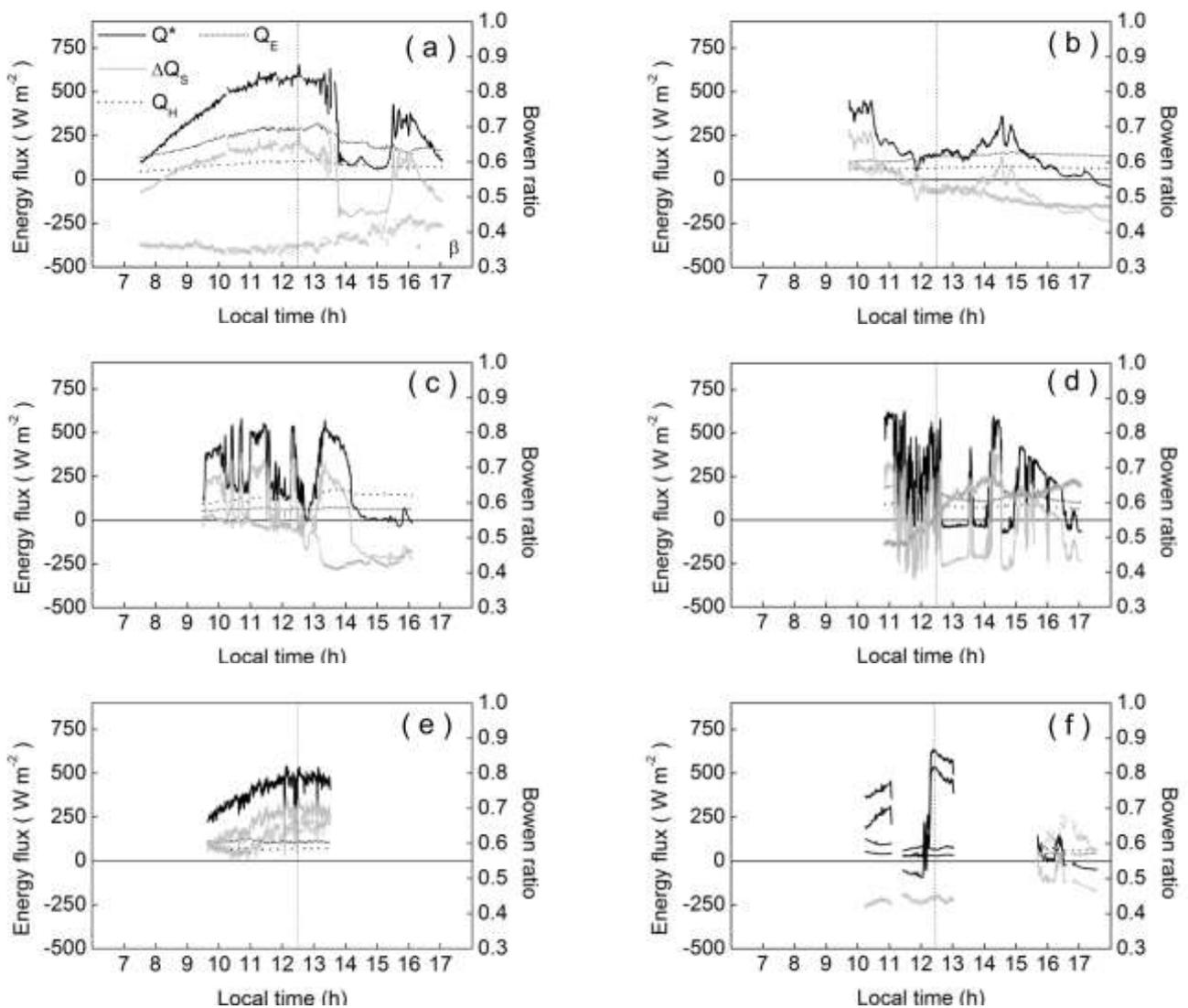
Resultados

Evolução diurna de Q^* , Q_H , Q_E e ΔQ_S

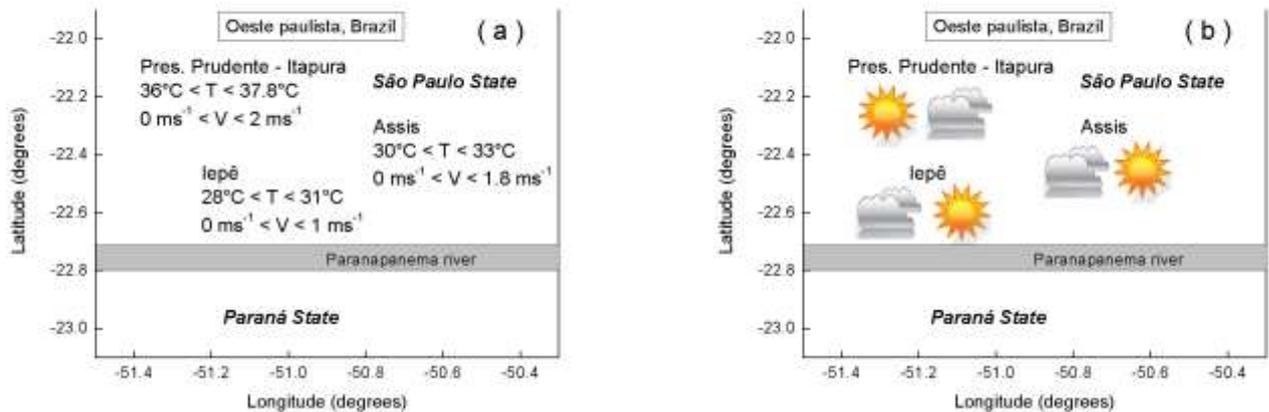
Uma primeira aproximação dos fluxos aponta para diferentes padrões de evolução diurna (Figura 7). No Largo do Santuário os registros da manhã são similares aos encontrados na Cohab, no entanto, as variações observadas durante a tarde entre os fluxos se deve mais às mudanças das condições do céu (Figura 8), do que propriamente pela presença de vegetação arbórea.

