

## ESTUDO DE ILHAS DE CALOR EM PRESIDENTE PRUDENTE/SP A PARTIR DE TRANSECTOS MÓVEIS<sup>1</sup>

Simone Scatolon Menotti VIANA<sup>2\*</sup>

Carlos Eduardo Secchi CAMARGO<sup>2\*</sup>

Margarete Cristiane de Costa Trindade AMORIM<sup>3\*\*</sup>

João Lima SANT'ANNA NETO<sup>3\*\*\*</sup>

**Resumo:** Este trabalho tem por objetivo investigar as diferenças térmicas intra-urbana em Presidente Prudente/SP, com o propósito de identificar a geração de ilhas de calor noturnas, em dias representativos do inverno. Para se obter os perfis e mapas térmicos foram coletados os dados de temperatura com termômetros digitais, em 80 pontos, utilizando dois transectos que seguem os eixos principais da cidade. Os resultados das análises e dos registros mostraram a complexidade de fatores que contribuem na formação da ilha de calor e, sobretudo, a intensidade da mesma, como às características do tempo dominante, a densidade de construções, o relevo e a presença de vegetação. A máxima amplitude térmica intra-urbana chegou a 8,5°C, considerada de intensidade muito forte.

**Palavras-chave:** Clima urbano; ilha de calor; temperatura.

**Resumen:** Este trabajo objetiva investigar las diferencias térmicas intraurbana en Presidente Prudente/SP, con el propósito de identificar la formación de las islas de calor nocturnas, en días representativos del invierno. Para obtener los perfiles y mapas térmicos se colectaran los datos de la temperatura con termómetros digitales en 80 puntos, según dos transectos que siguen los ejes fundamentales de la ciudad. Los resultados del análisis y los registros

<sup>1</sup> Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente. [simoneviana10@yahoo.com.br](mailto:simoneviana10@yahoo.com.br); [Camargo5@aol.com](mailto:Camargo5@aol.com)

<sup>2</sup> Professores dos cursos de Graduação e de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP de Presidente Prudente – SP. [mcta@prudente.unesp.br](mailto:mcta@prudente.unesp.br); [joalima@prudente.unesp.br](mailto:joalima@prudente.unesp.br).

efectuados muestran la complejidad de factores que contribuyen a la formación de la isla de calor y, sobre todo, a la intensidad de la misma, como las características del tiempo dominantes, la densidad de las construcciones, la topografía y presencia de la vegetación. La máxima amplitud térmica intraurbana llega a 8,5°C, considerada de intensidad muy fuerte.

**Palabras-clave:** Clima urbano; isla de calor; temperatura.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos evidenciam que a urbanização e conseqüentemente a concentração da população vem provocando diferenças no balanço de energia entre áreas urbanas e rurais, implicando em modificações substanciais nas paisagens originais, fazendo com que as cidades gerem suas próprias condições ambientais.

O clima urbano é específico para cada espaço urbanizado, constituindo uma área que mantém relações com o ambiente regional em que se insere. De acordo com a síntese Landsberg tem-se o seguinte:

- a) o clima urbano é modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia;
- b) admite-se que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio;
- c) da comparação entre a cidade e o circundante, emergiram os seguintes fatos fundamentais: 1) a cidade modifica o clima através de alterações em superfície; 2) a cidade produz um aumento de calor, complementada por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações, que tendem a ser mais acentuadas; 3) a maior influência manifesta-se através da alteração na própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos. A poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas. (LANDSBERG apud MONTEIRO, 1976, p.57)

A cidade modifica o balanço energético, o balanço hidrológico, o relevo e algumas características da atmosfera. O modo em que o Homem vive interfere de forma significativa no sistema urbano, recriando-o. O processo de urbanização ocasiona transformações na natureza da superfície e na atmosfera, afetando o funcionamento dos componentes climáticos (AMORIM, 2000, p.25).

O balanço de energia urbano varia de uma cidade para outra e depende de diversos fatores, tais como: tipo e cor dos materiais utilizados nas edificações, densidades de construções, verticalização, presença de áreas verdes e arborização nas ruas e fundos de quintais, etc.

O armazenamento de calor no espaço construído associado à pequena perda de calor por evaporação, não faz com que o balanço final entre as perdas e os ganhos no ambiente sejam nulas, criando condições para a formação de 'ilhas de calor' [...]. (AMORIM, 2000, p.28)

O fenômeno ilha de calor é formado através das diferenças do balanço de energia entre a cidade e o campo, sendo uma anomalia térmica, com dimensões horizontais, verticais e temporais. Suas características estão relacionadas com a natureza da cidade (tamanho, densidade de construções, uso do solo) e com as influências externas (clima, tempo e estações) (OKE, 1982, p.7).

A máxima intensidade da ilha de calor é observada sob condições de tempo atmosférico ideal: céu claro e ventos fracos. Horizontalmente há diminuição da temperatura do ar e aumento da umidade relativa à medida que há a aproximação com o campo.

As cidades têm uma atmosfera mais instável o que ocasiona diminuição na velocidade do vento em relação ao campo. Assim a tendência do ar, sob condições atmosféricas estáveis, é circular do campo: menos quente, alta pressão – em direção ao centro; mais quente, baixa pressão (AMORIM, 2000).

A relevância de estudos desta natureza está em viabilizar maior conhecimento sobre o comportamento urbano, principalmente no que se refere às mudanças térmicas associadas ao uso e ocupação do solo. As características urbanas associadas aos tipos e graus de

adensamento e uso que recobrem o solo tem a capacidade de modificar o comportamento dos elementos climáticos que compõem a sua atmosfera local. O tipo de uso e ocupação do solo pode ainda ter seu efeito maximizado de acordo com o relevo existente no sítio urbano.

Neste sentido, como afirma Monteiro (1990), é necessário adentrar a cidade e identificar os aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana, como: tráfego de veículos automotores, concentração de aparelhos de ar condicionado, remoção da cobertura vegetal, canalização de córregos, adensamento de construções. Por fim, a cidade deve ser estudada não puramente só, e sim, inseri-la em seu entorno, articulando o urbano, o suburbano e o rural (MONTEIRO, 1990).

Cabe ao Geógrafo, realizar estudos desta natureza, que se referem à qualidade ambiental necessária para o desenvolvimento da vida humana, colaborando na solução dos problemas enfrentados pelo meio urbano. Neste sentido, a cidade deve ser vista não apenas como um mero "conjunto de edificações", mas sim, como um fato geográfico que envolve relações físicas, socioeconômicas e políticas, que são estabelecidas e que se desenvolvem neste meio puramente humano.

