

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NOS ESPAÇOS  
URBANOS ABERTOS. ESTUDO DE CASO EM  
CAMPINAS, SP**

**Claudia Cotrim Pezzuto**

Campinas, SP  
2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NOS ESPAÇOS  
URBANOS ABERTOS. ESTUDO DE CASO EM  
CAMPINAS, SP**

**Claudia Cotrim Pezzuto**

**Orientador: Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki  
Co-orientador: Prof. Dr. Lauro Luiz Francisco Filho**

Tese de Doutorado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração Arquitetura e Construção.

Campinas, SP  
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

P469a Pezzuto, Claudia Cotrim  
Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP / Claudia Cotrim Pezzuto.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientadores: Lucila Chebel Labaki, Lauro Luiz Francisco Filho

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Conforto térmico. 2. Espaços abertos. 3. Espaços urbanos. 4. Clima – Campinas (SP). I. Labaki, Lucila Chebel. II. Francisco Filho, Lauro Luiz. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Título em Inglês: Evaluation of the thermal environment in the open urban spaces. The case of Campinas, Brazil

Palavras-chave em Inglês: Open urban spaces, Thermal comfort

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Doutora em Engenharia Civil

Banca examinadora: Rosana Maria Caram de Assis, Rosely Ferreira dos Santos, João Roberto Gomes de Faria, Lea Cristina Lucas de Souza e Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei

Data da defesa: 31/07/2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO NOS ESPAÇOS  
URBANOS ABERTOS. ESTUDO DE CASO EM CAMPINAS, SP**

Claudia Cotrim Pezzuto

Tese de doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Lucila Chebel Labaki  
FEC/UNICAMP



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rosana Maria Caram de Assis  
FEC/UNICAMP



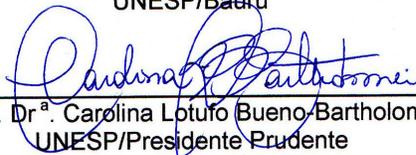
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rozely Ferreira dos Santos  
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria  
UNESP/Bauru



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Lea Cristina Lucas de Souza  
UNESP/Bauru



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei  
UNESP/Presidente Prudente

Campinas, 31 de julho de 2007

*Dedico este trabalho aos meus pais Pezzuto e Selma, minha fonte de amor, sabedoria e perseverança, e ao meu sobrinho Pedro Gabriel, um anjo que passou e iluminou minha família.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar presente em todos os momentos desta caminhada.

De forma especial agradeço aos meus pais, pelo constante incentivo na minha carreira profissional, pelo amor incondicional aos filhos e dedicação a família. Aos meus irmãos Pedro e Heloisa, pelo amor que nos une, e que nos ajuda a superar todos os obstáculos, e a minha cunhada, pelo exemplo de força em momentos difíceis.

À professora Lucila Chebel Labaki, pela orientação desta pesquisa, pela paciência no ouvir e sabedoria no falar.

Ao Professor Lauro Luiz Francisco Filho, co-orientador desta pesquisa, pelos seus questionamentos e pela contribuição na elaboração do banco dados.

Agradeço a todos os meus familiares, pelo incentivo e constante carinho. Em especial ao meu avô Clóvis que sempre me cobriu de palavras carinhosas e sábias.

Aos técnicos do Laboratório de Conforto Ambiental, Obadias e Daniel, pelo profissionalismo e constantes trocas de experiências e informações.

Aos alunos que me ajudaram a aplicar os questionários, e aos pedestres da cidade pela atenção e paciência em responder os mesmos.

Ao Prof. João Faria pelas inúmeras contribuições e pela disponibilidade em ajudar na elaboração do equipamento de medidas móveis.

Ao Prof. Sidney Ragazzi pelas orientações estatísticas.

À Empresa Estati Junior, na pessoa do aluno Rinaldo Carvalho, pela assessoria no desenvolvimento dos dados estatísticos.

À EMBRAPA por gentilmente disponibilizar a foto aérea da área de estudo, e ao CEPAGRI, que forneceu os dados climáticos da estação meteorológica.

À todos os funcionários do departamento, em especial, Paula e Noêmia pela constante disponibilidade no atendimento.

A todas as pessoas que gentilmente cederam suas residências, comércios e escolas, para instalação dos equipamentos, nos períodos de medições.

A UNICAMP, pela concessão da bolsa de instrutor graduado e apoio financeiro, e ao CNPQ pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Aos membros da Banca examinadora pelas contribuições fornecidas.

A todas as minhas amigas e amigos pelo apoio, amizade e companheirismo em todos os momentos desta caminhada.

Ao Pedro, meu companheiro e amigo, pelo apoio e constante incentivo na reta final desta pesquisa.

E agradeço a todos os que, de uma forma ou de outra, impulsionaram-me nesta trajetória.

# RESUMO

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP.** 2007. 182 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Atualmente, nota-se um crescente interesse público pela qualidade dos espaços urbanos nas cidades e isso, conseqüentemente, contribui para a qualidade de vida da população. Assim, o conhecimento dos fatores climáticos juntamente com as características do sítio, tais como, morfologia, presença de vegetação, corpos d'água, é de fundamental importância para a elaboração de diretrizes urbanísticas que visem melhores condições climáticas nas cidades. Inserido neste contexto, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar a influência dos diferentes usos do solo e o efeito climático no ambiente urbano. A metodologia utilizada para esta pesquisa foi a coleta de dados com medidas móveis e fixas de temperatura do ar e umidade. Outra vertente do estudo foi a aplicação de questionários com os pedestres nos locais de coleta de dados, com o objetivo de avaliar a sensação de conforto térmico nestes espaços. Para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas – SP, Brasil, caracterizada por grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo. As análises envolveram a inter-relação entre os parâmetros climáticos e a organização espacial urbana. Para auxiliar nas análises foi utilizado um programa como suporte para gerar novas informações a partir do Sistema de Informação Geográfica (SIG), através do processamento de informações com expressão geográfica. Como resultado das análises foi possível delimitar as Unidades Climáticas Urbanas da área de estudo através do cruzamento dos valores dos atributos climáticos medidos com as características associadas aos padrões de uso do solo. Verificou-se que o uso do solo urbano interfere tanto na temperatura do ar como na sensação térmica do pedestre da cidade, e que pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais. Os resultados obtidos dessa pesquisa podem auxiliar o planejamento, visando a melhoria do ambiente urbano, em particular o conforto térmico.

**Palavras-chave:** espaços urbanos abertos, conforto térmico urbano

# ABSTRACT

PEZZUTO, C. C. **Evaluation of the thermal environment in the open urban spaces. The case of Campinas, Brazil.** 2007. 182 f. Thesis (Doctoral) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Currently, the quality of urban spaces has been the subject of several studies which contribute to the quality of life of the population. Climatic factors, as well as other characteristics of those spaces affect local population directly, and are extremely important to elucidate the need of improvements in climatic conditions in cities. This work evaluates the influence of urban morphology in climatic conditions of open urban spaces. Mobile and fixed measurements of air temperature and humidity were taken, and questionnaires were applied to pedestrians where the data were collected to evaluate the sensation of thermal comfort in these places. The chosen area for this case study is a central region of the city of Campinas, in the State of São Paulo, Brazil, since it is characterized by great building concentration, population density and complexity of land use. The analyses involved the interrelationship between the climatic parameters and urban space organization. New information was generated by Geographical Information Systems (GIS), by processing the information about sectors with geographical expression. As a result, it was possible to delimit the Urban Climatic Units of the area by relating the values of the measured climatic attributes to the characteristics associated to the patterns of land use. It was verified that land use interferes not only in the air temperature but also in pedestrians' thermal sensation. Besides, spots located in areas of similar land use presented statistically similar values. These results may guide planning and improvements in urban environments, especially those related to thermal comfort.

