

CONTRIBUIÇÃO TÉRMICA DA GEOMETRIA URBANA E DA ARBORIZAÇÃO EM UM BAIRRO RESIDENCIAL

Camila Mayumi Nakata (1); Léa Cristina Lucas de Souza (2)

(1) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01, cep. 17033-360, Bauru – SP, tel: (14) 3103-6059, e-mail: canakata@terra.com.br

(2) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01, cep. 17033-360, Bauru – SP, tel: (14) 3103-6059, e-mail: leacrist@faac.unesp.br

RESUMO

A vegetação é um dos principais atributos urbanos que influencia o microclima urbano. Nesse artigo é estudado o papel de vegetações arbóreas implantadas em calçadas públicas no ambiente térmico de um bairro residencial da cidade de Bauru – SP, incorporado ao estudo da geometria urbana. Para isso, são coletados dados de temperatura do ar no bairro e em área rural, assim como determinados os fatores de visão do céu, considerando quarenta pontos de medição selecionados na área de estudo. Além disso, são registradas características das árvores existentes. As informações obtidas foram armazenadas, organizadas e analisadas através de um SIG (Sistema de Informações Geográficas), que permitiu a elaboração de mapas. Esses mapas permitem relacionar a vegetação com a temperatura do ar, fator de visão do céu e ilhas de calor e frescor. A análise considerou a presença de árvores em um raio de 100m a partir do ponto de medição. Apesar da configuração deste bairro apontar a geometria urbana como elemento de influência térmica mais significativa, mesmo a baixa frequência dessas árvores e densidade fazem uma pequena diferença na temperatura do ar dos pontos de referência. Isso mostra a necessidade de implantação de áreas mais representativas de vegetação para otimizar seu efeito amenizador do microclima.

ABSTRACT

Vegetation is one of the main urban attributes influencing the urban microclimate. This paper studies the role of individual trees along the streets on the thermal environment of a residential neighbourhood in Bauru – SP, together with the study of urban geometry. For this purpose, urban and rural temperature data are collected, and the sky view factors determined, considering forty points of measurements selected in the area. Features of the individual trees along the streets are registered. The data were stored, organized and analyzed in a GIS (Geographical Information System) environment, allowing the development of maps. The analysis considered the presence of trees in a 100 meters radius from the measurement points. Though the configuration of the neighbourhood leads to a more significant thermal influence of urban geometry, even the occurrence of low frequency and density of these trees make a small difference on the temperature of the measurement points. This fact points to the need of a more representative vegetation area for its effectiveness on the mitigation of the microclimate.

1. INTRODUÇÃO

As condições climáticas urbanas resultam das alterações da paisagem natural e da substituição desta por um ambiente construído, ocasionando forte mudança no balanço de energia. Esse processo causa modificações no conforto térmico, na qualidade do ar e no impacto meteorológico (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003).

Dos fenômenos climáticos decorrentes da urbanização, um dos mais abordados por pesquisadores, é a ilha de calor (IC), que é caracterizada pelo aumento da temperatura do ar, da periferia para o centro das cidades. A geometria urbana é tida como uma das causas da ilha de calor e é estudada nesse trabalho através do Fator de Visão do Céu (FVC). O FVC é uma unidade no estudo da forma urbana, que considera a contribuição do papel da abóbada celeste no balanço de energia. Trata-se de uma relação geométrica, que indica a proporção da área de céu visível disponível na troca de calor entre o meio urbano e o espaço. Quanto menor o FVC, maior o acúmulo de calor nas superfícies e maior a temperatura do ar.

Por outro lado, a vegetação atua como amenizador da temperatura do ar. Um dos efeitos mais buscados na utilização da vegetação em áreas urbanas de clima tropical é o de sombreamento oferecido pelas árvores, que possibilita a redução de temperatura do ar, além de reduzir o consumo de energia ao longo do período mais quente do dia, protegendo ambientes da insolação indesejada (MASCARÓ, 2005). É, portanto, um elemento urbano que pode causar ilha de frescor (IF).

