

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DO CONDICIONAMENTO DO AR NAS EDIFICAÇÕES PARA O AUMENTO DA TEMPERATURA DO AMBIENTE EXTERNO

Denisi Holanda HALL¹
Luiz Antonio CANDIDO²

¹Bolsista IC INPA-PAIC/FAPEAM; ²Orientador CDAM/INPA

INTRODUÇÃO

O espaço geográfico vem sofrendo constantes transformações resultado da relação sociedade-ambiente, em que a ocupação do solo é o agente mais perceptível e provocador das mudanças. O clima local é afetado diretamente pelas características dos materiais de superfície e pela liberação de calor antropogênico associado ao uso de equipamentos modernos, tais como automóveis, e até mesmo condicionadores de ar. O condicionador de ar tem como seu principal objetivo levar os ambientes de convívio a temperaturas agradáveis criando uma sensação de conforto térmico (sensação de bem-estar relacionado à temperatura). Porém o que demanda o uso desses aparelhos é o fluxo de calor sensível da superfície interna da parede, que por sua vez irá depender da quantidade de radiação solar incidente na parte externa desse ambiente a ser refrigerado. O ar condicionado pode contribuir para o aquecimento da atmosfera, e em mais de um sentido (Munck *et al.* 2013). Primeiro, ao utilizar uma enorme quantidade de energia para seu funcionamento gera um calor residual que modifica a temperatura do ar externo a medida que resfria o ambiente interno. Essa contribuição ainda não foi quantificada. Em geral, os trabalhos consideram o efeito da ilha de calor urbana na demanda por resfriamento, sem considerar a contribuição adicional desses equipamentos para o aumento da temperatura nas cidades, o que promove um ciclo de resfriamento e aquecimento. Em trabalho recente, Salamanca *et al.* (2011), mostra que durante a noite, na cidade de Houston (Texas-USA), a temperatura aumenta cerca de 2°C em áreas densamente urbanizadas, em virtude do uso dos condicionadores de ar. O aumento da temperatura do ar externo devido ao ar-condicionado é maior a noite do que durante o dia, o que agrava o estresse térmico noturno (Salamanca *et al.* 2011). O calor residual liberado pelo ar condicionado foi estimado por Ohashi *et al.* (2007), para a cidade de Tóquio, onde observou que esse calor contribuiu para um aumento da temperatura do ar de 1° a 2°C durante a semana em uma área comercial. Nessa perspectiva, esse trabalho se propõe a avaliar a contribuição do ar condicionado para o aquecimento do ar externo, usando um sistema de monitoramento da temperatura do ar em diferentes ambientes (internos e externos) e em lugares com distintas paisagens locais, como cobertura vegetal, parcialmente urbano e urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo proposto, três locais de monitoramento foram selecionados na cidade de Manaus, abrangendo diferentes paisagens do meio urbano, sendo eles:

- **Área bosque:** Tendo como ponto de monitoramento um laboratório do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia- INPA campus I, localizado na zona centro-leste de Manaus, de latitude 3° 5'40.21"S e longitude 59°59'21.02"O, região de bosque e densa vegetação ao entorno sem intervenção urbana, e onde o sistema de condicionamento do ar é mantido em funcionamento durante todo o dia;
- **Área Periurbano:** Local com pouca vegetação no entorno, verticalização distribuída e espelho d'água ao entorno, localizado na zona centro-sul de Manaus, Universidade do Estado do Amazonas- EST/UEA, 3° 5'30.81"Latitude Sul e 60° 1'5.06"Longitude Oeste, com funcionamento do ar condicionado no período das 08:00 as 17:00h

- **Área urbano:** Local de intensa urbanização, sem vegetação no entorno, espaço físico totalmente modificado e coberto por concreto, asfalto, e aglomerados de prédios e residências, localizado no Centro Universitário do Norte- UNINORTE unidade 12, localizado no centro da cidade, Latitude 3° 7'32.64"S e Longitude 60° 1'19.47"O, com o ar-condicionado funcionando das 10:00hs a 22:00hs

O monitoramento da temperatura do ar foi realizado em duas etapas:

Etapa I: Setembro/ Outubro e Novembro de 2014 caracterizando o período seco.

Etapa II: Maio / 2015 e representando o período chuvoso.

Em cada ponto de coleta utilizou-se três sensores termo-higrômetros, monitorando o ambiente interno, onde o uso do ar-condicionado é frequente, o ambiente externo e o fluxo de ar na unidade externa do ar-condicionado.

Uma análise comparativa dos dados foi realizada em cada ponto de coleta e pelo período em que as mesmas foram realizadas, onde os dados receberam um pré-tratamento corretivo através de um fator de correção para eliminar a influência do abrigo meteorológico no qual os sensores foram instalados, onde foi desconsiderado o período em que o ar-condicionado estava inativo, para que os cálculos desse estudo possam apresentar uma maior eficiência. O fator de correção foi calculado por:

$$\text{Fator de correção} = T_{arc} - T_{ex}$$

Onde, T_{arc} é a temperatura do fluxo de saída do ar-condicionado que é um indicador do calor residual liberado no condensador, e T_{ex} é a temperatura do ambiente externo.