Os resultados apresentados na Figura 7a indicam que em Presidente Prudente a maior parte do fluxo de energia disponível na superfície durante o dia é transferido para a atmosfera na forma de calor latente de evaporação. A análise do balanço de energia para o Jd. Itapura (Figura 7a) e para a COHAB de Presidente Prudente indicou uma magnitude para a relação $\Delta Q_S/Q^*$ variando entre 0,3 e 0,5. Esta mesma relação pode ser verificada a partir da seção seguinte para o caso da escala pontual da edificação, com ΔQ_S estimado a partir da variabilidade da temperatura da face interna das paredes das cozinhas.

Figura 7 – Evolução diurna das componentes do balanço de energia em (a) 25 de outubro no Jd. Itapura, (b) 10 de outubro em Iepê, (c) 19 de setembro no Santuário de NS^a Aparecida, (d) 29 de agosto em Assis, (e) 2 de agosto na COHAB, (f) 15 de junho na Pça das Cerejeiras.



Fonte: os autores

Figura 8 – Amplitudes máximas dos dados meteorológicos (a) e sucessão de tipos de tempo (b) nos dias dos levantamentos.

Fonte: os autores

Variabilidade horária dos fluxos de energia e as diretrizes projetuais

O desconforto térmico sentido pelos trabalhadores é proveniente dos seguintes fatores: circulação de ar reduzida, ausência de vegetação no ambiente externo, radiação solar em excesso e calor antropogênico liberado por fontes fixas.

A partir das medições realizadas (Figuras 9 e 10) podem-se formular algumas hipóteses a respeito do desempenho térmico de cada cozinha. A primeira consideração diz respeito às temperaturas do ar dentro e fora da cozinha e à temperatura das faces interna e externa da parede que divide a cozinha de seu meio externo. Dos oito conjuntos de dados coletados (14 de março e 12 de maio no CCI, 14 e 28 de março no RU) dentro e fora do edifício, em seis oportunidades as temperaturas seguem o mesmo padrão: elevação da temperatura e do calor armazenado no decorrer do dia. Este calor armazenado internamente decorre da liberação de QF, estimado para a cozinha do CCI em torno de 25 Wm^{-2} e para a cozinha do RU em torno de 75 Wm^{-2} .

No entanto, o lado externo da cozinha do Restaurante Universitário apresentou um desempenho térmico distinto dos demais padrões verificados (Figuras 10f e 10h). A temperatura não permaneceu constante ou em elevação no decorrer do dia, ao contrário, apresentou um máximo entre 10h e 11h e um subsequente decréscimo nos horários seguintes. Embora todas as medições tenham sido realizadas em dias de céu claro, é possível que uma combinação entre a ventilação natural e o sombreamento por copas de árvores tenham sido os efeitos responsáveis pelas diferenças verificadas nestas duas situações. Além disso, o calor armazenado

no interior desta cozinha, no dia 28 de março, apresentou valor negativo em torno do meio-dia (Figura 10g e Quadro 1), o que caracteriza resfriamento.