Considerando, tanto a vegetação, como a geometria urbana, como atributos que influenciam o microclima de uma cidade, o ambiente térmico de um bairro residencial da cidade de Bauru – SP foi estudado. Aplicou-se uma ferramenta SIG para o armazenamento e análise de dados de geometria urbana, vegetação e temperaturas do ar coletados na área de estudo. Foi utilizado o SIG ArcView, que é um software desenvolvido nos Estados Unidos, pela ESRI, com interface gráfica destinada a integrar dados espaciais e tabulares para sua posterior visualização em mapas, tabelas e gráficos (SILVA et. al., 2004).

2. ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido na cidade de Bauru. Situada no interior paulista, a cidade de Bauru encontra-se geograficamente entre as coordenadas 22°15' e 22°25' de latitude Sul, 49°00' e 49°10' de longitude Oeste, variando entre 500m e 630m de altitude.

A Vila Universitária constitui-se no bairro residencial selecionado para a pesquisa, considerando-se que nele, é possível se encontrar grandes contrastes nas alturas das edificações, permitindo assim uma amostra diferenciada de valores de fator de visão do céu em sua extensão. É localizado em uma das principais entradas de Bauru e margeado por uma das principais avenidas (Av. Nações Unidas). O bairro oferece infra-estrutura de grande porte, caracterizando-se por ser uma região com grande verticalização concentrada na cidade.

Para este estudo foram feitas medições horárias de temperatura do ar na estação do verão, realizadas no intervalo do dia 23/01/2006 ao dia 01/03/2006, em quarenta pontos de medição (Figura 1). As medições de temperatura de ar foram realizadas através de data-loggers marca HOBO H8 Pro Series Temp/External Temp H08-031-08 – Onset. Eles foram fixados na superfície sul de postes de luz da rua, com sensores instalados em locais à sombra. Os dados de temperaturas do ar registrados pelos data-loggers foram posteriormente descarregados no computador e então formatados e transformados em tabelas e gráficos possíveis de serem tratados no ambiente no SIG ArcView. A fim de comparar as temperaturas urbanas e rurais, foram ainda computados dados de temperatura do ar, referentes aos dias de medição, disponíveis no site do IPMET – Instituto de Pesquisas Meteorológicas de Bauru (<http://www.ipmet.unesp.br/>).

Além disso, em uma etapa de estudo anterior realizada por LEME (2004/2005) e PEDROTTI (2004/2005), a altura de cada uma das edificações do bairro foi estimada visualmente e incorporada como atributo dos polígonos representativos das edificações no ambiente SIG (Figura 2). Utilizando-se aquele banco de dados, foi possível aplicar a extensão 3DSkyView, incorporada ao ArcView, para determinação dos fatores de visão do céu em cada ponto estudado.

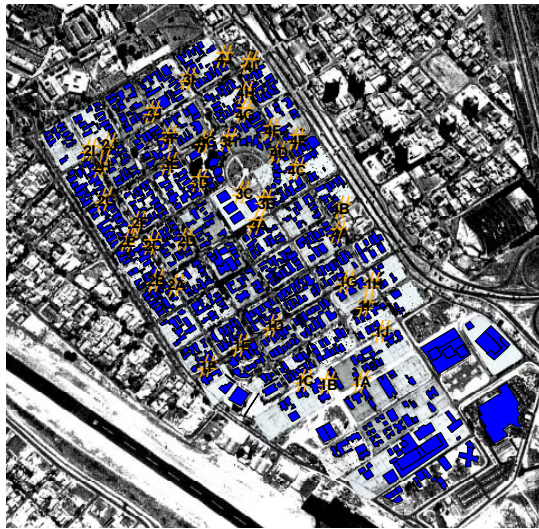


Figura 1 - Foto aérea com indicação dos 40 pontos de medição.
Fonte: LEME, 2004/2005.