**Key words:** open urban spaces, thermal comfort

# SUMÁRIO

---

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>xvii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
1.1 Hipótese.....	03
1.2 Objetivos da pesquisa.....	03
1.3 Estrutura da tese.....	04
<b>CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>05</b>
2.1 O clima urbano .....	05
2.1.1 Escala climática .....	07
2.1.2 Urbanização e impactos climáticos.....	11
2.1.3 Características da estrutura urbana que influenciam no clima .....	14
2.1.4 Métodos e técnicas utilizados para o estudo do clima urbano .....	21
2.3 Conforto Térmico em espaços urbanos abertos .....	28
2.3.1 Índices de conforto térmico para espaços abertos.....	31
2.3.2 Estudos de Conforto térmico nos espaços abertos .....	33

<b>CAPÍTULO 3. AMBIENTE URBANO DE ESTUDO: CAMPINAS, SP</b> .....	37
3.1 Características gerais.....	37
3.2 Características climáticas.....	38
3.3 Características da área de estudo.....	39
<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGIA</b> .....	45
4.1. Roteiro metodológico para o levantamento de dados .....	46
4.1.1 Etapa 1: Definição da área de estudo .....	46
4.1.2 Etapa 2: : Elaboração de uma base cartográfica.....	50
4.1.3 Fase 3: Eleição dos pontos para levantamento de dados, métodos e técnicas de instrumentação utilizadas .....	58
4.1.3.1 Medições fixas.....	59
4.1.3.2 Instrumentação utilizada para as medições fixas .....	65
4.1.3.3 Medições móveis.....	66
4.1.3.4 Instrumentação utilizada para as medições móveis .....	73
4.1.3.5 Avaliação do conforto térmico .....	75
4.1.3.6 Instrumentação utilizada para avaliação do conforto térmico.....	79
<b>CAPÍTULO 5. ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO NA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	81
5.1. Tratamento dos dados dos pontos fixos e móveis .....	82
5.1.1 Correção das medidas móveis .....	82
5.1.2 Avaliação dos dados obtidos nos pontos fixos .....	89
5.2 Análise da coleta de dados climáticos.....	90
5.2.1 Período de inverno .....	91
5.2.1.1 Condições climáticas no período de julho a agosto de 2004.....	91
5.2.1.2 Comparação dos dados do centro urbano com a estação meteorológica.....	92
5.2.1.3 Análise dos pontos fixos.....	95
5.2.1.3.1 Análise da temperatura do ar dos pontos fixos .....	95
5.2.1.3.2 Análise da umidade relativa do ar dos pontos fixos.....	100
5.2.1.4 Análise dos pontos móveis.....	101
5.2.1.5 Discussão dos resultados do período de inverno .....	104
5.2.2 Período de verão .....	105

5.2.2.1 Condições climáticas no período de março de 2005 .....	105
5.2.2.2 Comparação dos dados do centro urbano com a estação meteorológica.....	105
5.2.2.3 Análise dos pontos fixos .....	110
5.2.2.3.1 Análise da temperatura do ar dos pontos fixos .....	110
5.2.2.3.2 Análise da umidade relativa do ar dos pontos fixos .....	113
5.2.2.3.3 Análise dos pontos móveis .....	114
5.2.2.3.4 Discussão dos resultados do período de verão .....	116
5.3 Delimitação e análise das Unidades Climáticas Urbanas da área de estudo .....	116
<b>CAPÍTULO 6. ANÁLISE DA SENSAÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE NA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>127</b>
6.1 Características gerais da amostra .....	128
6.1.1 Características gerais das variáveis respostas: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação. ....	135
6.2 Análises das variáveis .....	139
6.2.1 Análise dos cruzamentos das variáveis pessoais com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.....	141
6.2.2 Análise da correlação entre a variável voto médio estimado e a variável reposta sensação térmica .....	144
6.2.3 Análise do intervalo de conforto.....	146
6.2.3.1 Intervalo de conforto através da combinação da variável sensação térmica e temperatura de bulbo seco (°C) .....	147
6.2.3.2 Intervalo de conforto através da combinação da variável sensação térmica e velocidade do ar (m/s).....	152
6.3 Análise comparativa entre os 5 pontos de coleta de dados.....	158
<b>CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>165</b>
7.1 Recomendações para trabalhos futuros .....	168
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>169</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>179</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 2.1: Dependência entre geometria urbana e metas de controle climático.....	26
Figura 3.1: Macrozonas do Município de Campinas .....	40
Figura 3.2: Detalhe da Macrozona 4 do Município de Campinas e respectivas Áreas de Planejamento (AP) e Unidades Territoriais Básicas (UTB).....	41
Figura 3.3: Macrozona 4 do Município de Campinas – Área de Urbanização Prioritária (AUP).....	41
Figura 3.4: Parque Portugal .....	43
Figura 3.5: Vista aérea da Av. José de Campo Souza.....	43
Figura 4.1: Mapa base digital da área de estudo .....	50
Figura 4.2: Foto aérea da área de estudo .....	51
Figura 4.3: Mapa de Caracterização da Verticalidade.....	52
Figura 4.4: Mapa de Permeabilidade Potencial do Solo.....	53
Figura 4.5: Mapa de Materiais Predominantes.....	54
Figura 4.6: Mapa de Áreas Verdes.....	55
Figura 4.7: Mapa de densidade populacional .....	56
Figura 4.8: Mapa de densidade Habitacional .....	57
Figura 4.9 Mapa de localização dos pontos fixos – Área de estudo.....	64
Figura 4.10: Mapa de localização dos pontos fixos, móveis e transecto – Área de estudo.....	72

Figura 4.11: Tubo de PVC com revestimento .....	74
Figura 4.12: Detalhe da ventilação mecânica .....	74
Figura 4.13: Sensor de par termoelétrico tipo K .....	74
Figura 4.14: Tubo de PVC e termopar .....	74
Figura 4.15: Equipamento acoplado no veículo .....	74
Figura 4.16: Veículo com sensor para medições .....	74
Figura 4.17: Mapa de localização dos pontos de aplicação dos questionários.....	77
Figura 5.1: Agrupamentos dos pontos móveis e fixos em função da proximidade e da morfologia.....	84
Figura 5.2 Comparação entre a temperatura móvel coletada e a estimada – Ponto 5 – 29 de julho de 2005 .....	88
Figura 5.3: Comparação entre a temperatura do ar no ponto 5 e ponto 7, período de inverno de 2004.....	89
Figura 5.4: Temperatura do ar em função do tempo - Médias horárias do período e 28 de julho a 9 de agosto de 2004. Pontos urbanos e Estação Meteorológica .....	94
Figura 5.5: Umidade relativa em função do tempo - Média horária do período e 28 de julho a 9 de agosto de 2004. Pontos urbanos e Estação Meteorológica .....	95
Figura 5.6: Mapa de isolinhas: temperatura mínima do ar (período de inverno).....	99
Figura 5.7 Mapa de isolinhas: temperatura máxima do ar (período de inverno).....	99
Figura 5.8: Mapa de isolinhas: amplitude térmica (período de inverno) .....	99
Figura 5.9: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis – Período de 28, 29, 30 de julho e 02, 03 e 08 de agosto de 2004.....	101
Figura 5.10: Diferenças térmicas entre os pontos de coleta de medidas móveis – Período de 28, 29, 30 de julho e 02, 03 e 08 de agosto de 2004.....	103
Figura 5.11: Temperatura do ar em função do tempo - Médias horárias do período de 01e 02, 04 a 10 de março de 2005. Pontos urbanos e Estação Meteorológica ..	108
Figura 5.12: Umidade Relativa do ar em função do tempo - Médias horárias do período de 01,02, 04 a 10 de março de 2005. Pontos urbanos e Estação Meteorológica .....	109
Figura 5.13: Mapa de isolinhas: temperatura mínima do ar (período de verão) .....	112
Figura 5.14: Mapa de isolinhas: temperatura máxima do ar (período de verão).....	112

Figura 5.15: Mapa de isolinhas: amplitude térmica (período de verão).....	112
Figura 5.16: Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2004 .....	114
Figura 5.17: Diferenças térmicas entre os pontos de coleta de medidas móveis– Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2004.....	115
Figura 5.18: Mapa de diferenças térmicas: temperaturas mínimas (período de inverno) .....	119
Figura 5.19: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função da caracterização da verticalidade.....	119
Figura 5.20: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função das áreas verdes .....	120
Figura 5.21: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função dos materiais predominantes .....	120
Figura 5.22: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função da densidade populacional.....	121
Figura 5.23: Mapa temático de ocorrência de ilha de calor em função da permeabilidade do solo .....	121
Figura 5.24: Classificação das Unidades Climáticas Urbanas - Área de estudo .....	123
Figura 6.1: Distribuição da amostra por faixa etária .....	129
Figura 6.2: Distribuição da frequência relativa do gênero dos entrevistados .....	130
Figura 6.3: Distribuição da frequência relativa ao índice de massa corpórea .....	131
Figura 6.4: Distribuição da variável sensação térmica no período de verão .....	136
Figura 6.5: Distribuição da variável sensação térmica no período de inverno .....	137
Figura 6.6: Distribuição da variável preferência térmica no período de verão.....	138
Figura 6.7: Distribuição da variável preferência térmica no período de inverno .....	138
Figura 6.8: Distribuição da variável grau de satisfação no período de verão e inverno .....	139
Figura 6.9: Reta de regressão logística binária. Variável TBS, período de verão.....	150
Figura 6.10: Reta de regressão logística binária. Variável TBS, período de inverno .....	151