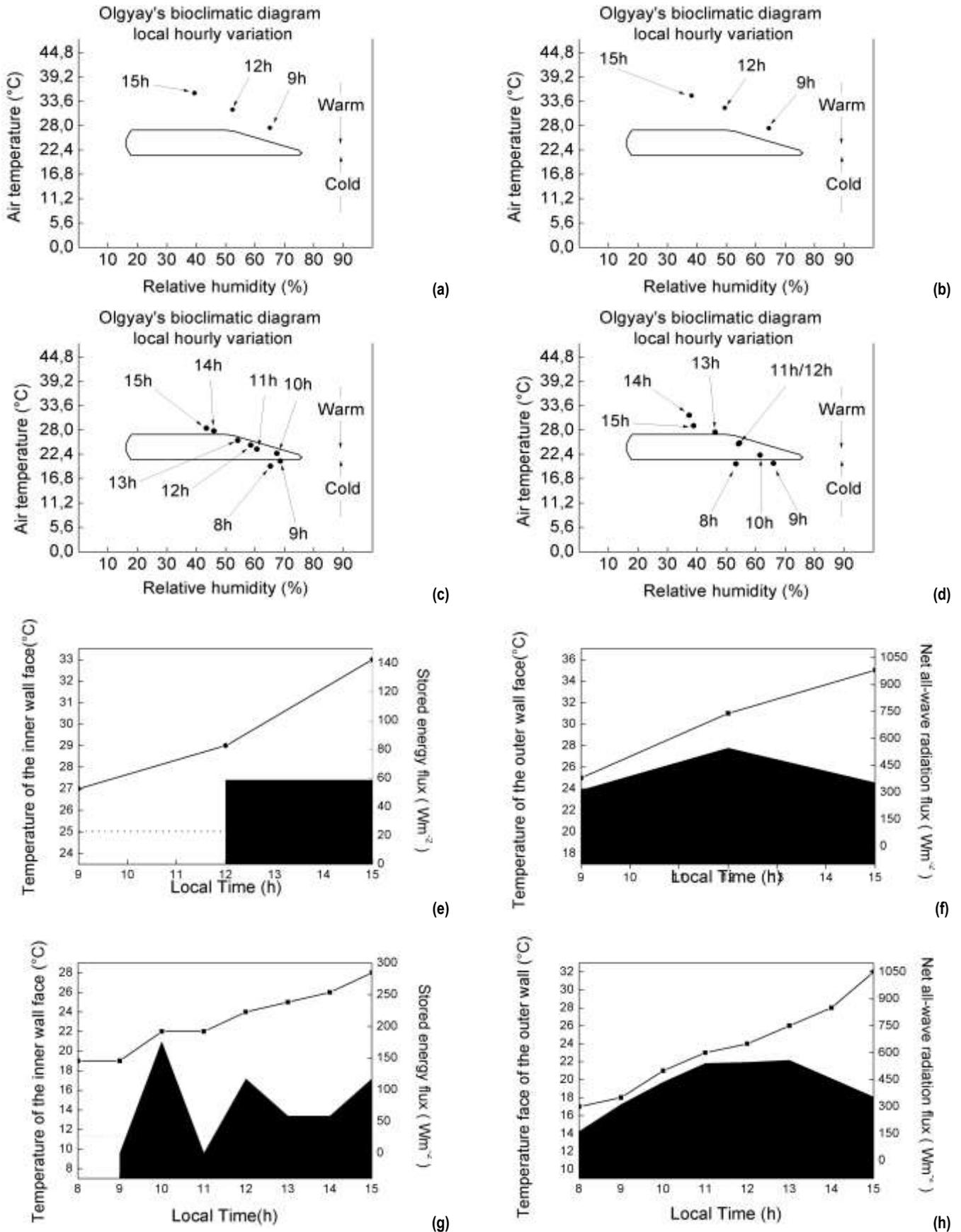
A proposta de adequação envolve a utilização de dutos (esquema proposto no Quadro 1). Estes dutos permitiriam o transporte natural de ar resfriado a partir das tubulações na área externa, de modo a injetar no ambiente interno ar resfriado. Este ar resfriado seria dissipado pelo ambiente interno, entranhando-se com o ar quente até as aberturas que se encontrariam ao lado oposto. A cozinha do RU não possui uma quantidade significativa de vegetação arbórea próximo às suas janelas e portas, por este motivo seria necessário o seu plantio de modo que a sombra das copas auxiliassem no resfriamento do ar a ser direcionado pelos dutos.

Os dutos devem ser fabricados com chapa de aço-carbono com no mínimo 1,37 mm de espessura (número 16 MSG) ou aço inoxidável com no mínimo 1,09 mm de espessura (número 18 MSG), devendo ser resistentes ao fogo e à corrosão (ABNT, 2000; ABNT, 2003).

Comparação entre os métodos do balanço energético residual e da correlação turbulenta