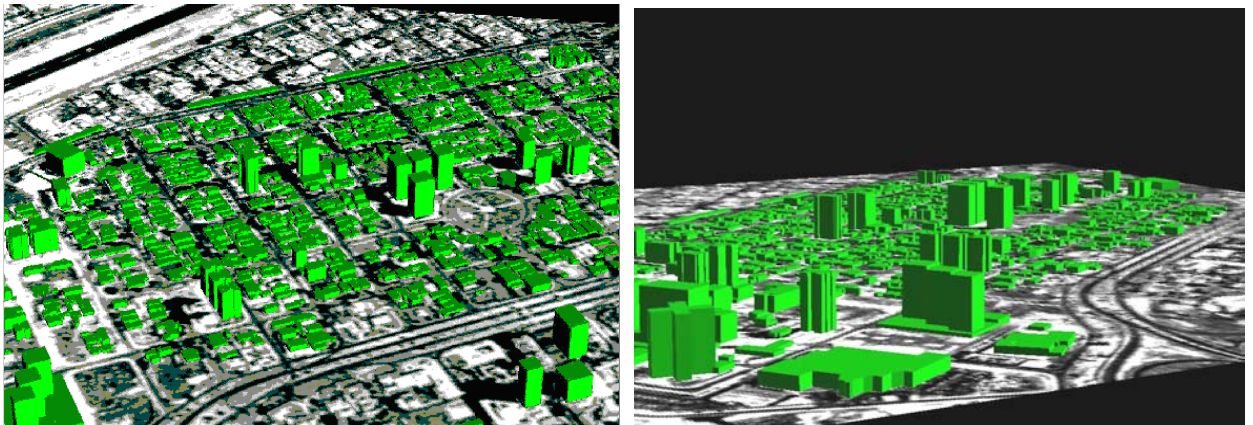


Figura 2 - Volumetria das edificações da Vila Universitária em Bauru gerada no SIG através da extensão 3D Analyst
Fonte: LEME 2004/2005.

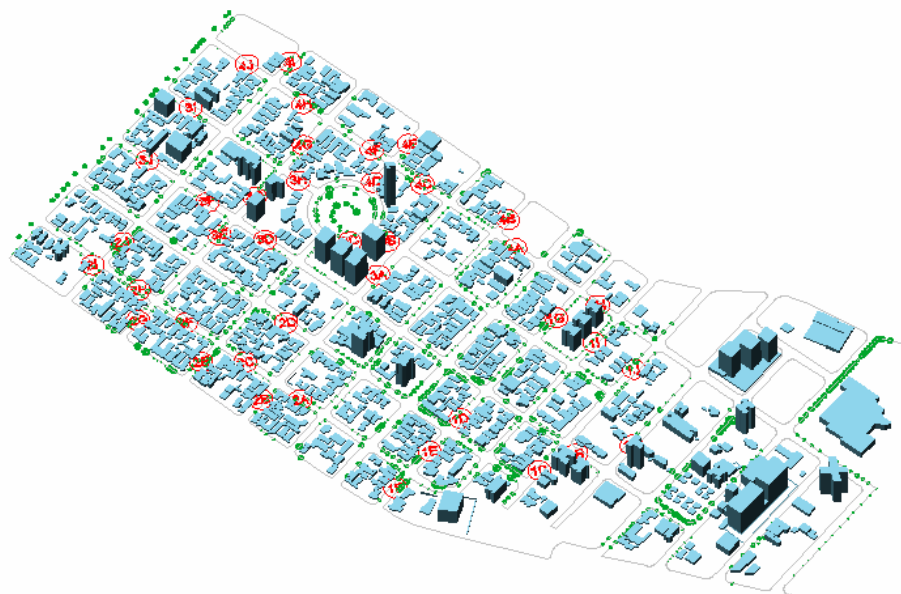


Figura 3 – Pontos de estudo, edifícios e vegetação do bairro em vista 3D.

