ANÁLISE DA VARIABILIDADE DIÁRIA DOS ÍNDICES DE CALOR ANTROPOGÊNICO E BALANÇO DE ENERGIA EM COZINHAS DE PRESIDENTE PRUDENTE, SP.

Gabriela Iassia Finati, Antonio Jaschke Machado.

Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Presidente Prudente – SP. E-mail:

gabriela.iassia@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa busca descrever as condições térmicas em cozinhas de Presidente Prudente, SP de modo a desenvolver um procedimento metodológico que estime a influência do calor antropogênico liberado pelas fontes existentes e o balanço de energia na superfície, tanto no interior quanto no exterior desses ambientes. Esta análise busca verificar o efeito que a fonte de calor antrópico pode exercer sobre o estado de conforto térmico dos trabalhadores nas cozinhas, além de auxiliar na estimativa dos fluxos de energia associado a esta fonte, a fim de inventariá-la juntamente com outras fontes como a própria fonte natural de origem solar. Além dos dados coletados durante a pesquisa foram utilizados valores relacionados aos fluxos de energia nas cidades do oeste paulista do projeto FAPESP, processo 2011/08520-8.

Palavras-chave: Calor antropogênico, Climatologia, Tecnologia da Arquitetura, Conforto térmico.

DIURNAL EVOLUTION OF ANTHROPOGENIC HEAT RELEASED BY KITCHENS IN THE CITY OF PRESIDENTE PRUDENTE, BRAZIL

ABSTRACT

This research seeks to describe the thermal conditions in the kitchens of Presidente Prudente, SP in order to develop a methodological procedure that estimates the influence of anthropogenic heat released by existing sources and the energy balance at the surface, both the inside and outside of these environments. This analysis seeks to determine the effect that the source of anthropogenic heat can have on the state of thermal comfort of workers in the kitchens, and assist in estimating the flows of energy associated with this source in order to inventory the along with other sources like natural source of solar origin itself. In addition to the data collected during the research, related to flows of energy values were used in the cities of western São Paulo FAPESP, process 2011/08520-8.

Keywords: Anthropogenic heat, Climatology, Architectural Technology, Thermal Comfort.

INTRODUÇÃO

O homem está diariamente exposto a ação de diversas fontes de calor e energia, provenientes da queima dos combustíveis fósseis, da eletricidade, dos veículos que circulam pelo meio e do próprio metabolismo humano. Tais fontes constituem juntas o calor antropogênico, sendo classificado e descrito através de três componentes por Ferreira et al. (2011): fontes fixas (Qfs), fontes móveis (Qfv) e metabólica (Qfm).

As cozinhas são ambientes que apresentam influência da fonte metabólica e das fontes fixas, caracterizada pela iluminação e fornos/fogões. Trata-se de um ambiente em que ocorrem picos na execução das atividades e com isso poderá ser observado se a variabilidade temporal das atividades, embora não altere o calor antropogênico, se ela irá alterar a sensação térmica dos trabalhadores.

Azevedo (2011) destaca que assim como em residências, principalmente nas cozinhas, as principais e mais significativas fontes de energia presentes são o gás liquefeito de petróleo (LPG) e a energia elétrica (EE). Ambas são dissipadas para o ambiente em forma de calor, assim como a energia armazenada pelos indivíduos e que é convertida em calor para o ambiente.

METODOLOGIA

Este trabalho utiliza o método do inventário de energia para estimar o fluxo da energia antropogênica e compará-la ao fluxo estimado a partir de observações da temperatura aparente das superfícies das paredes. As estimativas inventariadas e suas variações temporais são realizadas com base em valores mensais do consumo de LPG e EE em cozinhas na cidade de Presidente Prudente em 2014.

Foram escolhidas duas cozinhas para serem realizadas as coletas de dados e análises (Figura 1). Estas são a Cozinha do Centro de Convivência Infantil (CCI) e a Cozinha do Restaurante Universitário (CRU), ambas pertencentes e localizadas no Campus principal da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Figura 1. (a) Localização dos dois edifícios dentro do Campus.

Fonte: Google Earth modificado pela autora (2014).

(b) Planta baixa da Cozinha do Restaurante Universitário.

Fonte: Planta fornecida pela diretoria de Serviços da FCT – UNESP, modificada pela autora (2014).

(c) Planta baixa da Cozinha do Centro de Convivência Infantil.

Fonte: Planta fornecida pela diretoria de Serviços da FCT – UNESP, modificada pela autora (2014).