Este trabalho teve como objetivos: investigar as variações térmicas intra-urbana em Presidente Prudente/SP, a fim de identificar a geração de ilhas de calor em dias representativos do inverno; verificar as diferenças existentes na temperatura em diferenciados usos e tipos de ocupação do solo; e, compreender os mecanismos geradores do tempo e como estes podem interferir de maneira direta nos fenômenos climáticos urbano.

Esta pesquisa foi desenvolvida através da compreensão da dinâmica climática regional, da análise do desenvolvimento e evolução do uso e ocupação do solo na cidade Presidente Prudente/SP e da investigação do clima urbano.

Para se realizar um estudo de clima urbano é necessário uma estrutura teórica capaz de abordar tanto os fatores mais amplos e complexos como os mais simples e restritos. A conjuntura teórica

estabelece uma análise que envolva o tempo e o espaço, de forma que estes sejam flexíveis, pois este contexto teórico deve ser capaz de nortear a investigação em qualquer cidade do globo. Por isso é importante uma abertura a todas as escalas de tratamento espacial e temporal e aos diferentes graus de complexidade urbana.

Como método de análise foram utilizadas as propostas de Monteiro (1976; 1990), que formalizam uma estrutura teórica e metodológica para a compreensão do clima urbano, através do Sistema Clima Urbano (S. C. U.).

Nos estudos de clima urbano Monteiro (1976), sugere a adoção de três subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico. Nesta pesquisa foi trabalhado o S.C.U., dando ênfase ao subsistema termodinâmico que compreende o conforto térmico a partir do estudo do comportamento da temperatura, nas suas variações diurnas e sazonais sob o espaço local.

Para se compreender o espaço local, considerou-se os condicionantes geocológicos e urbanos, ou seja, relevo, estrutura, funções e atividades. Desta forma, a análise desses atributos associado aos elementos de construção da cidade (concreto, asfalto, vidro, a cor das edificações, etc), compõem o embasamento necessário para a seleção dos pontos de observação e coleta de dados.

Para o levantamento de campo foram realizadas coletas de dados móveis. A coleta de dados móveis consiste na escolha de itinerários urbanos, que levem em conta os atributos acima mencionados, ou seja, os pontos foram selecionados a partir do relevo, declividade e hidrologia, sendo estes associados ao uso e ocupação do solo. Estes itinerários foram individualizados em dois transectos, que atravessaram a malha urbana simultaneamente e em um determinado ponto se cruzaram.

Cada transecto teve uma duração máxima de 35 minutos, e o veículo se deslocou a uma velocidade baixa (20 Km/h). Este método permitiu obter perfis e mapas do comportamento da temperatura intra-urbana, em três dias representativos do inverno em Presidente Prudente (21, 22 e 23 de julho de 2003). Os transectos foram

realizados durante a madrugada com início às 5h00 e a noite com início às 20h00.

Esta metodologia já vem sendo utilizada em diversos trabalhos e tem se mostrado eficiente, como se observou nos trabalhos realizados por Pitton (1997) em cidades médias (Rio Claro e Araras) e pequenas (Cordeirópolis e Santa Gertrudes) no Estado de São Paulo e Amorim (2002), em Presidente Prudente. Na literatura internacional esta metodologia foi muito utilizada, como, por exemplo, nos trabalhos realizados por Gómez et al (1993), Oké (1982), entre outros.

Ao término dos trabalhos de campo os dados foram digitados e organizados em tabelas, na planilha eletrônica Excel, no qual foram realizados os cálculos estatísticos e quantitativos, que auxiliaram na análise da variação térmica intra-urbana.

Com a utilização do Software de interpolação de dados *Surfer for Windows*, os dados de temperatura do ar foram espacializados por meio da geração de isotermas para melhor visualização dos resultados obtidos, o que permitiu construir um perfil das condições térmicas intra-urbana para três dias representativos do inverno.

Para melhor compreensão do comportamento da temperatura foi realizada uma análise dos sistemas atmosféricos através cartas sinóticas de superfície disponibilizadas no site da marinha do Brasil ([www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br)).

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM PRESIDENTE PRUDENTE/SP**

O uso e a ocupação do solo são alguns dos principais aspectos do planejamento urbano. Tal planejamento trata da forma como se organiza a cidade segundo a aplicação de instrumentos legais de controle destes aspectos. Para isso, consideram-se diversos fatores que influem mais diretamente nesta questão como a densidade populacional, a densidade das construções e a destinação da terra. Segundo Silva (1997) estes instrumentos legais são

englobados por instituições e institutos jurídicos sob o conceito de zoneamento do solo, sendo um instrumento legal do poder público para controlar o uso da terra, as densidades de população, a localização, a dimensão das construções e seus usos específicos em prol do bem estar geral.

Silva (1997) afirma que o zoneamento consiste na repartição do território municipal à vista da destinação da terra, uso do solo ou das características arquitetônicas. No que diz respeito ao aspecto da destinação da terra, o município se dividirá em zona urbana, zonas urbanizáveis, zonas de expansão urbana e zona rural, definindo assim as qualificações urbanísticas do solo, que se destina aos principais usos como o uso residencial, o uso industrial, o uso comercial, o uso de serviços, o uso institucional, o uso viário e o uso especial.

Ainda segundo este autor, em uma cidade desordenada esses usos desenvolvem-se promiscuamente, com grande prejuízo ao bem estar da população. Isto explica por que o urbanismo propõe "zonificar" os aglomerados urbanos, conjuntamente com o campo, estabelecendo zonas de uso mais ou menos separadas. Portanto, o planejamento urbanístico é de suma importância para o crescimento e desenvolvimento das cidades com um uso e ocupação do solo ordenado, a fim de que estas não se tornem conglomerados com altas densidades populacionais e de construções.

O processo de crescimento que vem ocorrendo em Presidente Prudente nas últimas décadas, deu à cidade uma configuração urbana característica das principais cidades médias brasileiras. Esta configuração se mostra a favor da expansão urbana a qualquer custo, baseada na especulação imobiliária que ocorre em áreas considerada o eixo de expansão. No caso de Presidente Prudente, este eixo leva a cidade, a sua população e seus problemas, para a porção oeste, devido ao relevo favorável, com colinas amplas e levemente convexizadas, o que facilita a implantação de loteamentos. Estes empreendimentos, geralmente, se localizam nas vertentes dos principais córregos da cidade.

A cidade, no início de sua história, se estabeleceu no espigão divisor de águas localizado onde hoje é a Estação Ferroviária e suas proximidades. A porção leste a cidade pouco se expandiu e atualmente conta com apenas alguns bairros, em sua maioria, formados no início da história do município. A zona leste não foi alvo de grande interesse da especulação imobiliária devido, dentre outros fatores, à configuração do relevo, com terrenos irregulares. Este fator dificulta a implantação de loteamentos, pois, a terraplenagem, uma das primeiras fases de um empreendimento como este, é onerosa e despense de muito tempo em terrenos como os existentes na zona leste da cidade.