Paralelamente, foram catalogadas as árvores existentes na área de estudo, o que resultou em um total de 827 unidades, correspondendo à área de “cobertura verde” do bairro (Figura 3). Essas árvores foram classificadas em uma seqüência numérica e por algumas características físicas: altura, diâmetro de copa, densidade da folhagem e forma. Para análise, adotou-se um raio de abrangência de 100m, dentro do qual, foi estimada a porcentagem de vegetação, edificação e vazios existentes. Com a finalidade de analisar a influência que essa vegetação tem em cada ponto de estudo, foi agregado o atributo “vegetação” aos dados armazenados no SIG. Esse procedimento permitiu operações que possibilitaram a elaboração de mapas e uma análise geral da influência da geometria urbana e da vegetação no bairro estudado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de FVC (Fator de Visão do Céu) foram analisados individualmente para cada ponto, assim como a porcentagem de vegetação e a diferença de temperatura do ar urbana-rural ($T^{\circ}u-r$). A figura 4 mostra um exemplo (ponto 1D) de como a análise foi realizada, ponto a ponto, e a figura 5 apresenta alguns dos mapas desenvolvidos. Foi elaborada ainda uma tabela de magnitudes máximas e de horários de ocorrências das diferenças de temperatura do ar urbana-rural ($T^{\circ}u-r$) – ilha de calor e ilha de frescor (Tabela 1).

Notou-se que alguns pontos têm características comuns, criando-se assim, grupos de pontos, que foram identificados no mapa (Figura 6) para uma melhor compreensão. Os grupos de pontos identificados na figura 6 se comportam da seguinte forma:

- Pontos 1B, 2 (A ao J), 3D, 3F, e 3G: maior valor de ilha de frescor (entre $-1,00$ e $-2,32$) provavelmente devido a localizações próximas à copa de árvores ou com maior porcentagem de vegetação densa no raio de abrangência;
- Pontos 3A, 3E, 3H, 4A, 4B, 4D, 4E: ausência de ilha de frescor, podendo ser ocasionada pela proximidade à avenida Nações Unidas, região mais escassa em área verde, com intensa circulação de veículos automotores e elevada concentração de edificações;
- Pontos 3I, 4F, 4G, 4H, 4J: ocorrência de ilha de calor em seguida da ilha de frescor (diferença de uma hora) no período da manhã.
- Pontos 1G, 1I e 4I: a ilha de calor ocorre no período noturno ao invés do matutino, como no restante dos pontos estudados.

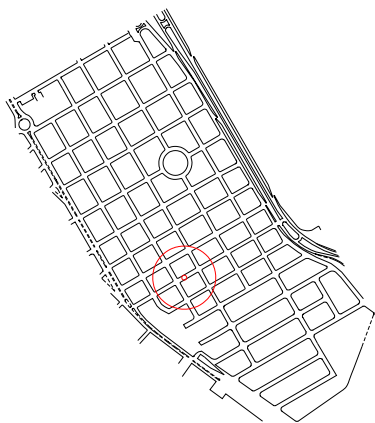
No geral, as formações de ilhas de calor (IC) ocorreram na maioria dos pontos no período vespertino (entre 15h e 17h) chegando à magnitude de $8,91^{\circ}C$. Das quarenta ICs, vinte e oito ocorreram no período vespertino, quatro no período noturno e oito no período matutino.

Já o fenômeno da ilha de frescor teve maior ocorrência no período da manhã (entre 7h e 9h) com magnitude de até $-2,32^{\circ}C$, em trinta e três dos quarenta pontos medidos. Desse total de trinta e três, todas as ilhas de frescor ocorreram no período matutino, com exceção de um, que ocorreu no período noturno, às 23h (ponto 4C).