Após a correção, verificou a média, desvio padrão das temperaturas do ar, interno, externo e do exaustor, assim como dos fluxos de calor sensível e das taxas de aquecimento e resfriamento em cada ponto de coleta.

$$\Delta T_q = T_{arc} - T_{ex}$$

$$\Delta T_r = T_{in} - T_{ex}$$

Onde, ΔT_q : Taxa de aquecimento; T_{arc} : Temperatura da unidade condensadora (parte externa); T_{ex} : Temperatura do ambiente externo; T_{in} : Temperatura do ambiente interno e ΔT_r : Taxa de resfriamento.

$$H_{ar} = \frac{\rho c_p (T_{arc} - T_{ex})}{r_H}$$

H_{ar} : Fluxo de calor sensível; T_{arc} : temperatura da unidade condensadora (parte externa); T_{ex} : Temperatura do ambiente externo; T_{in} : Temperatura do ambiente interno; ρ : densidade do ar; c_p : Calor específico; r_H : resistência à transferência de calor sensível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os locais de monitoramento, as temperaturas do ar da unidade externa do ar-condicionado (T_{arc}) e da temperatura externa (T_{ex}), apresentaram o mesmo comportamento similar em termos de ciclo diário, evidenciando a mesma variação temporal, já a temperatura interna (T_{in}) demonstrou uma tendência constante com pequenas oscilações. Isso se explica pelo fato de uma vez que é alcançada a temperatura desejada, o compressor do ar condicionado é desligado, através de um sensor interno do equipamento, fazendo com que o ambiente interno permaneça com a temperatura escolhida. Qualquer variação na temperatura do ar interna, o compressor é acionado, onde é o responsável pela circulação do gás refrigerante no sistema, fazendo com que o ambiente retome

a temperatura adequada. Esse efeito é observado nitidamente na da temperatura interna (T_{in}), conforme Figura 1 em todos os locais monitorados.

No ambiente urbano foram registradas as maiores médias e menores desvios padrões na primeira coleta, com diferença na T_{ex} para o ambiente de bosque com $4,6^{\circ}\text{C}$. Na primeira etapa de coleta de dados os fluxos de calor sensível da unidade condensadora no período de funcionamento, o ambiente de bosque apresentou o maior fluxo de calor sensível com uma média de $236,91\text{W}/\text{m}^2$ e dados mais dispersos, gerando uma taxa de aquecimento para o ambiente externo de $7,3^{\circ}\text{C}$. Na segunda etapa o ambiente periurbano apresentou maior média de fluxo de calor sensível de $206,8\text{W}/\text{m}^2$ e maior media de aquecimento $6,6^{\circ}\text{C}$ contra um resfriamento de 7°C do ambiente interno. O fluxo de calor sensível da unidade condensadora do ar-condicionado, demonstrou uma relação com a taxa de aquecimento, ou seja, quanto maior o fluxo de calor de sensível maior será a taxa de aquecimento para o ambiente externo. O ambiente de bosque apresentou maior contribuição, em razão do período de funcionamento do ar-condicionado nesse ambiente ser durante 24hs.

Tabela 1. Comparação das variáveis nos ambientes monitorados.

		T_{in}		T_{ex}		T_{ac}		ΔT_q		H_{arc}		ΔT_r	
		Média	D.p	Média	D.p	Média	D.p	Média	D.p	Média	D.p	Média	D.p
Etapa I	Bosque	21,73	1,13	28,89	1,06	36,20	2,08	7,31	1,38	236,91	44,81	-7,17	1,43
	Periurbano	23,36	0,61	32,28	1,05	36,67	1,39	4,39	0,50	142,27	16,10	-8,92	0,77
	Urbano	23,91	0,02	33,49	0,17	37,96	0,16	4,48	0,29	145,13	9,48	-9,58	0,18
Etapa II	Bosque	23,15	0,29	27,98	1,28	34,12	1,32	6,13	0,15	198,81	4,92	-4,83	1,13
	Periurbano	23,96	0,45	31,94	1,54	38,58	1,79	6,64	0,62	215,21	20,08	-7,98	1,28
	Urbano	25,01	0,24	30,23	0,87	35,82	2,07	5,59	1,26	181,27	40,76	-5,22	0,82