Outro fator que concentrou o adensamento urbano da cidade a oeste, foi definido por Jacobs (2000) como as zonas de fronteiras. Segundo esta autora, zona de fronteira é o perímetro de um uso territorial único de grande proporção.

Estas áreas geralmente criam bairros decadentes e, por consequência, uma fronteira social. No caso da zona leste da cidade de Presidente Prudente, os bairros situados “do outro lado da linha”, ficaram marginalizados social e economicamente. Isso ocorre por um problema básico, pois as fronteiras costumam configurar a cidade de maneira a gerar becos sem saída para a maioria das pessoas que utilizam as ruas, formando “hiatos” de usos em suas redondezas. Desta forma, quanto mais estéril essa área simplificada se torna para empreendimentos econômicos, menor será a quantidade de usuários, e mais improdutivo será o próprio lugar, gerando um processo de desconstrução ou deterioração da área.

Estes fatores fizeram com que a cidade de Presidente Prudente viesse a possuir basicamente seis tipos de ocupação do solo. De acordo com Amorim (2000) esta classificação consiste em:

- ✓ Áreas densamente construídas com vegetação esparsa;
- ✓ Áreas densamente construídas com vegetação arbórea;
- ✓ Áreas densamente construídas sem vegetação;
- ✓ Construções esparsas com gramado e vegetação esparsa;
- ✓ Construções esparsas e gramados;



✓ Vegetação esparsa e gramado.

O eixo que se estende do centro da mancha urbana em direção a zona leste, tem como característica de ocupação principal, áreas densamente construídas com vegetação arbórea e com vegetação esparsa.

Esta caracterização engloba bairros como, a Vila Marcondes e Furquim, Vila Maristela e centro da cidade, que são locais que possuem destinações distintas como o comércio e o uso residencial. Esta área também abriga alguns pontos de áreas densamente construídas e sem vegetação, tratando-se de bairros loteados mais recentemente com construções acima de cinco pavimentos. As construções possuem sua superfície completamente impermeabilizada formando o quintal e a garagem dos prédios que somados as calçadas e ao asfalto deixam a água sem lugar para infiltrar.

A alta densidade de construções e pouca de vegetação é típica de bairros mais novos, em sua maioria. Conjuntos Habitacionais presentes na região sudoeste da cidade, como, por exemplo, o Conjunto Habitacional Ana Jacinta, e na parte norte e nordeste em bairros como o Conjunto Habitacional Brasil Novo, Parque São Matheus e Jardim Barcelona.

A porção oeste da cidade é caracterizada basicamente por áreas com construções esparsas com gramado e vegetação esparsa, possui bairros de diversas épocas, desde os recentes, como, por exemplo, os Jardins Petrópolis e Campo Belo, até alguns um pouco mais antigos como o Jardim Monte Alto e Parque Cedral. Esta área da cidade possui alguns focos de solos nu, o que caracteriza áreas a espera de serem loteadas, além da própria caracterização geral do bairro, que é de construções esparsas, ou seja, com a existência de muitos terrenos vazios.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DOS TRANSECTOS**

#### **3.1. Transecto 1:**

O transecto 1 foi constituído de modo a cortar a cidade de sul a norte pela Avenida Coronel José Soares Marcondes e depois pela Avenida Ademar de Barros, seguindo em direção a Linha Férrea até a Estrada Municipal Masaharu Akaki (Figura 1).

O transecto inicia-se no Jardim Higienópolis, passando pelo Centro da Cidade e chegando ao final no Jardim Alexandrina. Neste percurso, privilegiaram-se diversos tipos de uso e ocupação do solo, disposição das vertentes e diferentes altitudes. Quanto ao tipo de ocupação do solo têm-se as seguintes características:

✓ Área de construções esparsas com gramado e vegetação arbórea esparsa;

✓ Área mista, com construções esparsas com gramado e vegetação arbórea esparsa, com área densamente construída e sem vegetação e ainda há presença de edificações com mais de quatro pavimentos;

✓ Área mista, com construções esparsas e vegetação densa;

✓ Área densamente construída e com vegetação esparsa;

✓ Área densamente construída e com vegetação arbórea e há presença de edificações com mais de quatro pavimentos;

✓ Área densamente construída e com vegetação esparsa e há presença de edificações com mais de quatro pavimentos;

✓ Área mista, com vegetação esparsas e gramado, área densamente construída e com vegetação arbórea e solo nu;

✓ Vegetação esparsa e gramado;

✓ Área mista, com vegetação esparsa e de gramado, construções esparsas com gramado e vegetação esparsas, área densamente construída e com vegetação arbórea e sem vegetação.

O transecto seguiu esta seqüência apresentada, e a maior parte do percurso tem como característica principal a alta densidade de construções e a presença de vegetação arbórea. No centro da cidade, além da alta densidade de construções, há edificações acima de quatro pavimentos, e a vegetação arbórea é esparsa. Quanto as vertentes, predominam as voltadas para sul e para o norte, íngremes e retilíneas.