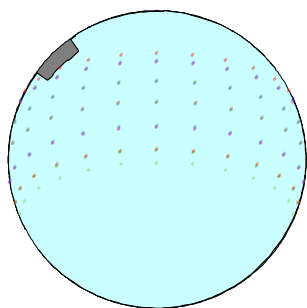
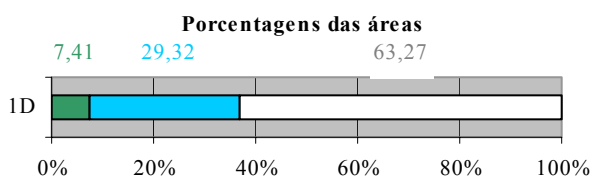
Observou-se que os pontos que não manifestaram, em nenhum momento do dia, o fenômeno da ilha de frescor, possuem menor porcentagem de vegetação no seu raio de abrangência em relação aos outros pontos e uma significativa porcentagem de área construída. Além disso, estão margeando a av. Nações Unidas, avenida de grande circulação de veículos na cidade.

No geral, os pontos que apresentaram menor porcentagem de vegetação, a maioria pontos designados por “3” e “4”, são os que não manifestaram a formação de ilha de fresco, ou a desenvolveram em valor menor do que em outros pontos.

Avaliou-se também que, muito mais do que uma porcentagem mais elevada de vegetação no raio de abrangência, a proximidade do ponto com a copa de uma árvore ocasionou maior diferença no valor de ilha de frescor (IF) registrada. Essa maior diferença pode ser notada entre os “pontos 2” que se localizam à oeste, margeando a av. Otávio Pinheiro Brizola, e apresentam valores mais acentuados de ilha de frescor nos pontos 2E, 2G, 2H e 2J, onde os termômetros foram instalados mais próximos às copas das árvores. Além disso, os “pontos 2” estão localizados próximos à árvores com densidade mais alta.



Localização do ponto 1D.



FVC = 0,93

**Diferença da Temp. do ar local - Ipmet
Ponto 1D**

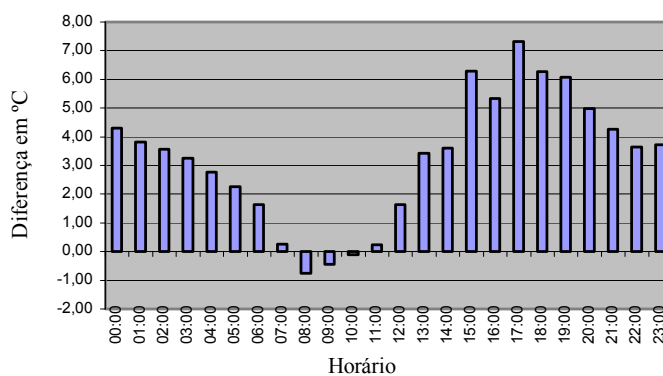


Figura 4 – Exemplo dos dados cadastrados para a análise inicial de vegetação.