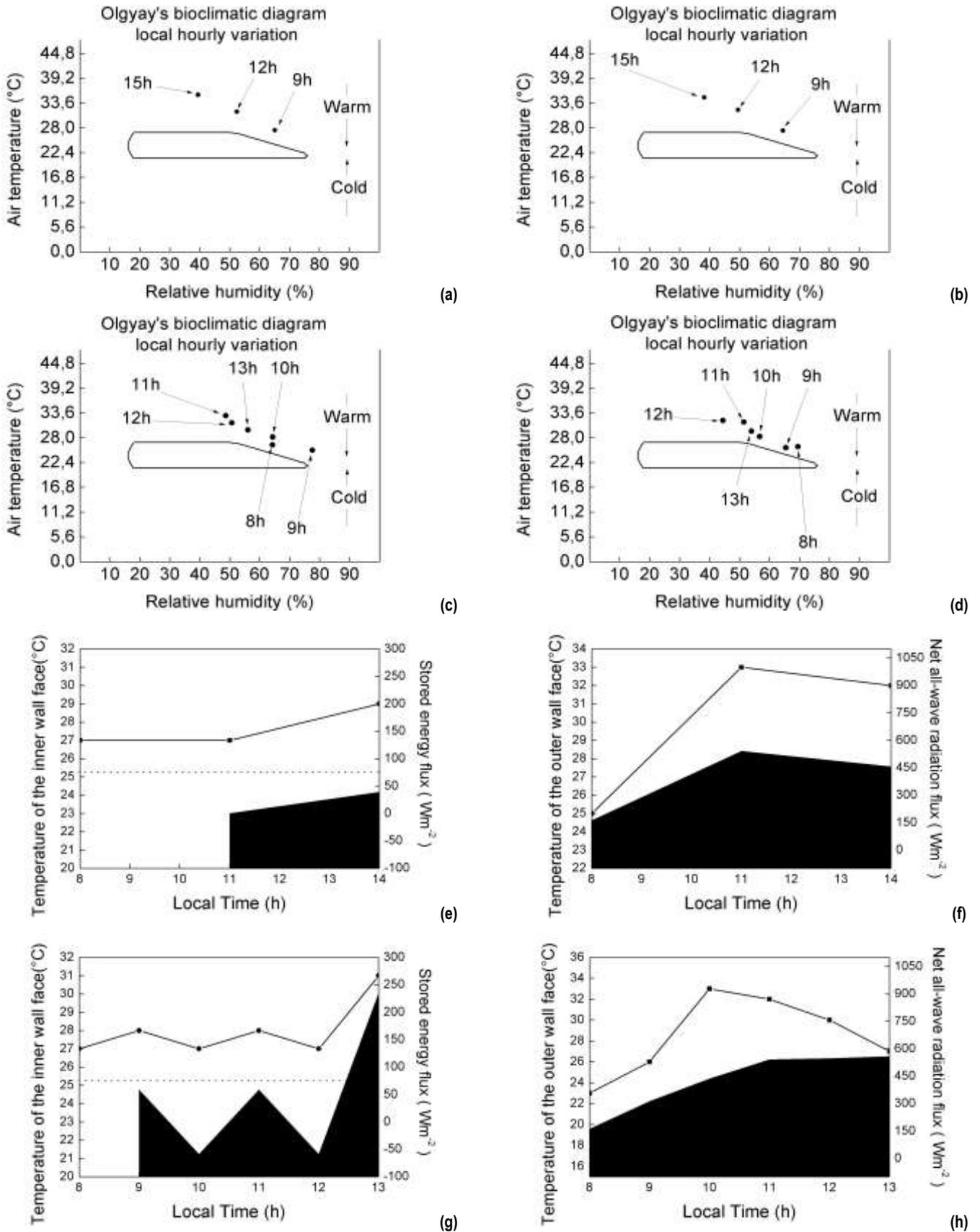
A comparação entre pequenos turbilhões e um grande vórtice pode ser verificada na Figura 11. O grande turbilhão foi observado em Iepê. O balanço de energia na superfície é condicionado à remoção de calor por QH (Figura 11a, abaixo) pela passagem da brisa intra-urbana (Figura 11b).

Figura 9 – Diagrama bioclimático de Olgay com a variação horária da temperatura e umidade relativa do ar dentro (a) e fora (b) da cozinha do Centro de Convivência Infantil nos dias 14 de março e 12 de maio de 2014 (c, d). Variação dos fluxos ΔQ_s (área preenchida) e Q^* (área preenchida) e da temperatura das paredes (traço-ponto) dentro (e, g) e fora (f, h) da cozinha do Centro de Convivência Infantil nos dias 14 de março e 12 de maio de 2014, respectivamente. A linha horizontal pontilhada indica o valor do fluxo de energia Q_r .