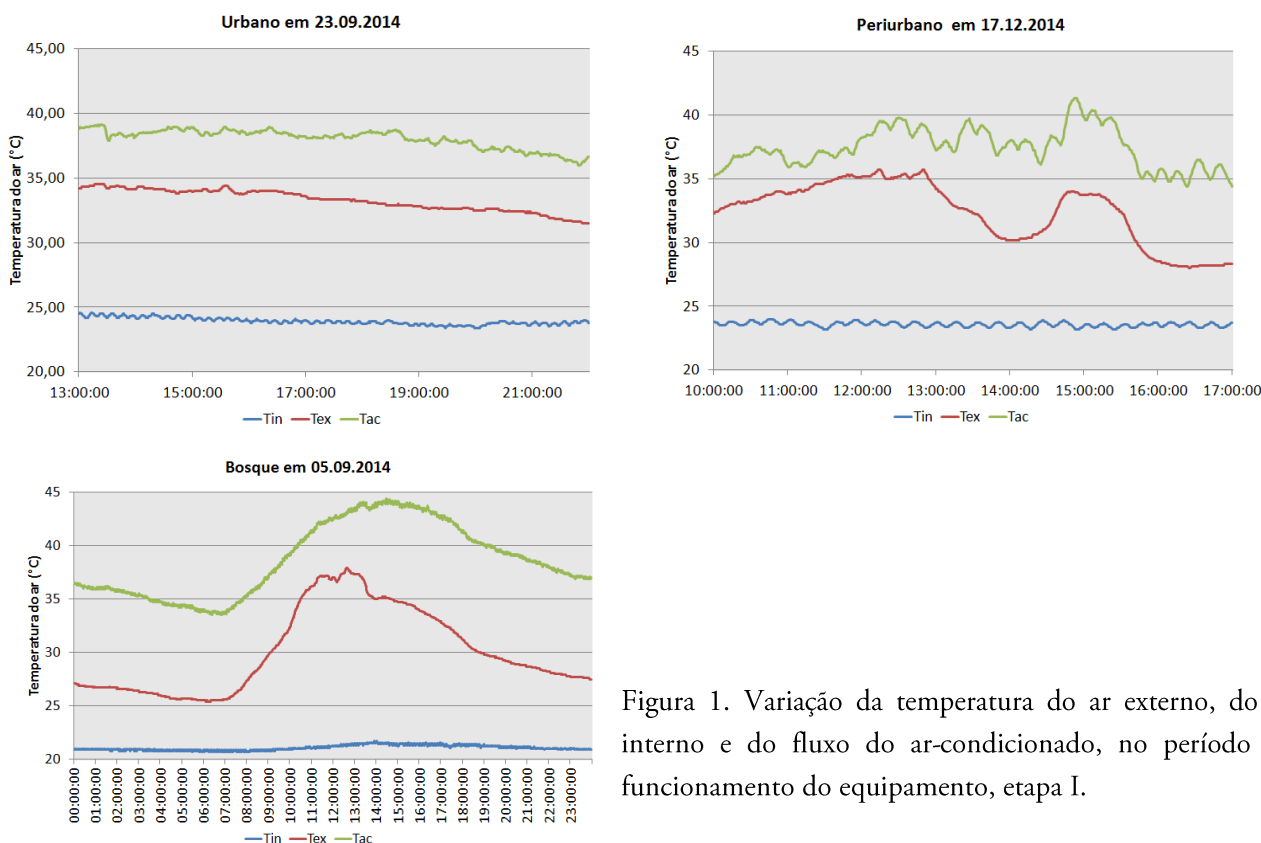


Figura 1. Variação da temperatura do ar externo, do ar interno e do fluxo do ar-condicionado, no período de funcionamento do equipamento, etapa I.

CONCLUSÃO

Verificou-se que a geração de calor residual para o ambiente externo é influenciado pela demanda de resfriamento, do quanto o ambiente interno deverá ser resfriado e do tempo de funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado. Conforme observado, em lugares de maior urbanização, mesmo apresentando maiores temperaturas externas na primeira etapa (período seco) não contribui significante como a área de bosque, embora essa área apresente condições mais amenas, referente às demais nas duas etapas, o que se pode relacionar ao período de funcionamento do equipamento. Portanto, maiores taxas de aquecimento acarretarão em uma maior contribuição de fluxo de calor sensível, e que aparentemente a caracterização do local não influenciou na demanda de resfriamento e por sua vez na taxa de aquecimento, o que pode assim concluir que em locais mais urbanizados não terá contribuição significativa do uso do ar-condicionado já que esse fator estará combinado com o tempo de atividade do aparelho e a taxa de resfriamento do mesmo.

REFERÊNCIAS

- Munck, C.; Pigeon, G.; Masson, V.; Meunier, F.; Bousquet, P.; Tremeac, B.; Merchat, M.; Poef, P.; Marchadier, C. 2013. How much can air conditioning increase air temperatures for a city like Paris, France? *International Journal of Climatology*, 33: 210-227.
- Ohashi, Y.; Genchi, Y.; Kondo, H.; Kikegawa, Y.; Yoshikado, H.; Hirano, Y. 2007. Influence of Air-Conditioning Waste Heat on Air Temperature in Tokyo during Summer: Numerical Experiments Using an Urban Canopy Model Coupled with a Building Energy Model. *Journal of applied meteorology and climatology*, 46: 66-81, DOI: 10.1175/JAM2441.1.
- Salamanca, F.; Martlli, A.; Tewari, M.; Chen, F. 2011. A study of the urban boundary layer using different urban parameterizations and high-resolution urban canopy parameters with WRF. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50: 1107-1128. DOI: 10.1175/2010JAMC2538.1.