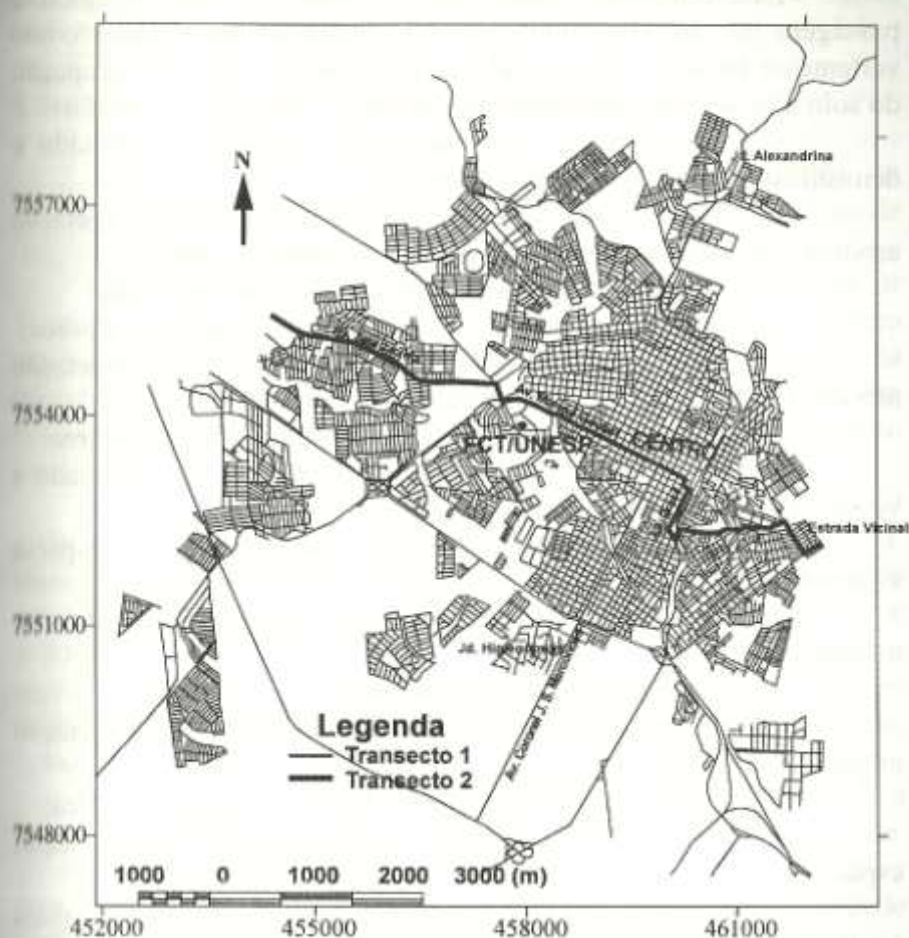


Figura 1 – Presidente Prudente: Localização dos Transectos - 2003

### 3.2. Transecto 2:

O transecto 2 cortou a malha urbana de leste para oeste, iniciando-se em uma Estrada Vicinal, passando pelas Avenidas Tancredo Neves, Brasil, Manoel Goulart e por fim pela Avenida Ana Jacinta, até próximo ao Balneário da Amizade. (Figura 1)

Este transecto, assim como o transecto 1, privilegiou a passagem por áreas de diferentes ocupações do solo, assim como vertentes e altitudes diferenciadas. Quanto ao tipo de uso e ocupação do solo têm-se as seguintes características:

- ✓ Área mista, com construções esparsas e gramado e densamente construída e sem vegetação;
- ✓ Área mista, densamente construída e com vegetação arbórea e área densamente construída com vegetação esparsa;
- ✓ Vegetação densa e vegetação esparsa e gramado;
- ✓ Área densamente construída e com vegetação arbórea;
- ✓ Área mista, densamente construída com vegetação arbórea e área densamente construída com vegetação esparsa;
- ✓ Área densamente construída com vegetação arbórea;
- ✓ Área mista, com construções esparsas com gramado e vegetação esparsa, e vegetação esparsa e gramado;
- ✓ Área mista, com vegetação densa e vegetação esparsa e gramado;
- ✓ Área mista, com construções esparsas e com gramado, e vegetação esparsa;
- ✓ Vegetação esparsa e gramado;
- ✓ Área mista, densamente construída e com vegetação arbórea, e vegetação densa;
- ✓ Área densamente construída com vegetação arbórea;
- ✓ Construções esparsas com gramado e vegetação esparsa.

No transecto 2, não há um tipo de ocupação do solo mais evidente como no transecto 1, sendo, portanto, mais heterogêneo que o transecto 1. Assim, neste transecto, na parte leste tem-se a predominância de áreas construídas, ora com vegetação arbórea, ora sem vegetação. Na parte oeste da cidade, predomina as áreas de construções esparsas, ora como gramado e ora com gramado e vegetação esparsa.

As vertentes que predominam são as voltadas para oeste e leste e convexas. Há um destaque maior aos de fundos de vale do

que no transecto 1, devido a maior presença de corpos d' água, embora alguns canalizados.

#### **4. Análise dos sistemas atmosféricos atuantes**

De acordo com Barrios e Santa'Anna Neto (1996), os sistemas atmosféricos que atingem o Estado de São Paulo são os de origem Tropical, Polar e Frontal.

Os sistemas tropicais se individualizam na massa de ar Tropical atlântica (mTa), na massa Tropical atlântica continentalizada (mTac), na massa Tropical continental (mTc) e na massa Equatorial continental (mEc), esta última quase não tem influências em nossa região, embora não se descarta sua presença no verão.

A massa Tropical atlântica origina-se no anticiclone do atlântico e atua durante o ano todo sobre o território paulista, trazendo estabilidade de tempo no inverno, em decorrência de subsidência superior nesta célula de alta pressão dinâmica e instabilidade na parte inferior, no verão. Devido sua origem marítima, apresentam umidade relativa mais ou menos alta, em superfície, pressões relativamente elevadas e constantes, e ventos, geralmente, de leste e nordeste.

A massa Tropical atlântica continentalizada origina-se a partir das modificações que sofre ao adentrar sobre o continente. Como resultado têm-se temperaturas mais elevadas, umidade relativa baixa e pressões em ligeiro declínio. Esta atua com mais intensidade no Estado de São Paulo durante a aproximação de uma frente fria.

A massa Equatorial continental se origina na Planície Amazônica, apresenta umidade relativa e temperatura do ar elevadas e atua no Extremo Oeste Paulista durante o verão atraída pelo sistema depressionário do interior do continente e ventos de noroeste.

Os Sistemas Polares se caracterizam pela atuação da massa Polar atlântica e pela massa Polar velha.

A massa Polar atlântica se origina no Anticiclone Polar Atlântico, apresenta ventos de SSE ou SW, temperatura baixa e

grande amplitude térmica associada, geralmente, à pressão atmosférica em elevação. Essa massa atua mais intensamente, no inverno.

A massa Polar velha é o ar polar enfraquecido, com temperatura em ascensão e pressão atmosférica em ligeiro declínio. Os ventos são provenientes de E e NE. Esta se encontra entre uma frente em frontólise nas baixas latitudes e nova frontogênese no rio da Prata.

Os Sistemas Frontológicos se caracterizam a partir da Frente Polar e da Frente Polar Reflexa.

A Frente polar é gerada a partir da descontinuidade provocada pelo choque entre os sistemas tropicais e polares. Esta se apresenta mais vigorosamente no inverno, pois as condições de frontogênese são mais freqüentes. Embora o fenômeno possa ser sentido em todo o Estado de São Paulo durante o ano todo.

A Frente Polar Reflexa define-se a partir da separação entre o ar polar modificado (Pv) proveniente de um avanço anterior e o ar tropical marítimo (Ta). Esta frente apresenta uma melhor definição no litoral.

A Frente Polar Atlântica tem grande papel na gênese das chuvas, assim ficando a região sujeita a constantes invasões de perturbações frontais, mesmo na primavera e no verão, quando as chuvas são mais freqüentes e intensas, acarretando em um período úmido.

Os sistemas estabilizadores de tempo no outono e no inverno provocam diminuição das chuvas, tornando este período mais seco.