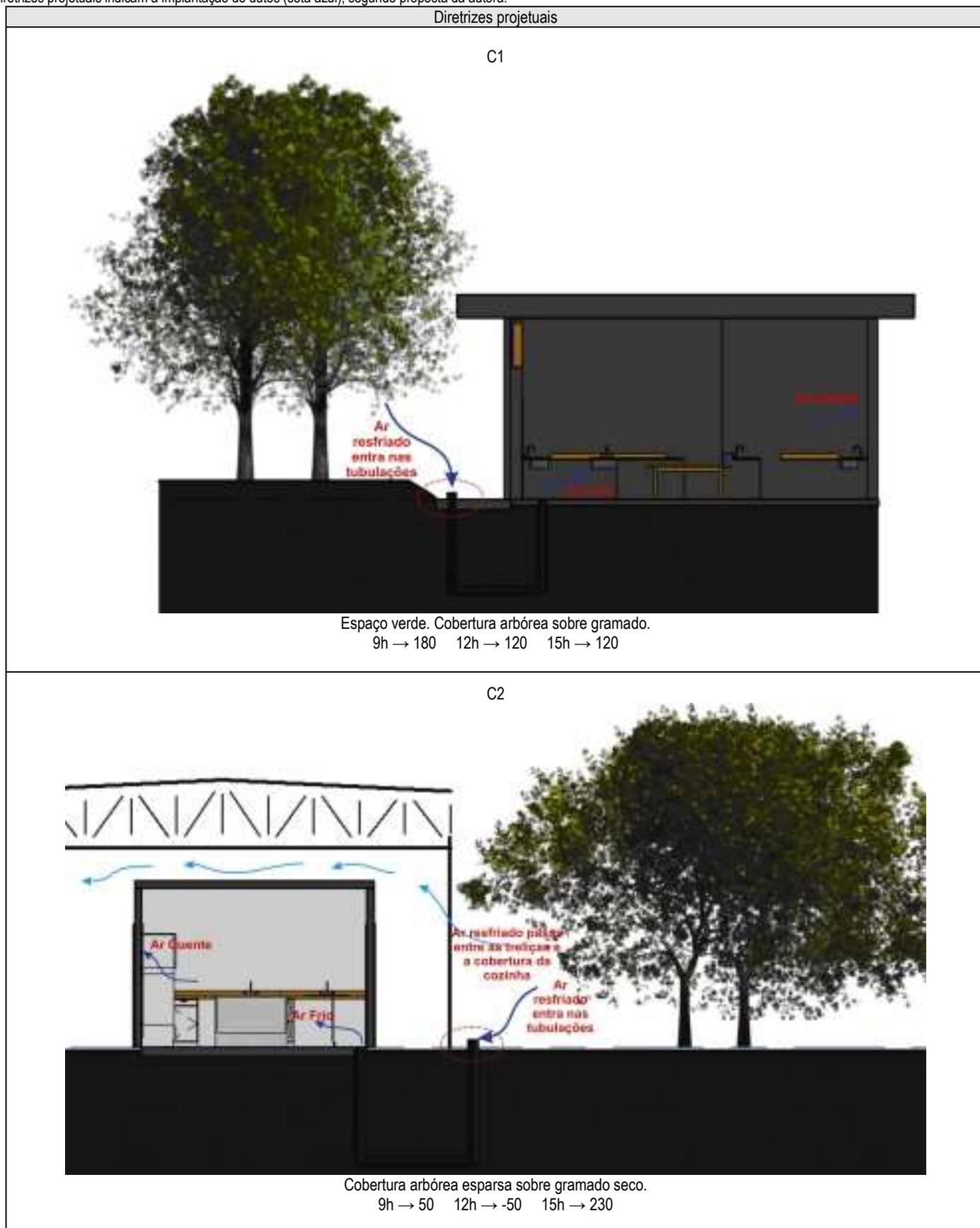
Fonte: os autores

Figura 10 – Diagrama bioclimático de Olgay com a variação horária da temperatura e umidade relativa do ar dentro (a) e fora (b) da cozinha do Restaurante Universitário nos dias 14 e 28 de março de 2014 (c, d). Variação dos fluxos ΔQ_s (área preenchida) e Q^* (área preenchida) e da temperatura das paredes (traço-ponto) dentro (e, g) e fora (f, h) da cozinha do Restaurante Universitário nos dias 14 e 28 de março de 2014, respectivamente. A linha horizontal pontilhada indica o valor do fluxo de energia Q_r .



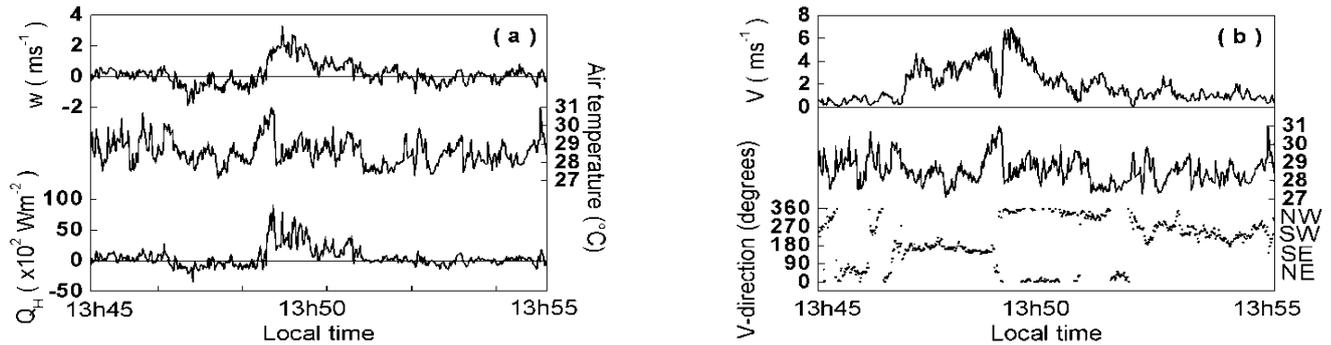
Fonte: os autores

Quadro 1 – Variação da energia armazenada (ΔQ_s) em $W.m^{-2}$ no Centro de Convivência Infantil em 12 de maio (C1) e no Restaurante Universitário em 28 de março (C2). As diretrizes projetuais indicam a implantação de dutos (seta azul), segundo proposta da autora.



Fonte: os autores

Figura 11 - Comparação de um grande ciclo turbulento em meio a pequenos vórtices representados pelo fluxo vertical de calor (a) e pela brisa (b).



Fonte: os autores

O propósito em analisar o fluxo QH obtido pelo método da correlação turbulenta procura evidenciar que as flutuações de calor sensível, e, conseqüentemente calor latente, no meio urbano, podem ser muito mais drásticas (Figura 11a) do que aquelas evidenciadas pelo método do balanço energético residual. O fluxo de calor sensível transportado por este grande turbilhão atinge o valor de 7500 Wm^{-2} 100 vezes superior aos 75 Wm^{-2} do fluxo QF gerado pelas atividades na cozinha do RU.

No entanto, estas flutuações são efêmeras, só podem ser percebidas com a utilização do CSAT3, e acabam passando despercebidas a um observador descuidado quando comparadas à escala temporal das atividades humanas.