Figura 6.11: Intervalo de conforto de temperatura de bulbo seco (TBS) . Período de verão e inverno, região de estudo.....	152
Figura 6.12: Reta de regressão logística binária. Variável Var, período de inverno .....	156
Figura 6.13: Intervalo de conforto de velocidade do ar (Var). Região de estudo.....	157
Figura 6.14: Agrupamento: pontos dos questionários estatisticamente iguais .....	163

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 2.1: Sistema Clima Urbano (S.C.U.) - Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção.....	08
Quadro 2.2: Categorias da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano .....	10
Quadro 4.1: Características dos dados fixos coletados .....	60
Quadro 4.2: Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas fixas .....	60
Quadro 4.3: Características dos equipamentos de medições fixas.....	65
Quadro 4.4: Características dos dados móveis coletados .....	68
Quadro 4.5: Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis ...	68
Quadro 4.6: Características do equipamento de medições móveis .....	73
Quadro 4.7: Período de coleta dos pontos dos questionários .....	76
Quadro 4.8: Caracterização e localização dos pontos de coleta dos questionários.....	78
Quadro 4.9: Características dos Equipamentos de medições móveis .....	80
Quadro 5.1: Características gerais das Unidades climáticas urbanas .....	124
Quadro 6.1: Questões do questionário sobre conforto térmico e variável relacionada	136

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 2.1: Isolamento térmico e itens do vestiário .....	29
Tabela 2.2: Metabolismo para diferentes atividades.....	30
Tabela 3.1: Dados climáticos da região de Campinas. Período: 1998 a 2005.....	39
Tabela 5.1: Agrupamentos dos pontos fixos e móveis .....	85
Tabela 5.2: Resultados obtidos através da regressão.....	86
Tabela 5.3: Resultados obtidos através da Análise de Variância .....	86
Tabela 5.4: Resultados de temperatura fixa e móvel do dia 28/07/2004.....	87
Tabela 5.5: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 de julho a 31 de julho e 01 a 08 de agosto de 2004 .....	92
Tabela 5.6: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 de julho a 08 de agosto de 2004.....	96
Tabela 5.7: Valores médios de umidade relativa do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 de julho a 08 de agosto de 2004....	102
Tabela 5.8: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2005 .....	106
Tabela 5.9: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica – Período de 01, 02, 04 a 10 de março de 2005 .....	110
Tabela 5.10: Valores médios de umidade relativa do ar mínima e máxima, amplitude –	

Período de 01,02, 04 a 10 de março de 2005.....	113
Tabela 6.1: Tamanho da amostra. Período de verão .....	128
Tabela 6.2: Tamanho da amostra. Período de inverno .....	129
Tabela 6.3: Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de verão..	132
Tabela 6.4: Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de inverno. .....	133
Tabela 6.5: Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Total da amostra. Período de verão e inverno.....	134
Tabela 6.6. Escala utilizada no questionário. Variável sensação térmica e preferência térmica .....	140
Tabela 6.7: Cruzamento do variável pessoal gênero com a variável resposta (grau de satisfação, sensação térmica e preferência térmica) .....	142
Tabela 6.8: Cruzamento do variável pessoal índice de massa corpórea (IMC) com a variável resposta (grau de satisfação, sensação térmica e preferência térmica)	143
Tabela 6.9: Cruzamento da variável pessoal faixa etária com a variável resposta (grau de satisfação e sensação térmica, preferência térmica) .....	144
Tabela 6.10: Variável sensação térmica. Período de inverno .....	146
Tabela 6.11: Variável sensação térmica. Período de verão .....	147
Tabela 6.12: Variável sensação térmica. Período de inverno .....	147
Tabela 6.13: Regressão logística. Variável TBS, período de verão .....	148
Tabela 6.14: Regressão logística. Variável TBS, período de inverno .....	149
Tabela 6.15: Teste de bondade de ajuste. Variável TBS, período de verão .....	149
Tabela 6.16: Teste de bondade de ajuste. Variável TBS, período de inverno .....	149
Tabela 6.17: Regressão logística. Variável velocidade do ar (m/s), período de verão	153
Tabela 6.18: Regressão logística. Variável velocidade do ar (m/s), período de inverno .....	153
Tabela 6.19: Teste de bondade de ajuste. Variável Var, período de verão.....	154
Tabela 6.20: Teste de bondade de ajuste. Variável Var, período de inverno.....	155
Tabela 6.21: Teste qui-quadrado. Comparação entre os pontos de coleta. Período de inverno e verão .....	159
Tabela 6.22: Teste e intervalo de confiança para duas proporções. Todos os pontos de coleta, período de inverno .....	161

# 1. INTRODUÇÃO

A acelerada urbanização nos grandes centros pode provocar sérios problemas de degradação ambiental, bem como consideráveis prejuízos econômicos, sociais e de qualidade de vida às comunidades urbanas e rurais. No caso específico da qualidade climatológica, notam-se significativas diferenças entre os dados climáticos do ambiente urbano comparado com o rural, ou seja, o clima nas cidades sofre influência do conjunto complexo da estrutura urbana. Contudo, essa qualidade climática nas cidades pode ser alcançada se considerarmos os parâmetros físicos para o ambiente urbano juntamente com os dados ambientais.

Em consequência do aumento da população nas áreas urbanas temos como resultado o aumento de suas necessidades: alimentos, matéria-prima, energia, serviços, meios de comunicação, entre outros. Ou seja, para atender às suas necessidades, o homem utiliza-se dos meios naturais, modificando os mesmos.

Em se tratando das condições atmosféricas, a cidade apresenta alterações climáticas diferenciadas das áreas circunvizinhas. Nas cidades, observa-se maior

precipitação, pois as atividades humanas produzem maior número de partículas de condensação, por outro lado, a umidade relativa e a direção e velocidade dos ventos são diferentes do meio rural. Porém, é evidente que estas alterações variam de cidade para cidade, dependendo da intensidade de uso do solo, das características físicas da mesma e do processo de crescimento urbano.

Tarifa e Armani (2001, p.47) ao estudar os espaços climáticos urbanos da cidade de São Paulo, definem o conceito de “unidade climática urbana” que descrevem como sendo “[...] um espaço onde pessoas vivem, trabalham, produzem e consomem, e que pode ser percebido pelo estudo dos atributos atmosféricos (temperatura, umidade, qualidade do ar, conforto térmico, enchentes, entre outros) e os controles (uso do solo urbano, densidade populacional e de edificações, áreas verdes, favelas, fluxo de veículos)”.

Com relação aos aspectos relacionados ao conforto humano em espaços abertos Lois e Labaki (2001) relatam que as atividades, tanto ativas quanto passivas dos habitantes urbanos, necessitam de ambientes que sejam confortáveis termicamente.

Muitas pesquisas apontam que as temperaturas alcançam valores máximos no centro das áreas urbanas: em espaços com grandes áreas construídas, adensamento populacional e alta taxa de impermeabilização do solo. Isto, por sua vez contribui para o desconforto humano associado ao stress e prejuízos à saúde física e mental dos habitantes das cidades.

O Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) divulgou que grande parte das alterações no meio ambiente são antropogênicas, ou seja, causadas pelo próprio homem. Através de cenários foi constatado que a temperatura da Terra pode subir de 1,80 °C a 4 °C até o fim deste século, e que o nível dos oceanos vai aumentar de 18 a 59 centímetros até 2100 e o volume das chuvas subirá cerca de 20%.

Tendo em vista estas considerações, este trabalho é proposto como contribuição

para análise climática do espaço urbano aberto, o que por sua vez contribuirá para o estudo do conforto térmico dos mesmos. Para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas, uma vez que se caracteriza com grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo.

## **1.1 Hipótese**

As hipóteses deste trabalho são:

- Existe uma relação direta entre os padrões de uso do solo urbano e a temperatura do ar;
- A temperatura do ar explica a sensação térmica dos pedestres da área de estudo.

## **1.2 Objetivos da pesquisa**

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a influência dos diferentes usos do solo e o efeito climático no ambiente urbano da cidade de Campinas –SP, com a finalidade de subsidiar o planejamento urbano e, conseqüentemente contribuir para o conforto térmico na cidade.

Como objetivos específicos tem-se:

- Avaliar a distribuição horizontal da temperatura do ar em um região central na cidade de Campinas- SP, durante os períodos de verão e inverno;
- Verificar a existência da ilha de calor e a relação com os diferentes usos do solo urbano;
- Avaliar o conforto térmico da área de estudo;

- Correlacionar os dados climáticos com os elementos da estrutura urbana;

## **1.2 Estrutura da tese**

Este trabalho está dividido em 7 (sete) capítulos, incluindo este primeiro que é introdutório. No segundo capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica e fundamentação teórica. Abordam-se os impactos climáticos da urbanização, as características da estrutura urbana que influenciam no clima, bem como os métodos e técnicas utilizados para o estudo do clima urbano. Descrevem-se também os estudos relacionados com o conforto térmico nos espaços urbanos abertos.