De acordo com as cartas sinóticas de superfície da marinha do Brasil ([www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br)), os sistemas atmosféricos que atuaram nos dias de coleta da temperatura foram os seguintes:

No 20/07/03 – 00h00 – havia a presença de uma frente fria se deslocando para o oceano e a atuação de uma massa de ar Tropical atlântica (mTa) sobre o estado de São Paulo.

Dia 20/07/03 – 12h00 – uma nova frente fria se aproximou no sul do país, fazendo com que a (mTa) recuasse, proporcionando a atuação da massa Tropical continental.

Dia 21/07/03 – 00h00 – a frente adentrou o sul do país fazendo com que a massa Tropical atlântica se intensificasse sobre o estado de São Paulo.

Dia 21/07/03 – 12h00 – a frente fria começou a se deslocar para o oceano e um ramo passou a ser quente sobre o continente. A massa Tropical atlântica continuou atuando sobre o estado de São Paulo.

Dia 22/07/03 – 00h00 – a frente se aproximou do Estado de São Paulo e o oeste paulista continuou sob atuação da Tropical atlântica.

Dia 22/07/03 – 12h00 – a frente se deslocou para o oceano e a massa de ar Polar atlântica passou a atuar no oeste paulista. Observa-se uma nova frente fria no sul do país.

Dia 23/07/03 – 00h00 – a frente fria se deslocou para o oceano e a Polar atlântica começou a perder intensidade sobre o Estado de São Paulo.

Dia 23/07/03 – 12h00 – uma nova frente se deslocou no sul do continente e a Polar velha atuou sobre São Paulo.

## **5. ANÁLISE ESPACIAL DA TEMPERATURA**

### **5.1. Caracterização da temperatura do ar às 5h00**

Neste horário, nos três dias pesquisados, houve a configuração de uma ilha de calor bem definida na área central da cidade, além de se observar temperaturas elevadas nas porções norte, sul e oeste. A amplitude térmica entre os pontos no dia 22/07/03 foi de 8,5°C, caracterizando a ilha de calor como de alta magnitude sob a atuação da massa de ar Tropical atlântica (Figuras 2, 3 e 4).

Neste horário definiu-se uma ilha de frescor localizada na zona leste. Esta ilha de frescor se formou em função de estar em um fundo de vale, além de se tratar de uma área com construções, mas com a presença de vegetação arbórea e gramado.

A temperatura máxima encontrada nos dias de levantamento de campo às 5h00 foi de 21,5°C (22/07/03) e a temperatura mínima foi de 12°C (21 e 22/07/03).

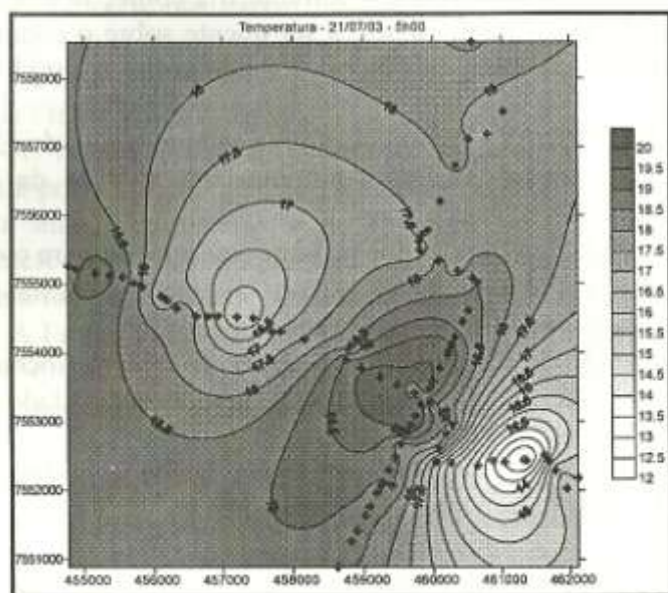


Figura 2 – Presidente Prudente: Temperatura do ar (°C)– 21/07/2003 – 5:00h.



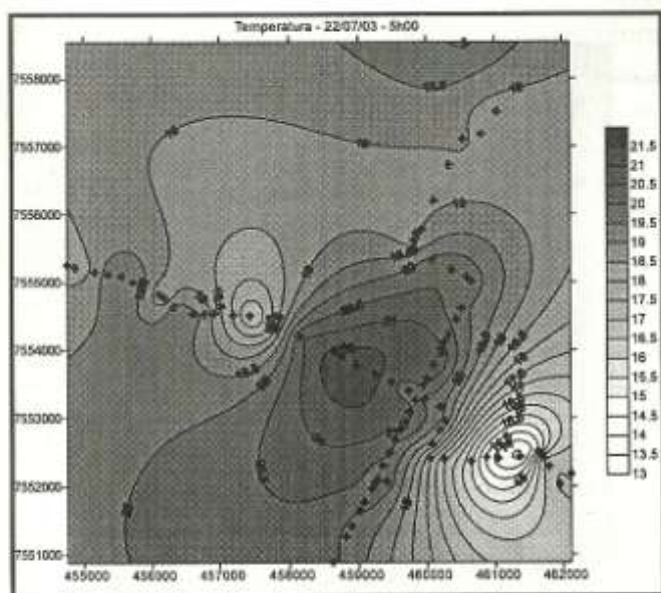


Figura 3 – Presidente Prudente: Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )– 22/07/2003  
– 5:00h.

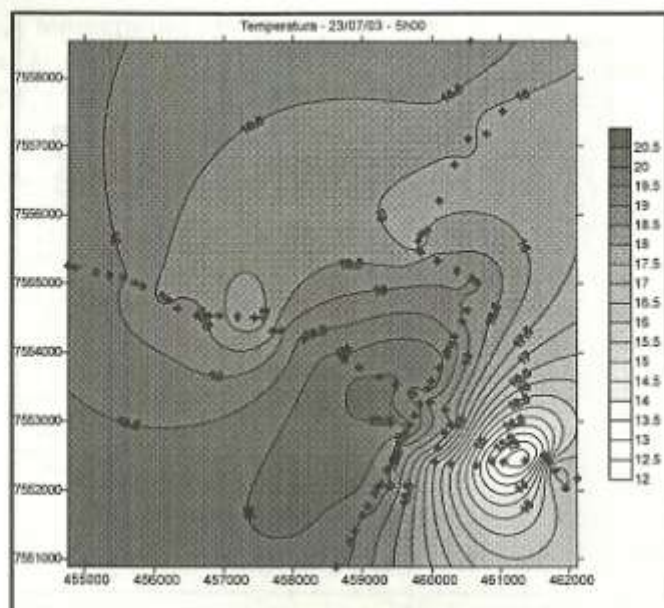


Figura 4 – Presidente Prudente: Temperatura do ar (°C)– 23/07/2003 – 5:00h.