Discussão

Apesar de ser considerada uma cidade média, pressupomos que a atual expansão da malha urbana de Presidente Prudente já permite a fragmentação de seu clima urbano em unidades climáticas específicas, moduladas pelas diferentes intensidades das atividades humanas e do calor antropogênico liberado. O clima ou os climas urbanos não podem ser tratados como processos puramente físicos, mas em todas as suas interações com os fatos associados à produção do espaço através das práticas sociais vigentes no cotidiano desta sociedade urbana (TARIFA; ARMANI, 2001, p. 48). Experimentos observacionais foram desenvolvidos para estimar as componentes do balanço de energia em superfície, assemelhando-se àqueles propostos por Oke (1987). Os valores encontrados para os fluxos turbulentos QH e QE parecem de acordo com outros valores encontrados na literatura. Especificamente na COHAB os valores são relativamente mais baixos do que nas outras localidades estudadas, ficando ligeiramente abaixo de 100 Wm^{-2} em torno do meio-dia. Este tipo de ocupação, com extensos gramados, caminhos cimentados e vegetação arbórea rarefeita

implica em valores reduzidos de evapotranspiração típicos da estação seca, conforme também observam Goldbach e Kuttler (2012) em áreas urbanas da Europa central.

A variabilidade de Q^* é afetada pelos agrupamentos vegetais arbóreos, que agem no sentido de atenuar a intensidade da radiação solar incidente e intensificar a emissão da radiação em ondas longas. O manejo da vegetação urbana também pode favorecer a elevação da densidade de vapor no ar, em consequência intensificar o fluxo QE . Claramente, estes efeitos podem estabilizar condições climáticas locais extremas.

Os resultados obtidos levam à identificação da interferência dos ambientes construídos sobre o clima da cidade. Os diferentes agrupamentos da vegetação alteram o balanço de energia, mas não apenas eles. Evidencia-se também a importante influência do tipo de tempo atmosférico predominante durante as observações. Isto implica que a adequação do projeto arquitetônico e do planejamento ambiental deve considerar não apenas a composição da superfície urbana por diferentes materiais, como também a ocorrência de diferentes tipos de tempo no local do assentamento.

As superfícies edificadas/impermeabilizadas e vegetadas necessárias à população compõem o sistema urbano (GRIMMOND; OKE, 1991). Landsberg (2006) lembra as causas básicas das mudanças climáticas provocadas pela urbanização: a primeira delas é a alteração na superfície; a segunda, a produção de calor pela própria cidade (STEWART; OKE, 2012).

O conhecimento sobre os fluxos de calor radiativo e turbulentos constituem uma informação crítica para o planejamento urbano (GOLDBACH; KUTTLER, 2012). A investigação do balanço de energia na superfície das cidades localizadas em áreas tropicais tem recebido menos atenção do que em latitudes médias. Nas cidades tropicais a vegetação é

responsável por diversos efeitos climáticos e micro meteorológicos ainda pouco estudados. Também são pouco estudados os efeitos dos grandes turbilhões, aparentemente capazes de remover grandes quantidades de calor sensível da superfície. Como o caso observado em Iepê, com um máximo de 7500 Wm^{-2} .

Em relação ao calor liberado pelas atividades humanas, verificou-se que as atividades em ambas as cozinhas são capazes de liberar diariamente mais calor do que a média espacial do calor antrópico liberado em uma grande metrópole como São Paulo. O valor médio de QF, da ordem de 20 Wm^{-2} , confirmado por Ferreira, Oliveira e Soares (2011) e estimado inicialmente uma década antes por Azevedo (2001) para a cidade de São Paulo é significativamente inferior aos 75 Wm^{-2} estimados para a cozinha do RU, e, ainda inferior à estimativa de 25 Wm^{-2} para a modesta cozinha do CCI. Esta evidência parece confirmar a hipótese de que o valor médio espacial do calor antropogênico liberado não é representativo da grande variabilidade espacial deste termo do balanço de energia.

As cozinhas industriais, ou profissionais, possuem algumas particularidades que as diferenciam dos demais ambientes e de uma cozinha residencial. Tais particularidades são influenciadas principalmente pelas fontes de calor antrópico, como destacado no decorrer dessa pesquisa. No entanto, elas não podem ser analisadas coletivamente e sim individualmente, pois embora possuam as mesmas fontes antrópicas elas se localizam em locais distintos e estão sob a influência de climas também distintos.

Pode-se perceber que as cozinhas analisadas, a do CCI e do RU, embora localizadas no mesmo município e a menos de 1 km de distância apresentaram desempenho térmico diferente, assim como os demais resultados das medições e dos cálculos, pois sua configuração espacial é única. Torna-se necessário que os projetos das cozinhas sejam elaborados de acordo com as particularidades do local de inserção, assim como as necessidades de cada programa. A cozinha do RU, por exemplo, foi projetada para ser implantada em diversas cidades que possuam um campus da UNESP, como é o caso de Bauru.

Essa atitude de utilizar a mesma planta, ou seja, o mesmo projeto para diversas cidades embora seja uma maneira de economizar na etapa de elaboração do projeto, torna-se um problema quando intervenções e reformas necessitam ser feitas assim que o projeto foi concluído.

Em relação ao projeto do CCI, tanto sua cozinha como os demais ambientes, foram prejudicados em relação ao

conforto térmico por ser construído integralmente em placas de gesso. O gesso pode ter sido utilizado com a intenção de manter por mais tempo a temperatura amena dentro do ambiente visto que ele dissipa o calor em velocidade menor a da alvenaria, devido a sua condutibilidade. No entanto, em um ambiente com fontes significativas de calor, este efeito pode se tornar indesejável. Um material que atenua a perda desse calor por condução através das paredes externas, não poderia ser adotado em uma Universidade pública exemplar. Contudo, em ambientes frios ele pode se tornar uma vantagem.