No capítulo três é apresentada a cidade onde foi desenvolvida a pesquisa, o município de Campinas – SP. Descreve-se o aspecto climático, a localização e a caracterização da região.

A metodologia utilizada na pesquisa é apresentada no capítulo quatro. Neste capítulo foi detalhado o roteiro metodológico, a metodologia para a coleta de dados climáticos, bem como a instrumentação utilizada. A metodologia utilizada para esta pesquisa foi a coleta de dados climáticos com medidas móveis e fixas de temperatura do ar, em uma região central da cidade, com diferentes configurações de uso e ocupação do solo. Para a avaliação do conforto térmico foram realizadas, simultaneamente, a coleta dos parâmetros climáticos e a avaliação da sensação térmica dos pedestres da área de estudo, através de aplicação de questionários. As medidas foram coletadas em situações de inverno e verão.

No capítulo cinco é apresentada análise dos dados climáticos e sua relação com o uso e ocupação do solo da área de estudo. Já no capítulo 6, é apresentada a avaliação da sensação térmica dos usuários da cidade na região de estudo.

As referências bibliográficas empregadas no escopo desta pesquisa foram agrupadas no final do trabalho.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O Clima urbano**

Estudos sobre o clima urbano iniciaram no começo do século XIX, na Europa. O trabalho de Howard (1833 apud Landsberg, 1981), publicado pela primeira vez em 1818, sobre o clima de Londres, foi um dos primeiros trabalhos a observar as diferenças de temperatura na cidade, comparadas com o meio rural.

Na segunda metade do século XIX, na França e Alemanha, houve um crescimento nos estudos do clima urbano, em virtude da expansão das redes de observação meteorológica. Durante a década de 30, a utilização dos dados de redes-

padrão foi muito discutida, assim houve a emergência da micro-meteorologia, especialmente na Alemanha e na Áustria.

Durante a época da 2ª Grande Guerra, a América do Norte e Japão também iniciaram estudos sobre o clima. Após a Guerra muitos trabalhos foram desenvolvidos nestes países, sendo que a principal variável de estudo foi a temperatura do ar. Nesse período, destacam-se o estudo de Landsberg e Chandler (1956 e 1965 respectivamente, apud MONTEIRO, 2003). O primeiro trabalho assinala o princípio da preocupação com o destino do planeta e faz parte da coletânea, patrocinada pela National Science Foundation, intitulada *Man's role in changing the face of Earth*. Nesta coletânea tem-se o trabalho de Landsberg: *The Climate of towns*. O estudo de Landsberg representa o marco histórico nos estudos climatológicos, pois é a primeira síntese sobre estudos dos climas urbanos, o qual o autor designa como *towns*. Já o trabalho de Chandler, foi uma monografia sobre as modificações climáticas da cidade de Londres, que obteve grande destaque no período.

Durante a década de 60 e início dos anos 70, os estudos climáticos focaram interesse na atmosfera urbana, sobretudo no problema da concentração de poluentes em cidades. Nesse período, a Organização Mundial de Meteorologia (WMO) patrocinou uma série de estudos e pesquisas sobre o assunto.

No Brasil, a partir da década de 1960, a preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras foi um dos fatores que impulsionaram o surgimento de estudos relacionados ao clima urbano no país. Cidades de porte pequeno, médio e grande foram o alvo das investigações, a maioria delas localizadas na região centro-sul tendo-se intensificado e se distribuído pelo território nacional na década de 1990. Dentre os estudos, destaca-se os trabalhos de Gallego (1972), Monteiro (1976), Tarifa (1977), Sartori (1979), Fonzar (1981), Sampaio (1981), Lombardo (1985) e Dani (1987).

É importante ressaltar que a avaliação das condições climáticas sobre o aspecto da ação antrópica deve ser abordada de acordo com as escalas de abordagens. Ou seja, a partir de níveis micro, topo e mesoclimáticos o estudo do clima pode revelar o grau de interferência da ação do homem nas condições ambientais.

### ***2.1.1 Escala climática***

O estudo de Monteiro (2003) indica que o clima da cidade admite uma visão sistêmica, com vários graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução. Apesar desse sistema ser decomposto em diversos elementos, não se deve desincompatibilizá-lo completamente um dos outros. Essa abordagem do clima urbano é organizada a partir de canais da percepção humana (Quadro 2.1), pois relata que o homem deve sempre constituir o referencial dos problemas e valores dos fatos geográficos. Dentre esses canais o de conforto térmico será o enfoque desta pesquisa.

## Quadro 2.1: Sistema Clima Urbano (S.C.U.)

Articulação dos sistemas segundo os canais de percepção

<b>Subsistemas</b> Canais	<b>I</b> <b>Termodinâmico</b> Conforto Térmico	<b>II</b> <b>Físico-Químico</b> Qualidade do ar	<b>III</b> <b>Hidrometeorico</b> Impacto meteórico
Caracterização			
Fonte	Atmosfera Radiação circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto-motores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados especiais (desvios ritmos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológicaespecial (Trabalho de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (Trabalho de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra-estrutura urbana
Produtos	“Ilha de calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto Redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: MONTEIRO, 2003

MONTEIRO (2003) relata que não existe rigor de ordem de grandeza a partir do qual grau de urbanização e de quais características geoecológicas locais o que se poderia usar o termo clima urbano. Destaca, também, que por causa da abrangência do climático e do urbano, a noção de espaço necessariamente incluirá o espaço

concreto e tridimensional (planos horizontais e verticais) onde age a atmosfera e os espaços relativos necessários à compreensão do fenômeno urbano. Assim, a cidade tanto se integra em níveis superiores, como se divide em setores, bairros, ruas, casas, ambientes internos. Ou seja, a ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constitui o conjunto complexo de inter-relações que produzem o clima urbano (LOMBARDO,1985).

É necessário, pois, considerar a determinação da escala de abordagem do clima urbano como objeto de estudo. Assis (2000) relata que, na climatologia geográfica a questão das escalas, além de ter pouco destaque, apresenta grandes divergências nas taxonomias propostas por diversos autores.

Nesse sentido, OKE (1987) propõe. a partir de estudos de ORLANSKY (1975) duas escalas para abordar o clima urbano: a Camada Limite Urbana (*Urban Canopy Layer* - UBL) e a Camada ao Nível das Coberturas Urbanas (Urban Boundary Layer - UCL). A UCL estende-se desde o solo até aproximadamente a nível médio das coberturas das edificações e, a UBL é a camada de limite interna de escala mesoclimática, cujas características são determinadas pela presença da malha urbana.

De acordo com Taesler (1986 apud Assis, 2000), existem métodos mais apropriados para estudo do clima urbano na escala da camada urbana ao nível das coberturas (UCL) e para a camada limite urbana (UBL). Na primeira (UCL), são abordadas as diferenças entre a área rural e a urbana, bem como as variações intra-urbanas. Para a coleta da área rural e urbana, os dados climáticos são observados através de estações meteorológicas fixas. Já nas variações intra-urbanas, a metodologia de medidas móveis em transectos, combinadas com registros contínuos, são utilizadas para detalhar a distribuição da temperatura horizontal nesta escala. As medições na camada limite urbana (UBL) são associadas a programas de controle de poluição do ar.

De acordo com Givoni (1989), as trocas de energia que afetam diretamente

os moradores da cidade ocorrem na camada intra-urbana, e a natureza das superfícies e a forma das diversas estruturas urbanas afetam e condicionam essas trocas de energia.

Monteiro (2003) dá ênfase à escala horizontal e propõe o relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômicas das formas e com unidades (ou graus) de urbanização (Quadro 2.2). O autor utilizou como referencial os estudos de sistematização da taxonomia geomorfológica de Tricart & Cailleux. Assim, possibilita relacionar, de modo escalonado, as unidades de urbanização desde a habitação até a região urbana. A unidade climática abordada nesta pesquisa é o mesoclima.