## 5.2. Caracterização da temperatura do ar às 20h00

Neste horário a ilha de calor ficou ainda mais definida do que às 5h00, configurando-se na área central da cidade e adjacências (Figuras 5, 6 e 7). Quanto a sua magnitude, pode ser classificada como alta, atingindo 8,5°C de amplitude térmica entre os pontos. Essa máxima intensidade foi encontrada nos dias 22, sob atuação da Tropical atlântica e no dia 23, sob atuação da Polar enfraquecida.

As ilhas de frescor se configuram na zona leste, como às 5h00, e outra na zona oeste, ambas localizadas em áreas de fundo de vale e com vegetação arbórea e gramado. No dia 22, cabe salientar, a formação de uma ilha de frescor localizada na zona norte. O uso e a ocupação do solo são muito parecidos com os observados na zona leste e oeste, onde também se observou ilha de frescor.

As ilhas de frescor tiveram sua melhor configuração sob a atuação da Tropical Atlântica, que proporcionou maior amplitude térmica entre os pontos, assim maximizando os efeitos ocasionados pelo uso e ocupação e tipo do relevo urbano.

A temperatura do ar máxima observada neste horário nos dias de levantamento de campo foi de 27°C (22/07/03) e a mínima foi de 18,5°C, encontrada nos três dias de pesquisa.

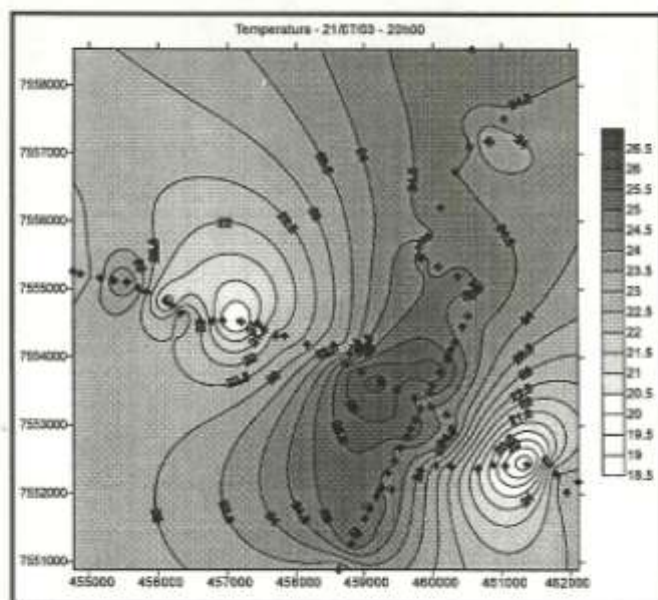


Figura 5 – Presidente Prudente: Temperatura do ar (°C) – 21/07/2003 – 20:00h.

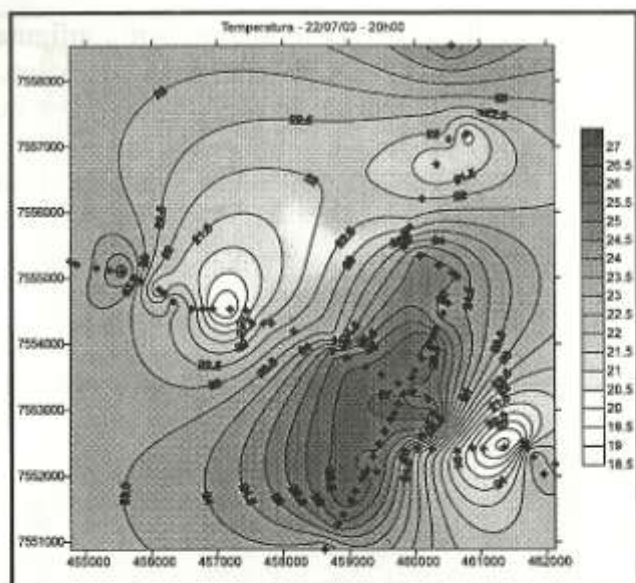


Figura 6 – Presidente Prudente: Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )– 22/07/2003 – 20:00h.

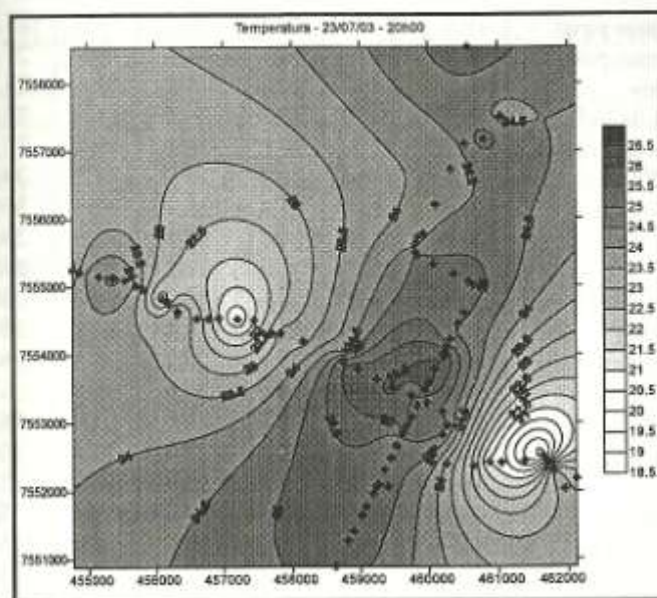


Figura 7 – Presidente Prudente: Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )– 23/07/2003 – 20:00h.

As tabelas 1 e 2 apresentam os dados de temperatura obtidos nos transectos sul/norte e leste/oeste, durante os dias 21, 22, 23 de julho de 2003.

Tabela 1 - DADOS DE TEMPERATURA – TRANSECTO 1 – SUL/NORTE

Dia	21/07/2003		22/07/2003		23/07/2003	
	Horário		Horário		Horário	
Pontos	5h00	20h00	5h00	20h00	5h00	20h00
Higienópolis	18.7	23.0	21.1	23.5	19.7	25.1
Placa	18.8	25.9	19.9	25.9	19.6	25.5
Brasilit	18.7	25.7	19.9	26.3	19.5	25.3
Churrascaria	18.7	26.0	20.0	26.7	19.5	25.5
Unimed	18.9	25.7	20.3	26.9	19.8	25.4
Hotel	18.8	25.1	20.3	26.8	19.7	25.1