As diretrizes propostas representam alternativas naturais que permitem proporcionar um ambiente de trabalho confortável e salubre, maximizando conseqüentemente a produtividade dos funcionários.

A instalação de dutos no subsolo da edificação, permitindo a conexão do ar externo com o ar interno próximo ao piso, visa impulsionar naturalmente a atividade convectiva dentro da cozinha e, conseqüentemente as trocas de calor através das janelas.

A troca natural de calor através das janelas é mais eficiente do que a condução através das paredes, porém, necessita-se de ventilação natural que nem sempre ocorre.

Um modo alternativo e também natural de impulsionar a atividade convectiva que se desenvolve a partir dos fornos e fogões seria renovar o ar frio a partir da base.

O ar quente que sobe acima dos fogões, devido ao princípio da continuidade de massa no ar, acaba impulsionando a subida de ar próximo ao piso em direção às janelas e à cobertura da cozinha.

Por este motivo, a extremidade externa do duto deve ficar em local sombreado por copas de árvores. Durante a noite, para uma edificação genérica, este princípio poderia inclusive prover o ambiente interno com ar não tão resfriado, caso fosse induzido de alguma maneira para o ambiente interno. Este efeito poderia favorecer inclusive o desenvolvimento de outras atividades humanas distintas das descritas neste trabalho. Em um ambiente natural a copa das árvores possui esta propriedade de reduzir a amplitude térmica próximo à superfície entre o dia e a noite.

A extremidade externa do duto deveria possuir uma malha filtradora de partículas grossas, o que evitaria o seu entupimento ou a entrada de animais, tal como, roedores. A extremidade interna deveria ter ralo removível, permitindo sua abertura apenas durante as atividades de cozimento. Isto evitaria a entrada de pequenos insetos e o eventual transbordo durante a

lavagem do piso ou a ocorrência de chuvas fortes. O semi-cilindro inferior do eixo horizontal do duto deveria ser constituído de material poroso, o que facilitaria a infiltração da água da chuva na maior parte dos episódios em que ela não é tão intensa.

Considerações finais

O desenvolvimento deste trabalho pode auxiliar e mostrar como pode ser maior do que já é a compreensão do processo de elaboração de um projeto arquitetônico. Ao se procurar relacionar a escala arquitetônica à escala urbanística a complexidade torna-se ainda mais desafiadora, no entanto, é o único caminho existente para, de fato, qualificarmos os espaços urbanos e enfatizarmos a importância da inserção dos parâmetros micro meteorológicos e das

dificuldades do seu monitoramento urbano nas nossas cidades.

Seria uma boa prática em um estudo futuro instalar o anemômetro sônico (Figura 4b) no interior de uma cozinha industrial (Figura 3b), a fim de procurar observar sistematicamente e com detalhamento temporal o que já se percebe de modo rudimentar, ou seja, a atividade convectiva do ar dentro de uma cozinha, manifesta que é no movimento de panos de prato sobre os fogões, mesmo na ausência de qualquer tipo de ventilação. Esta convecção surge e é mantida justamente pela liberação de calor antropogênico, associado à queima do GLP bem como de outros combustíveis.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processos nº 2013/23299-1 e nº 2011/08520-8. Os autores também gostariam de expressar a sua gratidão aos revisores anônimos, cujos comentários ajudaram a melhorar este artigo.

Notas

- (1) GLP – Gás Liquefeito de Petróleo.
- (2) 1 lux (Lumen/m²) = 0,00146413 Wm⁻².

Referências

- ARNFIELD, A. John. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *IJC International Journal of Climatology*, London, v. 23, n. 1, p. 1-26, jan. 2003. ISSN 1097-0088. Disponível em: onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.859/pdf. Acesso em: 24 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.859>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14518**: Sistema de ventilação para cozinhas profissionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- AOYAGI, T.; SEINO, N. Relationship between wind and temperature derived from local climate simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 8, 2012, Dublin. **Proceedings...** Dublin: IAUC, 2012, p. 1-4.
- AZEVEDO, T. R. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Org). **Os climas da cidade de São Paulo: teoria e prática**, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- BARBOZA, E. C.; MACHADO, A. J.; FRANCHINI, A. A.. Estimativa do balanço de energia na superfície em cidades do Oeste Paulista, Brasil. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Brasília, 2013. **Anais ...**, Brasília: ANTAC, 2013. p. 251-257.
- CARVALHO JÚNIOR, J. A. de; LACAVA, P. T. **Emissões em processos de combustão**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.
- CUNHA, E. G. da. **Elementos de Arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência nas edificações**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006. 188 p.