Tal escolha ocorreu devido às diferenças marcantes entre as duas cozinhas em relação:

- À área construída.
- À quantidade de trabalhadores.
- Ao número de refeições oferecidas ao longo do dia.
- Ao horário de funcionamento.

Desse modo, diversas variáveis e características foram levantadas. Entre elas, a temperatura da face da parede no interior e exterior da cozinha, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, dentro e fora do ambiente. Tais medições foram realizadas em dois dias em cada cozinha. Os dias escolhidos foram dias típicos de céu claro, independente da estação do ano. As

medições realizadas no primeiro dia foram feitas em um intervalo de três em três horas. Já no segundo dia, de modo a obter maior precisão na análise dos dados foram realizadas medições horárias.

Para essas medições foram utilizados dois instrumentos: o termômetro infravermelho sem contato e o termohigrômetro. O primeiro foi utilizado para coletar a temperatura da superfície das paredes e o segundo para obter a temperatura e umidade relativa do ar. Com os valores obtidos nesses sensores foi construída uma tabela no software Origin que possibilitou obter outras informações, como a variação de temperatura aparente (ΔT_s), saldo de energia armazenada (ΔQ_s) e o fluxo antropogênico de energia total e em cada fonte.

A energia dissipada pelo uso culinário e pela biomassa dos trabalhadores

O fluxo antropogênico de energia, como dito anteriormente é caracterizado pela junção de Q_{FS} , Q_{FV} e Q_{FM} . Despreza-se o termo Q_{FV} , por considerar-se desprezível o efeito das fontes móveis externas em relação ao efeito das fontes estacionárias no interior das cozinhas, e obtém-se a seguinte equação:

$$Q_F = Q_{FS} + Q_{FM} \quad (3),$$

sendo Q_{fs} as fontes estacionárias e Q_{fm} a fonte metabólica.

Nas cozinhas, as fontes estacionárias são liberadas pelo consumo de LPG nos fornos (Q_{FSF}) e pelo consumo de EE (Q_{FSE}), sendo respectivamente as seguintes equações utilizadas para determinar esses valores de modo a obter um valor total ao final:

$$Q_{FSF} = \frac{NHC_{LPG} \cdot \rho_{LPG} \cdot C_{LPG}}{n_H \cdot A} \quad (4),$$

sendo NHC_{LPG} o poder calorífico do LPG; ρ_{LPG} a densidade do LPG; C_{LPG} o consumo diário do LPG; N_H o número de horas em que o forno (e/ou fogão) permanece ligado; e A a área de influência dessa fonte.

$$Q_{FSE} = \frac{W \cdot n_{LAMP}}{A_{TETO}} \quad (5),$$

sendo W a potência das lâmpadas; n_{lamp} o número de lâmpadas; e A_{teto} a área de influência das lâmpadas que neste caso é a mesma que a área do teto.

Já a fonte metabólica pode ser calculada pela seguinte equação, o qual o valor também será contabilizado na equação final:

$$Q_{FM} = M \cdot \rho_{POP} \quad (6),$$

sendo M a taxa de produção metabólica por pessoa; e ρ_{POP} a densidade de pessoas.

RESULTADOS

Com base nas equações propostas por Azevedo (2001) e Ferreira et al. (2011), os valores dos fluxos obtidos para cada cozinha pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1. Densidade do fluxo antropogênico nas cozinhas analisadas

	Densidade do fluxo de calor antropogênico			
	$Q_{fsf} (Wm^{-2})$	$Q_{fse} (Wm^{-2})$	$Q_{fm} (Wm^{-2})$	$Q_f (Wm^{-2})$
CCI	11	7,6	5,4	23,9
CRU	39,5	25,5	14,3	79,3

Além disso, com esses valores obtidos nas equações e nas medições realizadas em campo, para cada cozinha, foi possível obter gráficos que apresentam a relação entre as fontes antrópicas presentes no ambiente interno e a variação dos fluxos de energia.

No dia 14 de março foram realizadas medições nas duas cozinhas, portanto a variação dos fluxos de energia apresentada na Figuras 2 poderá ser melhor comparada com a da outra cozinha, Figura 3, visto que as condições climáticas são as mesmas.

Figura 2. Variação dos fluxos de energia no dia 14 de março de 2014 no Centro de Convivência Infantil - (a) Temperatura da face interna da parede (linha-ponto); fluxo de energia armazenada (área preenchida). (b) Temperatura da face externa da parede (linha-ponto); fluxo de radiação (área preenchida).