**Quadro 2.2:** Categorias da organização geográfica do Clima e suas articulações com o Clima Urbano

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços Climáticos	Espaços Urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(milhões de KM)	1:45.000.000 1:10.000.000	ZONAL	-	Satélites Nefanálise	Latitude Centros de ação atmosférica	Caract. geral comparati- va
III	(milhões de KM)	1:5.000.000 1:2.000.000	REGIONAL	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológico s (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	(centenas de KM)	1:1.000.000 1:5.000.000	SUB- REGIONAL (FÁCEIS)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapea- mento sistemáti- co
V	(dezenas de KM)	1:250.000 1:100.000	LOCAL	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	Centenas de metros	1:50.000 1:25.000	MESOCLIMA	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	TOPOCLIMA	Pequena cidade Fáceis de vairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	Metros	1:2.000	MICROCLIMA	Grande edificação/ Habitação/ Setor de Habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: MONTEIRO (2003)

Neste contexto, a identificação detalhada dos diferentes espaços intra-urbanos é de grande relevância, pois a partir desta, é possível elencar os fatores causadores da diferenciação climática do ambiente urbano. Neste sentido, Monteiro (2003) cita que “[...] é a extensão espacial do fenômeno urbano, em sua interação com a paisagem na qual está inserido, que define o seu ambiente atmosférico”. Ainda relata que “[...] a particularidade climática está vinculada às dimensões da cidade, ou seja, quanto menor o seu tamanho, menor também será sua expressividade ou singularidade climática dentro das condições atmosféricas no âmbito regional”. Neste sentido, afirma que o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.

## **2. 1.2 Urbanização e impactos climáticos**

O intenso processo de urbanização vem gerando bruscas mudanças nas características do meio natural, causando, muitas vezes, alterações prejudiciais ao ambiente e ao próprio homem. Com relação ao clima urbano, observam-se significativas alterações climáticas resultantes do processo de urbanização. A urbanização afeta as mais diferentes variáveis climáticas, tais como: radiação solar visível, infravermelho e ultravioleta, umidade relativa, ventos, nebulosidade, precipitação, e favorece a ocorrência de ilhas de calor, neblina, domus de poeira e inversão térmica.

As principais características do clima urbano, enunciadas por Assis (2000) consideradas prejudiciais no caso das cidades tropicais, resultam nos seguintes problemas:

- aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, produzindo uma condição de *stress* bioclimático;
- aumento do consumo energético para o resfriamento artificial dos edifícios, sem

contudo solucionar o problema de conforto térmico de modo geral;

- aumento da incidência de tempestades sobre os centros urbanos, resultando grandes danos sociais e materiais;
- a concentração da poluição do ar e a diminuição da ventilação natural pelo aumento da rugosidade da superfície terrestre.

Em se tratando das condições atmosféricas, a cidade apresenta alterações climáticas diferenciadas das áreas circunvizinhas. É importante salientar que estas modificações variam de cidade para cidade, em função das características do sítio, da intensidade do uso do solo e do próprio processo de urbanização.

Com relação ao fenômeno da ilha de calor, Oke (1987) relata que este é o resultado das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera pela urbanização. Segundo o autor, esta anomalia térmica tem ocorrido em grande parte dos assentamentos humanos extensos ou não. A ocorrência do fenômeno é mais expressiva com céu claro e ar calmo, com tendência a desaparecer com tempo nublado e ventilado (LANDSBERGER, 1981).

Estudos indicam que diversos fatores influenciam na formação da ilha de calor, dentre eles destaca-se: redução do resfriamento, gerado pela diminuição da evaporação (causados pela diminuição das áreas verdes, impermeabilização do solo e transporte da água de chuva pela canalização), efeitos da transformação de energia no interior da cidade, geração de calor através de processos industriais, trânsito, habitações; além das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de pavimentação que absorvem energia durante o dia, e à noite emitem energia de onda longa, tendo como consequência o aumento da temperatura noturna.

Através do enfoque do efeito da ilha de calor Oke (1982), faz uma revisão das características qualitativas do fenômeno e sua relação com aspectos urbanos e

meteorológicos. Destaca a importância da localização geográfica, da topográfica, do solo, da vegetação, do uso do solo, além do tamanho da cidade na formação da ilha de calor. Ressalta também a importância dos parâmetros meteorológicos como o vento e a cobertura de nuvens.

Diversos autores encontraram uma correlação entre a intensidade da ilha de calor com o tipo do uso do solo (LOMBARDO, 1985; PARK, 1986, JARDIM, 2003; HEISLER et al.,2006) e com a poluição do ar (ZANG, 1991; JAUREGUI, 1992 e GOTOH, 1993). Outros estudos, através de modelagem física e computacional, fazem simulações do fenômeno (OKE, 1981).

Azevedo (2001) comenta que, no estudo do clima urbano, também deve ser considerado o calor gerado diretamente pelos habitantes e suas atividades. Em pesquisa realizada, na cidade de São Paulo constata que o montante de energia introduzido e dissipado no clima urbano de São Paulo pela atividade humana é comparável ao montante de energia introduzido pela radiação solar na mesma escala de magnitude. Ou seja, de um a dez, a energia de origem antrópica é, no mínimo um, se a de origem solar for dez. Outro estudo que avaliou o impacto do calor antropogênico, na formação da ilha de calor urbana, foi realizado por Jiang et al. (2006). O estudo concluiu que o calor antropogênico é um importante fator que não pode ser ignorado em simulações do clima urbano. Através de simulação numérica, baseada em dados de emissão de calor antropogênico da cidade de Nanjiing em 2002, obteve-se a média de contribuição diária de 26,6%. Se o fluxo de calor antropogênico for dobrado, a contribuição alcança aproximadamente 42,9%.

Dentro deste contexto, o conhecimento dos fatores climáticos, juntamente com as características do sítio, tais como topografia, morfologia, presença de vegetação, corpos d'água, entre outros é de fundamental importância para o a elaboração de diretrizes urbanísticas que visem melhores condições climáticas nas cidades.

### ***2.1.3 Características da estrutura urbana que influenciam no clima***

Torna-se importante, pois, abordar o termo morfologia urbana, necessário tanto na leitura e análise da cidade, como no processo da sua concepção.

Segundo Lamas (1993), o termo morfologia utiliza-se para designar o estudo da configuração e da estrutura exterior de um objeto. É a ciência que estuda as formas, interligando-as com os fenômenos que lhes deram origem. Nesse sentido, o estudo da morfologia urbana ocupa-se da divisão do meio urbano em partes (elementos morfológicos) e da articulação destes entre si e com o conjunto que definem – os lugares que constituem o espaço urbano.

Serra (1987) define o conceito forma urbana como a disposição, no espaço, das várias partes do aglomerado urbano e o conjunto das relações espaciais que estas mantêm entre si e com o todo. Desta maneira, relata que a forma urbana diferencia-se da arquitetônica pela escala, e pelo fato de ser a reunião, o conjunto de muitos objetos arquitetônicos.

Nesse sentido, Lama (1993) relata que a forma urbana corresponde ao meio urbano como arquitetura, ou seja, um conjunto de objetos arquitetônicos, ligados entre si por relações espaciais. Segundo este autor, a forma é o objeto final de toda a concepção e, está em conexão com o desenho, quer dizer, com as linhas, espaços, volumes, geometrias, planos e cores, a fim de definir um modo de utilização e de comunicação figurativa, que constitui a arquitetura da cidade. Nesta perspectiva, relata que, para que exista forma urbana, tem que existir o desenho urbano. Define desenho urbano, não como o desenho dos edifícios ou fatos construídos, mas o desenho da estrutura, o desenho daquilo que une e relaciona os diferentes elementos morfológicos ou diferentes partes da cidade.

Para Lama (1993), os elementos morfológicos são as unidades ou partes físicas que, associadas e estruturadas, constituem a forma. Neste sentido, o autor classifica as relações dos elementos morfológicos em 3 (três) dimensões ou escalas do espaço urbano: a dimensão setorial, ou a escala de rua, os elementos morfológicos identificáveis, são essencialmente os edifícios (com suas fachadas), o traçado e também as árvores ou a estrutura verde, desenho do solo e mobiliário urbano; a dimensão urbana, ou escala de bairro, são os traçados e praças, os quarteirões e monumentos, os jardins e áreas verdes; e a dimensão territorial, ou escala urbana. Os elementos morfológicos identificam-se com os bairros, as grandes infra-estruturas viárias e as grandes zonas verdes relacionadas com o suporte geográfico e as estruturas físicas da paisagem. Ressalta a importância de compreender a leitura da cidade, simultaneamente, nos diferentes níveis ou escalões.

Neste sentido, serão relatadas, a seguir, diversas pesquisas de climatologia aplicadas a espaços urbanos. As abordagens, aqui relatadas, nos conduzem a um conhecimento cada vez maior da realidade da cidade, no que concerne à questão da qualidade climática urbana.

Givoni (1998) relaciona alguns fatores da estrutura da cidade que influenciam no clima urbano. Segundo o autor, os principais elementos são: a localização da cidade na região, o tamanho da cidade, a densidade da área construída, uso do solo urbano, altura dos edifícios, orientação e largura das ruas, subdivisão dos lotes, os efeitos dos parques e outras áreas verdes e o desenho especial de detalhes dos edifícios que afetam as condições externas.