- ELLEFSSEN, Richard. Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. **EB Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 16, n. 3-4, p.1025-1049, 1991. ISSN 0378-7788. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/journal/03787788/16/3-4. Acesso em: 24 set. 2015. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788\(91\)90097-M](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788(91)90097-M)
- FERREIRA, Maurício Jonas, OLIVEIRA Amauri Pereira de, SOARES Jacyra. Anthropogenic heat in the city of São Paulo, Brazil. **TAC Theoretical and Applied Climatology**, Viena, v. 104, n. 1, p. 43–56, mai 2011. ISSN 1434-4483. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00704-010-0322-7>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-010-0322-7>
- FERREIRA, Maurício Jonas, OLIVEIRA, Amauri Pereira de, SOARES, Jacyra. Diurnal variation in stored energy flux in São Paulo city, Brazil. **UC Urban Climate**, Amsterdam, v.5, n. 1, p. 36-51, out 2013. ISSN 2212-0955. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095513000254>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2013.06.001>
- FRANCO, M. A. R. **Desenho Ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem**. São Paulo: ANNABLUME Editora e FAPESP, 2008, 2a. edição. 224 p.
- GOLDBACH, A.; KUTTLER, W. Quantification of turbulent heat fluxes for adaptation strategies within urban planning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 8, 2012, Dublin. **Proceedings....** Dublin: IAUC, 2012, 83, p. 1-4.
- GRIMMOND, Christine Sue B.; OKE, Timothe R. An evapotranspiration-interception model for urban areas. **WRR Water Resources Research**, Washington, v. 27, n. 7, p. 1739-1755, jul 1991. ISSN 1944-7973. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/91WR00557/epdf>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1029/91WR00557>
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.censo2014.ibge.gov.br/>. Acesso em: 3 jul. 2015.
- LANDSBERG, H. E. **O clima das cidades**. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. In: **Revista do Departamento de Geografia**, v. 18, p. 95-111, 2006.
- LORIDAN, Thomas; GRIMMOND, Christine Sue B. Characterization of energy flux partitioning in urban environments: links with surface seasonal properties. **JAMC Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Washington, v.51, n. 2, p. 219-241, fev 2012. ISSN 1558-8432. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JAMC-D-11-038.1>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-11-038.1>
- MACHADO, Antonio Jaschke; AZEVEDO, Tarik Rezende de. Spatial distribution in long-wave radiation flux in São Paulo city, Brazil. **WJEPS World Journal of Engineering and Physical Sciences**, Albany, vol.1, n. 3, p. 33–52, dez 2013. ISSN 2331-1878. Disponível em: <http://wsrjournals.org/journal/wjeps>. Acesso em: 25 set. 2015.
- MASSON, Valéry. Urban surface modeling and the meso-scale impact of cities, **TAC Theoretical and Applied Climatology**, Viena, vol. 84, n. 1, 35–45, fev 2006. ISSN 1434-4483. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00704-005-0142-3>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-005-0142-3>
- MIAO, S.; CHEN, F.; DOU, J.; LI, J.; LI, A. Observing and modeling the urban surface energy balance in Beijing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 8, 2012, Dublin. **Proceedings....** Dublin: IAUC, 2012, 555, p. 1-4.
- MIDDEL, Ariane; HÄB, Kathrin; BRAZEL, Anthony J.; MARTIN, Chris; GUHATHAKURTA, Subhrajit. Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. **LUP Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 122, n. 1, p. 16-28, fev 2014. ISSN 0169-2046. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204613002120>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.004>
- NETO, J. L. S.; TOMMASELLI, J. T. G. **O tempo e o clima de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: UNESP/ FCT, 2009. 75 p.

OFFERLE, B.; GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. Parameterization of net all-wave radiation for urban areas. **JAM Journal of Applied Meteorology**, Washington, v. 42, n. 8, p.1157-1173, ago 2003. ISSN 1520-0450. Disponível em: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450\(2003\)042<1157:3APONARF>2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(2003)042<1157:3APONARF>2.0.CO%3B2). Acesso em: 25 set. 2015. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(2003\)042<1157:PONARF>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(2003)042<1157:PONARF>2.0.CO;2)

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed., London, Routledge, 1987.

OKE, Timothe R. The micrometeorology of the urban forest. **PTRSL Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v. 324B, n. 1223, p. 335-351, ago 1989. ISSN 1471-2970. Disponível em: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/324/1223/335>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1989.0051>

OLGYAY, V. **Arquitetura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2008.

PRADELLA, H. L. **A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas**. 2014, 370 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RIBEIRO, H.; AZEVEDO, T. R. O patrimônio em áreas verdes da USP e atmosfera urbana. In: COMISSÃO DE PATRIMÔNIO CULTURAL DA USP. **Meio Ambiente: Patrimônio Cultural da USP**. São Paulo, 2003, p.19-39.

STEWART, Iain D., and OKE, Timothe R. Local climate zones for urban temperature studies. **BAMS Bulletin of American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, 1879-1900, dez 2012. ISSN 1520-0477. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>. Acesso em: 25 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

TARIFA, J.R.; MONTEIRO, C.A.F. **Balanço de energia em seqüência de tipos de tempo: uma avaliação no oeste paulista (Presidente Prudente) 1968-1969**. São Paulo: Instituto de Geografia USP, 1972, (Climatologia, 5), 9 p.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os Climas Urbanos. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Org). **Os climas da cidade de São Paulo: teoria e prática**, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

¹ **Gabriela Iassia Finati**

Arquiteta. Iniciação Científica. Endereço postal: Deptº de Planejamento, Urbanismo e Ambiente - Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900.

¹ **Antonio Jaschke Machado**

Meteorologista. Doutor em Geografia Física. Endereço postal: Deptº de Geografia, Laboratório de Climatologia - Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil, CEP 19060-900.