Parque povo	18.9	25.1	20.3	26.5	19.8	25.3
Parque povo	18.8	24.9	20.2	25.9	19.7	25.1
Athia	19.3	24.9	20.3	26.3	19.6	25.1
Rei da Esfiha	19.1	24.9	20.4	26.5	19.5	25.2
Merc. Avenida	19.2	25.1	20.6	26.7	19.6	25.4
INPS	18.6	24.9	20.5	26.7	19.5	24.8
Santa Casa	20.3	25.9	21.2	26.9	20.4	25.9
Combel	20.3	25.9	21.1	27.2	20.5	26.1
PUM	20.5	25.7	21.1	27.3	20.3	25.9
Embratel	20.3	25.4	20.9	26.9	20.0	25.9
Jhorei	20.3	25.7	21.1	26.9	20.2	26.5
Catedral	20.0	25.9	21.1	26.7	20.3	26.6
CNA	19.9	26.3	21.5	27.0	20.1	26.5
Disk Água	19.9	25.7	21.3	26.9	19.9	26.5
Solução	19.9	25.5	21.1	27.1	19.8	26.3
Café	19.5	25.3	20.8	26.5	19.7	25.6
APEA	19.2	25.1	20.7	25.7	19.5	25.1
Microins	18.7	24.7	20.3	24.7	19.0	25.0
M. Aquático	18.7	24.7	21.1	24.8	19.8	25.1
Corretora	18.6	25.0	20.1	25.0	18.9	25.4
Avenida (A. B)	18.5	25.1	20.3	24.9	19.1	25.2
Igreja	18.4	25.0	20.3	25.1	19.0	25.3
S/M	17.8	25.1	20.4	25.1	18.7	25.2
Padaria	18.1	24.9	20.1	25.2	18.7	25.1
Pare	17.4	25.1	19.6	24.1	18.3	25.1
Petro Oil	17.1	25.1	19.1	23.8	17.9	24.7
Prudenbase	17.4	24.6	18.8	23.3	17.7	24.4
Posto BR	17.7	24.5	18.9	23.1	17.9	24.3
L. Férrea	17.7	24.4	19.0	22.7	18.0	24.4
Posto ZV	17.5	24.9	18.9	22.0	17.9	24.3
Super Útil	18.1	24.5	18.7	20.9	17.8	24.1
Brasil Novo	18.0	24.7	19.3	22.0	18.5	24.6
Posto Alex.	17.7	23.3	18.5	20.7	17.5	23.5
UTI lanche	17.7	24.4	18.7	22.5	17.9	24.3

Fonte: Pesquisa de campo.

Tabela 2 - DADOS DE TEMPERATURA – TRANSECTO 2 –LESTE/OESTE

Dia	21/07/2003		22/07/2003		23/07/2003	
	Horário		Horário		Horário	
Pontos	5h00	20h00	5h00	20h00	5h00	20h00
Vicinal	15.9	22.7	16.9	22.1	16.3	22.7
Caiuá	16.4	23.0	17.1	22.9	16.5	23.1
NG Funilaria	15.9	22.4	16.9	22.9	16.7	23.2
Verde	14.7	21.5	16.3	21.7	15.5	20.2
ADPM	13.5	20.0	14.3	19.4	13.4	18.7
Ipanema	12.3	18.5	13.3	18.7	12.1	19.6
Rot. Abílio	13.0	19.4	13.8	19.4	12.5	20.8
Maçonaria	13.6	20.3	14.4	20.3	13.1	20.9
Divulg. Lumi	14.4	21.1	15.6	21.0	14.3	22.4
Sampa Motos	15.8	22.7	17.1	23.0	16.3	23.9
Av. Brasil	16.9	23.3	18.2	23.8	17.1	24.8
Rodoviária	18.3	24.3	19.3	26.1	18.3	25.1
Tokio	18.6	24.5	19.6	26.8	18.7	25.5
Bingo Oeste	19.1	24.9	19.9	27.1	19.0	25.5
Chelleme	18.7	24.7	20.2	26.6	19.0	25.5
R: J. Nabuco	19.0	25.0	20.3	26.1	19.3	25.5
Escr. Garcia	19.7	25.5	20.7	26.4	19.7	26.0
Super P.P	20.1	26.0	21.1	26.9	20.6	26.7
P. Itatiaia	20.3	26.7	21.7	26.5	20.5	26.3
Padaria SP	19.9	26.3	21.9	26.2	20.4	26.3
Gela. Itália	19.5	25.7	21.9	25.7	20.3	25.9
Rot. Goulart	18.4	23.7	21.3	23.6	19.8	24.3
Holos	17.5	22.7	20.9	22.8	19.6	23.3
Senac	17.1	22.1	18.7	22.2	19.0	23.2
Museu	16.9	22.2	17.9	22.1	18.3	22.7
Av. A. Jacinta	15.7	21.1	16.9	20.7	17.7	21.5
Touro	15.5	19.9	18.0	19.4	17.7	20.5
Lumiset	16.3	20.3	18.8	19.9	18.2	21.4
Fama equip.	16.8	21.3	19.4	21.1	18.4	22.3
P. Bela Vista	17.5	22.1	19.6	21.9	18.7	22.7
Aumideq	17.9	22.9	19.7	22.7	18.7	23.7
Praça A. J	16.9	20.9	18.5	21.5	18.4	22.4
Casa	17.1	20.7	18.7	20.7	18.4	21.6
Baselar	17.9	22.5	19.7	22.9	18.7	23.3
Baby Beef	18.3	23.4	19.9	23.9	18.7	23.9
Açougue	18.8	23.9	20.0	24.9	19.1	24.4

Igreja	19.1	23.9	19.8	24.1	19.1	24.6
Minas Gás	19.3	22.7	19.1	23.7	19.2	24.4
Pedrok	18.9	22.3	18.7	22.9	19.3	23.8
Final	18.8	22.1	18.9	23.1	19.4	22.7

Fonte: Pesquisa de campo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se observou nesta pesquisa, a cidade pode criar seu próprio ambiente climático, resultando em conforto ou desconforto térmico para a população. A ilha de calor é, cada vez mais, uma expressão da capacidade do homem em mudar o ambiente e de criar, se não prevenir, uma situação séria de desconforto térmico e ambiental (YAMASHITA, 1996 apud PINHO, 2000). O clima urbano, particularmente a ilha de calor, tem se revelado muito importante do ponto de vista sócio-ambiental, por causa da tendência crescente das pessoas irem viver em áreas urbanas.

De acordo com Oke (1978), a ilha de calor urbana é causada através de distorção no equilíbrio de energia nas áreas construídas que são o resultado da capacidade de armazenamento de calor nos materiais usados nos edifícios e ruas, e nas alterações na difusão de calor introduzida pelo espaço urbano e uso de solo. A característica mais significativa da ilha de calor é sua intensidade, entendida como a diferença entre o máximo da temperatura urbana e o mínimo da temperatura rural.