Oliveira (1988) reuniu um conjunto de categorias de análise, características da forma urbana, que condicionam o clima: conformação espacial, rugosidade, porosidade, uso e ocupação do solo, orientação, textura, propriedades físicas dos materiais, cor e vegetação.

Romero (1988) elaborou alguns princípios bioclimáticos para o desenho urbano, orientados pelas características do clima, visando ao equilíbrio térmico entre o homem e o meio. Entre os princípios, descreve critérios para a seleção do sítio, onde define parâmetros para a localização, ventilação e insolação. Quanto à morfologia do tecido urbano, os princípios foram elaborados, considerando a forma, as ruas, os lotes e o tamanho dos espaços públicos.

Romero (2001) propôs uma metodologia para concepção bioclimática do espaço público. Dentre as características do espaço urbano que foram inseridas na metodologia estão o tamanho, a densidade e a orientação do construído na área urbana, as rugosidades aerodinâmicas, o anteparo das emissões de radiações de onda longa, os relacionamentos entre o tamanho dos edifícios e a distância existente entre eles e a distribuição dos edifícios altos entre os mais baixos. Sobre a questão das áreas urbanas, Romero (2001, p.153) define os espaços públicos exteriores urbanos como “[...] aqueles espaços fundamentais que condicionam freqüentemente os espaços construídos, aqueles que lhes conferem, às vezes, suas formas, seus relevos, suas características.” Relata ainda que são elementos essenciais da paisagem urbana, pois constituem os espaços da vida, permitindo perceber a cidade.

Um estudo que verificou a relação de uso do solo, forma urbana e diferenças de temperatura do ar foi investigado por Santana e Lombardo (1997), na cidade de Fortaleza (CE). As características urbanas consideradas para a análise foram: tamanho e densidade da estrutura urbana, rugosidade, porosidade, orientação e localização das ruas, lotes e edificações, propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes do tecido urbano, presença da água e vegetação, formato e dimensão dos espaços públicos livres de edificações. Os dados climáticos coletados, através de instrumentos meteorológicos, foram a temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante do meio, velocidade e direção do vento. Os resultados mostraram que a zona com maior densidade de ocupação de veículos e pessoas apresentou, durante o dia, as temperaturas do ar mais elevadas. E as zonas com presença de corpos d’água e

vegetação significativos, e à beira mar, apresentaram as temperaturas do ar mais baixas.

Duarte e Maitelli (1999) também realizaram medições de temperatura e umidade à superfície em alguns pontos fixos na cidade de Cuiabá – MG. O objetivo da pesquisa era detectar a correlação entre o uso e ocupação do solo e as variáveis de conforto térmico (temperatura e umidade relativa do ar). Os resultados mostraram diferenças de temperaturas de até 6° C entre os pontos de baixa ocupação e as áreas densamente construídas. Ainda, constatou-se que a área mais aquecida é o centro da cidade e as mais secas são as áreas que apresentam alto índice de pavimentação.

Por outro lado, as diferenças de temperatura no meio urbano são influenciadas por diversos parâmetros da geometria urbana, vários estudos têm demonstrado uma boa correlação destes (ELIASSON 1996; TSO 1996, KYOTA et al., 2006).

Barbirato (1998) analisou o ambiente térmico urbano da cidade de Maceió (AL). Os dados foram coletados através de medições móveis de temperatura em três áreas urbanas da cidade com diferentes configurações de uso e ocupação do solo: área mista com alguma verticalização, edificações térreas, alguns terrenos vazios e pouca vegetação; área verticalizada, com pouca vegetação; área predominantemente com construções térreas e residenciais e pouca vegetação. Os resultados mostraram que as áreas edificadas apresentaram efeitos de elevação na temperatura do ar. Também se constatou que as temperaturas das áreas urbanas foram sempre superiores às temperaturas da estação meteorológica (ponto de referência), comprovando a influência da urbanização no clima local.

Assis (2000) desenvolveu um método de simulação física em modelo reduzido de áreas urbanas com a finalidade de representar o fenômeno de troca térmica ligado à ocorrência da ilha de calor. O estudo foi realizado na cidade de Belo Horizonte (MG) e aplicou os conceitos de “envelope solar” e “envelope de iluminação” no controle da

densidade de ocupação do solo urbano e da volumetria das edificações.

Bertacchi e Faria (2005) analisaram a distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana da cidade de Bauru (SP). Foram empregados dados de um levantamento preliminar de temperatura do ar, realizado em três horários (9, 15 e 21 horas) em uma série de pontos distribuídos pela cidade. De acordo com a pesquisa, a área central apresentou maior aquecimento que as demais áreas, confirmando a influência do uso de solo, do adensamento de construções e da configuração do desenho urbano. A presença de vegetação foi o aspecto mais importante na análise das diferenças de temperatura entre as diversas áreas,

Outros estudos relatam a relação entre a configuração do céu (*sky view factor*) e as variações térmicas. Segundo Oke (1981), a configuração do céu é uma medida (ou índice) que revela o quanto de céu disponível existe sobre determinado ponto da superfície terrestre para que se realizem as trocas de energia naquele ponto. Diversos autores relacionaram as condições térmicas urbanas com o fator de visão do céu (FVC) como Johnson e Watson (1984), Salvi Sakamoto (2001), Leme, PEDROTTI e SOUZA (2005), Miller et al. (2006).

Um trabalho abrangente, no Brasil, sobre a questão da geometria urbana foi realizado por Souza (1996). A pesquisa avaliou quantitativamente a influência térmica da configuração geométrica de uma cidade na atmosfera urbana, adotando-se como área de estudo uma região na cidade de São Carlos (SP). As unidades representativas da geometria urbana foi o fator de visão do céu (FVC), e a relação entre altura e largura das vias (relação H/W). O estudo indicou que a área estudada apresentava na época um índice de adensamento que podia ser classificado de médio a baixo. Os resultados indicam que a hipótese de adensamento urbano sem prejuízos térmicos graves, considerando-se a geometria urbana, pode ser aceita desde que se respeite o acesso solar, ventilação e iluminação das edificações.

Outro aspecto que apresenta importância no controle climático urbano é a vegetação. Dentre os benefícios da vegetação urbana, destaca-se a sua importância para o controle climático, da poluição do ar e acústica, melhoria da qualidade estética, efeitos sobre a saúde mental e física da população, aumento do conforto ambiental, valorização de áreas para convívio social, valorização econômica das propriedades e formação de uma memória e do patrimônio cultural (OLIVEIRA, 1996).

Um estudo que analisou a contribuição da vegetação no conforto térmico foi realizado por Bartholomei e Labaki (2002), na cidade de Campinas. Nessa pesquisa, foi analisada a função da vegetação na atenuação da radiação solar, contribuindo para a melhoria do conforto térmico em áreas urbanas. O trabalho analisou a influência de diferentes espécies de árvores em relação ao conforto térmico em espaços abertos através do índice de conforto térmico, o PMV (Predicted Mean Vote). Para quantificar a melhoria do microclima proveniente da vegetação, seis espécies de árvores foram analisadas. A pesquisa concluiu que o índice de conforto varia ao longo do dia e que as espécies, através das diferentes atenuações da radiação, apresentam um índice de conforto diferente. É interessante observar que duas espécies apresentaram o melhor índice de conforto, em função das suas sombras, no horário das 2h15min da tarde, quando a temperatura é bastante elevada.

Morero (2006) propõe o planejamento ambiental de áreas verdes urbanas e peri-urbanas do município de Campinas – SP, baseado em abordagens de conservação dos ecossistemas naturais remanescentes, educação ambiental e o lazer. A partir das abordagens seleciona sessenta indicadores ambientais relacionados à quantificação e qualificação das áreas verdes. Dessa forma, apresenta propostas e diretrizes para a implantação de novas áreas verdes no local de estudo.

Sob o aspecto da influência das áreas verdes na qualidade de vida, Fontes e Delbin (2001) desenvolveram um estudo na cidade de Bauru (SP) com o objetivo de comparar e analisar os microclimas em dois espaços públicos abertos. Um dos espaços foi caracterizado com expressiva área verde e o outro com pouca arborização, a fim de analisar a influência da vegetação na amenização climática local. O resultado da pesquisa constatou diferenças climáticas significativas entre os dois espaços, resultando temperatura de até 3º C menor, na área arborizada, em horários de temperatura elevada e em tempo estável. A pesquisa também detectou que, além de contribuir para melhoria das condições climáticas, os espaços verdes promovem a intensificação dos seus usos por serem mais agradáveis ao convívio humano.

De Kauffman, Machado e Barroso (2001) realizaram um estudo de avaliação de conforto em áreas abertas de clima quente úmido, na cidade de Maracaibo, Venezuela. Os resultados constataram que a vegetação, especialmente árvores de grande porte, representa um importante papel na modificação e amenização climática. Os benefícios provenientes das árvores dependem de sua espécie, tamanho da copa, permeabilidade, maturidade e qualidade da sombra.