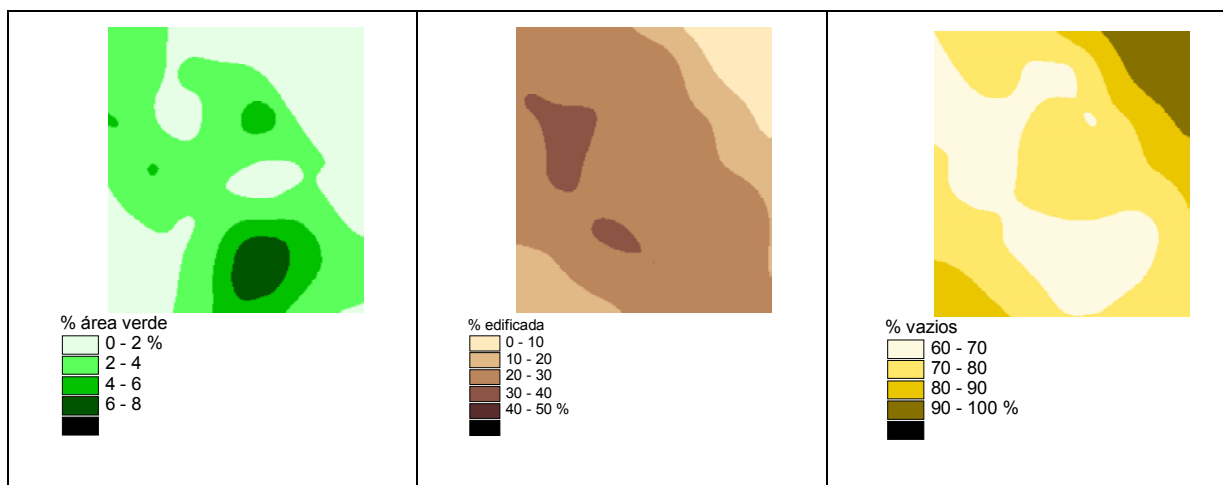


Figura 5 - Mapas de manchas de porcentagens de área verde, área edificada e área de vazios

Tabela 1 - Magnitudes máximas e horários de ocorrências da T^ou-r (IC e IF)*

		T ^o u-r	horário	ocorr. dia			T ^o u-r	horário	ocorr. dia
1A	IC	7,45	17:00	Vespertina	3A	IC	3,52	13:00	Vespertina
	IF	-0,42	8:00	Matutina		IF	-	-	-
1B	IC	5,69	15:00	Vespertina	3B	IC	4,38	11:00	Matutina
	IF	-1,55	8:00	Matutina		IF	-0,33	7:00	Matutina
1C	IC	6,23	15:00	Vespertina	3C	IC	4,33	13:00	Vespertina
	IF	-0,91	8:00	Matutina		IF	-0,11	7:00	Matutina
1D	IC	7,32	17:00	Vespertina	3D	IC	3,24	17:00	Vespertina
	IF	-0,76	8:00	Matutina		IF	-1,07	9:00	Matutina
1E	IC	7,77	17:00	Vespertina	3E	IC	4,82	11:00	Vespertina
	IF	-0,50	8:00	Matutina		IF	-	-	-
1F	IC	8,58	17:00	Vespertina	3F	IC	4,50	17:00	Vespertina
	IF	-0,21	9:00	Matutina		IF	-1,12	8:00	Matutina
1G	IC	6,13	19:00	Noturna	3G	IC	4,47	17:00	Vespertina
	IF	-0,60	9:00	Matutina		IF	-1,10	8:00	Matutina
1H	IC	6,99	15:00	Vespertina	3H	IC	4,38	11:00	Vespertina
	IF	-0,89	9:00	Matutina		IF	-	-	-
1I	IC	4,60	19:00	Noturna	3I	IC	7,82	9:00	Matutina
	IF	-0,98	9:00	Matutina		IF	-0,49	8:00	Matutina
1J	IC	7,65	15:00	Vespertina	3J	IC	3,68	17:00	Vespertina
	IF	-0,62	8:00	Matutina		IF	-0,83	9:00	Matutina
2A	IC	7,74	16:00	Vespertina	4A	IC	5,44	12:00	Vespertina
	IF	-1,79	8:00	Matutina		IF	-	-	-
2B	IC	8,91	16:00	Vespertina	4B	IC	4,92	13:00	Vespertina
	IF	-1,61	7:00	Matutina		IF	-	-	-
2C	IC	8,75	16:00	Vespertina	4C	IC	8,06	8:00	Matutina
	IF	-2,28	9:00	Matutina		IF	-0,16	23:00	Noturna
2D	IC	7,06	16:00	Vespertina	4D	IC	8,09	8:00	Matutina
	IF	-1,67	9:00	Matutina		IF	-	-	-
2E	IC	7,58	16:00	Vespertina	4E	IC	3,60	19:00	Noturna
	IF	-2,32	9:00	Matutina		IF	-	-	-
2F	IC	8,16	16:00	Vespertina	4F	IC	6,47	8:00	Matutina
	IF	-1,94	8:00	Matutina		IF	-0,39	7:00	Matutina
2G	IC	7,48	16:00	Vespertina	4G	IC	6,17	8:00	Matutina
	IF	-1,96	8:00	Matutina		IF	-0,05	7:00	Matutina
2H	IC	7,01	16:00	Vespertina	4H	IC	4,85	8:00	Matutina
	IF	-2,01	9:00	Matutina		IF	-0,05	7:00	Matutina
2I	IC	7,77	16:00	Vespertina	4I	IC	4,40	19:00	Noturna
	IF	-1,63	7:00	Matutina		IF	-0,08	7:00	Matutina
2J	IC	7,32	16:00	Vespertina	4J	IC	8,06	8:00	Matutina
	IF	-1,91	9:00	Matutina		IF	-0,24	7:00	Matutina