Esta característica está relacionada diretamente aos fatores diversos que contribuem à formação da ilha de calor, tais como, os fatores naturais (situação sinótica, relevo e a presença de superfícies com vegetação e/ou água) ou propriamente urbanos (morfologia urbana e atividades antropogênicas).

As atividades antropogênicas, como tráfego de veículos e o uso de ar condicionado e aquecedores, são grandes consumidores de energia e que geram o aumento de calor na cidade. Este calor é somado aos materiais urbanos aquecidos durante o dia, através



radiação solar, e é retido entre os edifícios pelas reflexões múltiplas entre eles, assim reduzindo a interface com a atmosfera. O calor acumulado durante o dia é devolvido em parte durante a noite. As áreas verdes reduzidas e a impermeabilização do solo nas áreas urbanas também contribuem para a intensificação da ilha de calor, porque há diminuição no processo de evapotranspiração, assim não há o resfriamento por evaporação na cidade (HIDORE et al, 1993 apud PINHO, 2000).

E ainda, a formação e principalmente a intensidade das ilhas de calor estão relacionadas às condições sinóticas atuantes, que irão estabelecer o tipo de cobertura do céu, a velocidade e direção do vento e as precipitações. Assim, por exemplo: a ausência de ventos ou brisas leves dificulta a dispersão do calor urbano, fazendo com que aumente a intensidade da ilha de calor; por outro lado, se o vento sopra, a turbulência faz com que o calor seja removido da cidade e, por conseguinte, as variações de temperatura entre o urbano e o rural são menores. As nuvens reduzem a recepção e a devolução da radiação e moderam a intensidade da ilha de calor urbana (Hidore e Oliver 1993 apud Pinho 2000).

Desta forma, nesta pesquisa, a partir dos transectos móveis realizados durante a noite (20h00) e madrugada (5h00) em três dias do inverno, foi possível identificar diferenças térmicas intra-urbana na cidade de Presidente Prudente/SP.

As anomalias encontradas são frutos do tipo de uso e ocupação do solo e também estão associadas ao relevo. Os sistemas atmosféricos serviram como maximizadores dos fenômenos térmicos encontrados.

Às 5h00, a ilha de calor que se forma é consequência do calor armazenado do dia anterior nas construções e ruas, que ainda continua a ser emitido para a atmosfera por estas superfícies. Embora, neste horário haja uma certa homogeneização nas temperaturas, as ilhas de frescor da zona norte e oeste formadas durante o resfriamento noturno tendem a diminuir ou desaparecerem durante a madrugada.

Às 20h00, a ilha de calor que se forma na área central é consequência do acúmulo de calor nas construções e asfalto que começa a ser devolvido para atmosfera posteriormente ao pôr-do-sol, e ainda, é consequência do grande fluxo de veículos automotores que trafegam pela cidade neste horário.

Assim, o aquecimento do ar, também pode ser provocado pela liberação de gás carbônico que forma uma cúpula de gás e impede os movimentos ascendentes de ar para a atmosfera, desta forma fazendo com que o calor fique confinado na camada mais próxima da superfície. E também, o efeito da ilha é maximizado pela rapidez com que os fundos de vale da zona leste, oeste e norte se resfriam, demonstrando que o relevo é importante na configuração das ilhas de calor.

Quanto aos sistemas atmosféricos, sob a atuação da Tropical Atlântica e da massa de ar Polar velha, observou-se a formação de ilhas de calor de alta magnitude, atingindo a amplitude de 8,5°C.

Desta forma, esta pesquisa chegou aos seguintes resultados: as áreas urbanas com grande concentração de construções, asfalto, grande volume de tráfego de veículos e com vegetação esparsa ou ausente, localizadas em áreas de topo, adquirem elevadas temperaturas, a partir do pôr-do-sol e seus efeitos se estendem até a madrugada, atingindo as temperaturas mínimas.

As áreas urbanas com pouca densidade de construções, vegetação densa, esparsas ou gramados e localizadas em fundos de vale tendem a se resfriarem mais rapidamente.

Assim, observou-se que existem diferenças térmicas intra-urbana e que algumas áreas têm capacidades de armazenar e devolver o calor mais lentamente formando ilhas de calor, e que outras áreas têm o comportamento inverso e podem resfriar-se mais rapidamente formando ilhas de frescor. Desta forma, tanto as ilhas de calor como as ilhas de frescor são consequência dos usos e ocupações do solo, do relevo (topo ou fundo de vale) e dos sistemas atmosféricos, que podem agir como maximizadores ou diminuidores da magnitude do fenômeno.

As ilhas de calor afetam o conforto e a saúde dos habitantes urbanos, e assim deveriam ser mais estudadas em nosso país. O Brasil necessita de estudos deste caráter, que envolvam as condições do ambiente habitado e que dêem a devida atenção para a necessidade de se prevenir este fenômeno. O planejamento urbano deveria levar em conta a densidade de construção, a distribuição e impacto das emissões de calor provocadas por estas e ainda, dar devida importância a permanência de corpos d'água e a preservação e criação de áreas verdes, para reduzir o desenvolvimento de ilhas de calor urbanas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M.C.C.T. O clima urbano de Presidente Prudente/SP. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH - USP.
- AMORIM, M.C.C.T. Características noturnas da temperatura em Presidente Prudente/SP. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2002, Curitiba. CD ROM. Curitiba: UFPR, 2002. p. 752-760.
- BARRIOS, N.A.Z., SANT'ANNA NETO, J.L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- GÓMEZ, A. L. et al. *El clima de las ciudades españolas*. Madrid: Ediciones Cátedra, 1993. 268p.
- JACOBS, J. Trad. ROSA, C. S.M. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 510p.
- LOMBARDO, M.A. *Ilha de Calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.
- MONTEIRO, C.A de F. *Teoria e clima urbano*. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).
- MONTEIRO, C.A de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p.7-19, 1990.
- MONTEIRO, C.A de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.

MONTEIRO, C.A de F. A cidade como processo derivados ambiental e estrutura geradora de um "Clima Urbano". **Geosul**, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, 1990.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climate London**, Methuem & LTD. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. p. 240 - 267.

OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.108, n. 455, p.1-24, jan. 1982.

PINHO, O.S. ORGAZ, M. D. M. The urban heat island is a small city in coastal Portugal. **Int J Biometeorol**. N°44. 2000. p.198 – 203

PITTON, S.E.C. As cidades como indicadores de alterações térmicas. São Paulo, 1997. 272p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SILVA, José Afonso da. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 2 ed. rev. at. 2ª tiragem. São Paulo: Malheiros Editores, 1997.

SPOSITO, E. S. Presidente Prudente na linha do tempo. In: **Conjuntura Prudente 97**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 1997.

Recebido em 30 de abril de 2004.

Aceito para publicação em 20 de novembro de 2004.