Ao analisar áreas verdes, tais como parques, a presença da vegetação auxilia na diminuição da temperatura do ar e contribui para estabilizar os efeitos do clima sobre os arredores imediatos. Hoffman e Shashua-Bar (2000) constataram que, em pequenas áreas verdes, inseridas no meio urbano na cidade de Tel-Aviv, o efeito amenizador climático pode ser sentido até um raio de 100 m distantes das mesmas. Outros trabalhos que constataram a contribuição dos parques urbanos no microclima local foi realizado por Dimoudi e Nikolopoulo (2003), Cohen et al. (2006), Correa, et al (2006) e SHPIRT et al. 2006.

A seguir serão relacionadas as diversas metodologias utilizadas na aplicação dos estudos de clima urbano nos espaços abertos.

#### ***2.1.4 Métodos e técnicas utilizados para estudo do clima urbano***

Diversos equipamentos de medida e metodologias são aplicados para realizar estudos sobre as variações climáticas urbanas. Nesse sentido, utilizam-se dados das estações meteorológicas, medidas móveis em transectos, sensoriamento remoto e modelos matemáticos.

As medidas móveis são usualmente utilizadas para detalhar a distribuição horizontal das variáveis do clima. Neste método, os sensores são montados em um veículo ou carregados por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do recinto urbano. Juntamente com as medidas móveis devem ser combinados registros contínuos de medidas fixas, com a finalidade de correlacionar os resultados e obter índices de correções confiáveis. Em trajetos longos, a diferença de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa. Nestas condições, é necessário utilizar métodos de interpolação para ajustar as medidas climáticas com as diferenças de horários de medição. Existem diversas pesquisas que utilizam o método de medidas móveis, porém muitos autores criticam o método, devido a esta diferença de horários e outros utilizam métodos de interpolação. Kaiser e Faria (2001), através de um estudo de caso na cidade de Bauru –SP, avaliam a correção do tempo tardio em decorrência da utilização das medidas móveis.

Diversos autores utilizam o método de medições móveis em transectos para detalhar a distribuição horizontal de temperatura do ar em áreas urbanas. Alguns estudos utilizam os instrumentos acoplados em veículos, um automóvel ou outro tipo (YAMASHITA, 1996; FONTES, 1998; LINDBERG, ELIASSON E HOLMER, 2003, SAARONI et al., 2000), outros realizam medições a pé (NAGARA, SHIMODA e MIZUNO, 1996)

Hasenack e Beck (1990) utilizaram de um método de medida móvel de temperaturas para verificar a variação de temperaturas noturnas, no ambiente urbano de Porto Alegre –RS, relacionando-a com o relevo, a vegetação e a intensidade de urbanização. Foram utilizados dois veículos automotores que percorreram quatro rotas, abrangendo uma área de 80 km<sup>2</sup>. Os pontos de observação foram inseridos ao longo dessas rotas e obedeciam aos seguintes critérios: manter uma densidade constante por km<sup>2</sup> (dois pontos por km<sup>2</sup>); manter uma distribuição uniforme dos pontos, situar-se em locais fisionomicamente representativos das circunvizinhanças e localizar-se, em altitudes inferiores a 120 metros, para minimizar o efeito das altitudes. Através da série de diferenças de temperatura, foram elaboradas as cartas de isoanômalas. Para uma melhor interpretação do resultado, elaborou-se um mapa topográfico da área de estudo e, também, organizaram-se cartas de declividade e orientação das vertentes. O resultado do estudo constatou a formação de ilhas de calor na área central da cidade, em todas as noites observadas. A correlação entre intensidade da ilha de calor, declividade e orientação das vertentes não apresentaram índices significativos.

Fontes (1998), desenvolveu uma pesquisa na cidade de São Carlos, para identificar as variações da temperatura do ar e sua correlação com alguns parâmetros da estrutura urbana. O método utilizado foi a coleta de dados com medidas móveis. Para validar os resultados das medidas móveis, também foram realizadas medidas fixas, de temperatura e umidade, através de termo-higrógrafos, instalados em abrigos localizados no centro urbano. Os pontos de medições localizaram-se, ao longo de uma rota de 8 km, em regiões de fundo de vale e áreas centrais. A partir dos dados coletados, foram realizados estudos de correlação entre a temperatura do ar e os elementos da estrutura urbana. Entre os elementos da estrutura urbana que contribuíram para as maiores variações climáticas, as diferenças altimétricas representaram um papel significativo.

Barbirato e Mattos (1999), através das medições móveis, analisam o ambiente térmico de Maceió – AL, com o objetivo de verificar as variações climáticas, em frações urbanas, com morfologias espaciais diferenciadas. Os pontos de medições caracterizaram-se com altitudes aproximadamente iguais, na cidade, com o objetivo de obter uma comparação climática satisfatória. Os resultados obtidos mostram a interferência da malha urbana na modificação do clima local e a contribuição dos ventos (brisas marítimas), amenizando as temperaturas do ar e propiciando o resfriamento das superfícies.

Um método para verificar o comportamento da ilha de calor, no ambiente urbano, foi desenvolvido por Assis (1990), na cidade de Belo Horizonte, MG. Os dados foram coletados nos períodos críticos de verão e inverno, a partir dos dados climáticos disponíveis nas Estações Meteorológicas locais. A análise do fenômeno envolveu a inter-relação entre os parâmetros climáticos e a organização espacial urbana. Nas análises foram considerados os parâmetros referentes ao uso do solo urbano (tipologia, uso e densidade de ocupação) e a incidência de áreas verdes urbanas. Observou-se que as temperaturas máximas diurnas comportam-se diferentemente para cada tipo de ocupação, tanto no verão como no inverno, enquanto as temperaturas noturnas não sofreram grandes variações.

Carlo e Assis (1999) analisaram a questão da climatologia urbana, através da representação gráfica, na cidade de Belo Horizonte, MG, no Campus da Universidade Federal do Mato Grosso de Pampulha, localizado em região de relevo estratificado, dividido em uma área ocupada de uso da comunidade universitária e uma reserva vegetal. A primeira etapa do trabalho teve como objetivo estabelecer diretrizes para a implantação de novos edifícios no campus universitário. Através do software Surfer 5.0, foi possível obter a distribuição da temperatura, sendo a base para a geração de mapa de território. Dessa forma, foi possível gerar diretrizes para os novos edifícios, como a identificação de áreas de aquecimento potencial, em que não são recomendáveis

construções, e áreas que abrigam corredores de vento, onde se devem seguir algumas diretrizes para implantação. A segunda etapa do trabalho analisou a dinâmica dos ventos, através de uma matriz que cruza dados de altura, rugosidade, topografia e morfologia do terreno. Após a geração da matriz, foi utilizado o software Mapinfo para processar os dados da matriz e os lança-los, automaticamente no mapa de território, atualizando-os e ajustando-os. O trabalho contribuiu para gerar recomendações para o projeto e planejamento urbano, através da sobreposição de dados climáticos na estrutura urbana.

Lindberg, Eliasson e Holmer (2003) investigaram a influência da temperatura urbana em comparação com a geometria, em Göteborg, Suécia. Os dados de temperatura foram obtidos através de medidas móveis em um automóvel. O estudo propõe avaliar diferentes métodos para verificar as variações térmicas dentro das cidades, utilizando-se da geometria urbana, derivada de um modelo de sistema de informação geográfica em 3D.

Vários outros autores analisaram cidades brasileiras, utilizando-se também de medidas fixas correlacionadas com diversos parâmetros urbanos, dentre os quais destacaram-se: Santana e Lombardo (1997) em Fortaleza – CE; Souza (1996) em São Carlos – SP; Duarte e Maitelli (1999) em Cuiabá – MT; Katzschner et al. (1999) em Salvador; Corbella, Cörner e Yannas (2001) no Rio de Janeiro, Barbugli (2004) em Araraquara - SP .

O uso de imagens de satélite, obtidas por sensoriamento remoto, vem sendo uma técnica muito utilizada em trabalhos recentes. A interpretação de imagens permite estabelecer relações dinâmicas sobre a ocupação do solo e o campo térmico, servindo de subsídio e ferramenta para o planejamento urbano.