Figura 3. Variação dos fluxos de energia no dia 14 de março de 2014 no Restaurante Universitário - (a) Temperatura da face interna da parede (linha-ponto); fluxo de energia armazenada (área preenchida) e QF (linha tracejada). (b) Temperatura da face externa da parede (linha-ponto); fluxo de radiação (área preenchida).

Para se obter o gráfico da variação dos fluxos de energia armazenada (ΔQ_S) nas paredes internas (Figs. 2a e 3a) foram utilizados os valores observados de temperatura das superfícies das paredes (Eq. 1).

Para se obter o gráfico da variação dos fluxos de energia radiativa (Q^*) nas paredes externas (Figs. 2b e 3b) foram utilizadas observações de Q^* (Fig. 4).

Figura 4. (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 de 2012 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). Adaptado de Barboza et al. (2013).

DISCUSSÃO

A quantidade de calor gerada por cada ambiente ou área, dependerá da concentração de pessoas ou equipamentos. Isso, pois, esses fatores são determinantes nos cálculos realizados anteriormente. Embora, nas duas cozinhas o calor liberado pelos fornos/fogões seja sempre o mais elevado, o liberado pela eletricidade o intermediário e o pelo metabolismo humano o de menor valor, os valores apresentados são bem distantes devido às características dos ambientes serem distintas. Enquanto a cozinha do Restaurante Universitário possui uma área de trabalho de aproximadamente 40 m², um gasto diário de LPG de 43,2 litros e 32 lâmpadas de 32W cada, a cozinha do centro de Convivência Infantil apresenta uma área de aproximadamente 20 m², gasto diário de LPG de 2,7 litros e 4 lâmpadas de 40W cada.

A sensação de desconforto sentida pelos trabalhadores ocorre pela associação entre esses fatores e a umidade relativa, ou melhor, a quantidade de vapor de água existente no ar. Segundo Coutinho (1998) ambientes muito quentes favorecem a desmotivação do trabalhador, sendo o trabalho qualificado ou não, e isso favorece a ocorrência de acidentes ou erros.

Percebe-se que algumas mudanças no tipo de tempo meteorológico (PRADELLA, 2014) auxiliaram na diferenciação do padrão dos ambientes e permitiram que suas temperaturas diminuíssem e se enquadrassem em situações de conforto térmico. No entanto, essas diferenças são mínimas em relação ao padrão apresentado durante todo o ano.

CONCLUSÃO

A partir das figuras apresentadas anteriormente percebe-se que o índice de calor antropogênico é o mesmo ao longo do dia, pois considera o desempenho do ambiente ao longo de todo o funcionamento, entre os picos e baixos das atividades de trabalho. No entanto, a sensação térmica a que os trabalhadores estão expostos não prevalece a mesma.

Isso ocorre pois embora as condições climáticas ao longo do ano e o material das vedações verticais e horizontais armazenem ou dissipem o calor para dentro ou fora do ambiente e isso interfira na sensação térmica sentida pelos trabalhadores, essas variáveis não são as únicas responsáveis pela energia armazenada no ambiente.

Mais do que as variáveis citadas, a temperatura interna do ambiente é resultado das fontes antrópicas presentes no ambiente. Nas cozinhas analisadas essas fontes são provenientes da queima do gás (LPG), eletricidade e metabolismo humano. Toda essa energia proveniente dessas fontes é dissipada para o ambiente em forma de calor e auxiliam no aumento e diminuição da temperatura do ambiente interno e de seu meio externo circundante.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processos nº 2013/23299-1 e nº 2011/08520-8. A Srª Marisa Oliveira Vicente dos Santos, supervisora do Centro de Convivência Infantil, e à nutricionista Daniele Orlandelli, responsável pelo Restaurante Universitário, pela assistência às informações. Às cozinheiras do CCI e a toda à equipe da cozinha do RU pelos esclarecimentos de dúvidas.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, T. R. de. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. **GEOUSP: Os climas na cidade de São Paulo, Teoria & Prática**, São Paulo, 2001, vol. 4, p. 71 – 93.
- BARBOZA, E. C.; MACHADO, A. J. e FRANCHINI, A. A. Estimativa do Balanço de Energia na superfície em cidades do Oeste Paulista, Brasil. **VIII ELACAC – Encontro Latino americano de Conforto no Ambiente Construído**, Brasília, 25 de setembro de 2013.
- COUTINHO, A. S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Edições PPGE, 1998 – 215 p.
- FERREIRA, M. J. , OLIVEIRA A. P. , SOARES J (2011) Anthropogenic heat in the city of São Paulo, Brazil. **Theor Appl Climatol** 104:43–56. doi:10.1007/s00704-010-0322-7
- PRADELLA, H. L. **A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.