* As cores na tabela 1 fazem correspondência com as respectivas cores dos pontos na figura 6.



Figura 6 – Mapa dos pontos na malha contendo a localização das árvores, edificações e termômetros (as cores dos pontos fazendo referência à tabela 1).

Notou-se que apesar da vegetação influir nas mudanças de temperatura do ar, para o bairro estudado, a geometria urbana foi mais significativa na determinação da temperatura do ar. Observando a figura 3, anteriormente apresentada, conclui-se que, os pontos que não apresentaram a formação de ilhas de frescor estão localizados próximos às edificações mais altas. Isso faz com que a temperatura do ar do local seja também mais alta. Apesar da vegetação exercer alguma influência na mudança de temperatura do ar da área de estudo, os valores de ilhas de calor são nitidamente correspondentes à geometria urbana e predominância de edificações no local. Acredita-se que isso se deva ao fato da baixa porcentagem de vegetação presente na área.

4. CONCLUSÕES

A influência da vegetação sobre a temperatura do ar no bairro estudado se mostrou mais evidente entre 7 e 9h da manhã, com a formação das ilhas de frescor de até 2,3°C a menos que a área rural naqueles horários. Pontos que apresentaram porcentagem de vegetação muito baixa e estão localizados muito próximos a edificações mais altas não sofreram a influência desse fenômeno.

Por outro lado, na formação de ilhas de calor, com as configurações atuais do bairro estudado, a geometria urbana tem influência mais significativa. Isso indica que há necessidade de serem criadas áreas mais representativas de vegetação, para que essas possam exercer seu efeito amenizador do

microclima. Ilhas de calor de até 8,9°C puderam ser registradas, principalmente para o período vespertino.

No futuro outros fatores poderão contribuir para a obtenção de uma comparação mais detalhada, como, por exemplo, a maior distribuição dos pontos de amostragem na malha urbana e o aumento do número de dados coletados para as diversas estações. Além disso, uma vez já catalogadas as características da vegetação, poderá ser estudada quantitativamente a influência de cada tipo arbóreo na temperatura do ar.

Ressalta-se ainda que o SIG foi uma ferramenta indispensável no armazenamento, organização e análise de todas essas informações climáticas e físicas.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao programa PIBIC/CNPq, FAPESP e FUNDUNESP pelo apoio em diversas etapas desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEME, Francesco. T. **Fase B – Expansão da coleta de dados de consumo de energia e armazenamento.** Projeto CEU. Relatório final, PIBIC 2004/2005.

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, Juan. **Vegetação Urbana.** 2. ed. Porto Alegre: Ed. Mais Quatro. 2005. 204 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano.** São Paulo: Ed. Contexto. 2003. 192 p

PEDROTTI, Flávia. S. **Fase B – Expansão da coleta de dados de consumo de energia e armazenamento.** Projeto CEU. Relatório final, PIBIC 2004/2005.

SILVA, Antônio Nelson Rodrigues da; RAMOS, Rui António Rodrigues; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; RODRIGUES, Daniel Souto; MENDES, José Fernando Gomes. **SIG - Uma plataforma para introdução de técnicas emergente no planejamento urbano, regional e de transportes.** 1. ed. São Carlos: Ed. Dos Autores. 2004. 227p.