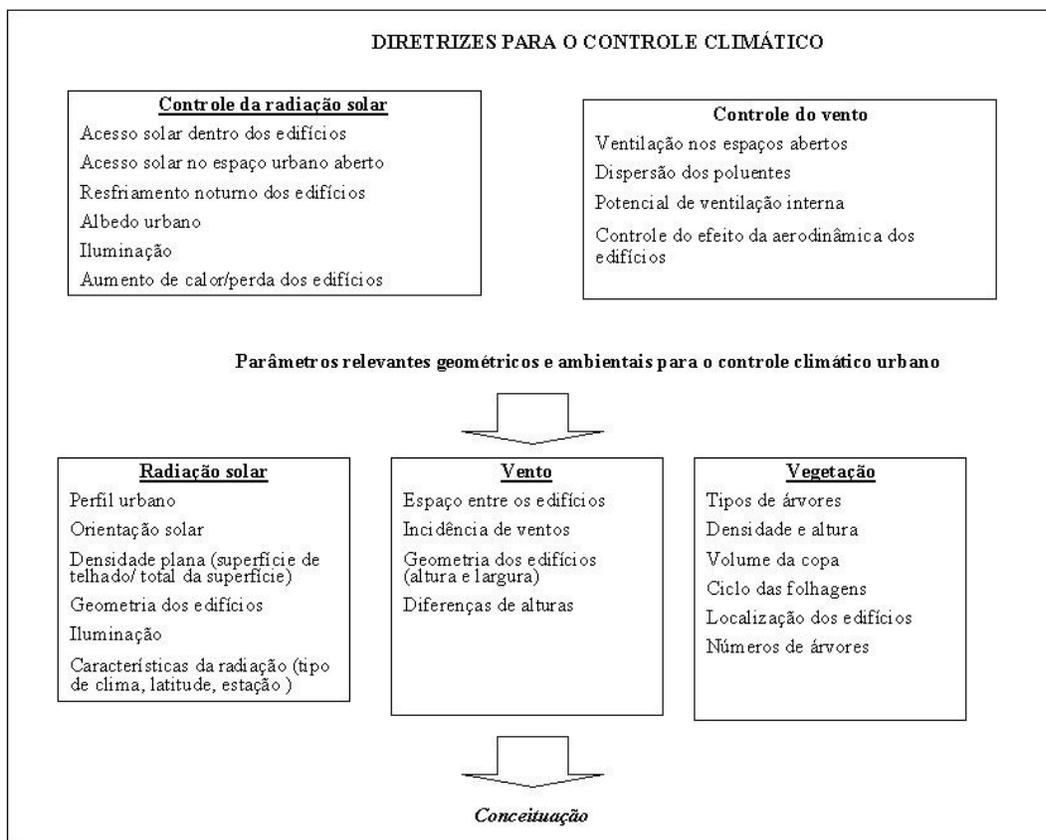
Lombardo (1985), através do uso de imagens de satélite, combinadas com medidas fixas e móveis, desenvolveu um trabalho, na cidade de São Paulo, sobre o fenômeno da ilha e calor. As medidas foram coletadas em situações de inverno e verão. Com a finalidade de correlacionar os diferentes usos com a variação da temperatura, foram utilizadas fotografias aéreas e imagens de satélite LANDSAT-3 . O maior gradiente horizontal de temperatura ocorreu no centro da cidade. Os resultados comprovaram a alta correlação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação da temperatura do ar. As temperaturas altas foram verificadas em áreas de crescimento vertical intenso e baixo índice de áreas verdes. Em contrapartida, as baixas temperaturas foram verificadas em regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetações e nas proximidades ou junto aos reservatórios d'água.

A interpretação de imagens de satélite (Landsat-5) foi a técnica utilizada por Souza (1993), na cidade de Green Bay (EUA), com o objetivo de identificar ilhas urbanas de calor e quantificar o fluxo por radiação.

Dousset e Gourmelon (2003) analisaram, através de imagens de satélite (NOAA-AVHRR), as temperaturas superficiais da cidade de Paris, em agosto de 1998. As imagens mostraram significantes contrastes entre uma definição central de ilha de calor no período noturno, relacionado com a densidade de edificações e carência de vegetação, e muitos microclimas, distintos durante os períodos diurnos, relacionados com a superfície e uso do solo. E também constatou uma forte correlação negativa, entre a amplitude de temperatura superficial diurna e o índice de vegetação, confirmado pelo efeito do resfriamento de parques urbanos e florestas suburbanas.

FARIA (2005) apresenta um modelo de cálculo da distribuição da temperatura na camada intra-urbana, aplicado à cidade de Bauru (SP), tendo, por entrada de dados superficiais, os valores calculados a partir de imagens do satélite Landsat 7 ETM+.

Ali Toudert e Bensalem (2001) propuseram uma metodologia baseada no seguinte pressuposto: utilizar indicadores simples de geometria do tecido urbano (perfil vertical, densidade plana, espaço entre os edifícios, dimensões dos edifícios, incidência de vento, orientação solar, etc) que podem descrever e prever o desempenho do tecido urbano em relação aos múltiplos objetivos do controle climático (acesso solar, , resfriamento noturno, ventilação nos espaços abertos, iluminação, dispersão de poluentes, entre outros.), conforme figura 2.1.



**Figura 2.1:** Dependência entre geometria urbana e metas de controle climático

Fonte: Ali Toudert e Bensalem (2001)

Barbirato (1998) aplicou um modelo climático urbano de balanço de energia, adaptando-o para as condições climáticas típicas da cidade de Maceió, AL, cidade de

clima quente e úmido. O trabalho tem como principal objetivo auxiliar o planejamento urbano, na orientação das diversas tipologias do espaço, possibilitando simulações e previsões de ambientes térmicos diferenciados em diversos usos do solo urbano. A avaliação do potencial do modelo foi feita através da correlação entre os valores observados e calculados relativos a áreas distintas urbanas. Dentre as limitações do modelo, admite uma única temperatura de equilíbrio, não considerando o parâmetro de geometria da malha urbana. Por outro lado, dá ênfase à massa construída, importante parâmetro da morfologia urbana.

Leveratto (1999) apresenta um método de análise bioclimática que permite relacionar a influência das diferentes configurações do desenho arquitetônico e a qualidade ambiental dos espaços urbanos externos. Para tanto, relaciona três variáveis: tipo de superfícies que definem os espaços, a geometria e a vegetação. Para estas variáveis são estudadas a capacidade de proteção e acesso ao sol, proteção do vento e acesso a brisas, esfriamento evaporativo, inércia térmica e radiação solar. O objetivo do método é propor uma metodologia útil e prática para os planejadores, com finalidade de melhorar a qualidade bioclimática do espaço urbano.

Souza, Rodrigues e Mendes (2003) sugerem o uso de uma ferramenta de sistema de informação geográfica (SIG) em 3D para a simulação da representação espacial da obstrução do *canyon* urbano à abóbada celeste. A ferramenta nomeada 3DSkyView, através do cálculo do fator de visão do céu, gera a simulação gráfica de cenas tanto em 2D quanto em 3D. A determinação do fator de visão do céu através da simulação gráfica em 2D, delimita áreas correspondentes a céu visível. Uma das vantagens indicadas da ferramenta é o baixo custo de aquisição, se comparado com aquisições fotográficas, geralmente aplicadas com o mesmo propósito. Também aplicando a potencialidade do sistema de informação geográfica (SIG), como ferramenta de análise, Souza e Silva (2006), analisaram o acesso solar e sua influência tanto na temperatura de ar como no conforto térmico do ambiente urbano.

Para a pesquisa ora desenvolvida foi utilizado o método de medidas móveis, pois possibilitou a caracterização do campo térmico, através de um baixo custo e uma densidade muito maior de pontos. Ao longo da área de estudo, também foram distribuídas algumas estações fixas, através de registradores de temperatura, para complementação das medições móveis.

## **2.3 Conforto térmico em espaços urbanos abertos**

Uma outra vertente desta pesquisa é avaliar o conforto térmico nos espaços urbanos abertos. Segundo a norma da ISO 7730 (1994), o conforto térmico é “...aquele estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico.” Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Sabe-se, ainda que, o conforto térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para manutenção da temperatura interna no corpo. Neste sentido, tem-se que diversas variáveis influenciam os processos de troca de calor do corpo com o meio ambiente; conseqüentemente, influencia no mecanismo termorregulador, bem como na sensação de conforto térmico.

Ruas (1999) indica dois grandes grupos de variáveis de maior influência no conforto térmico: as de natureza ambiental e as de natureza pessoal. As de natureza ambiental são: a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade relativa do ar e a umidade relativa do ar ambiente. Já as de natureza pessoal são: o tipo de vestimenta (representada pelo seu isolamento térmico) e o tipo de atividade física executada (representada pelo metabolismo). Assim, o efeito combinado de todas estas variáveis é que determina a sensação de conforto ou desconforto térmico.

Ao analisar as variáveis pessoais, observamos que a vestimenta, utilizada pelo homem, dificulta a remoção de calor do corpo. A vestimenta funciona como uma barreira interposta entre o corpo e o meio. Ou seja, quanto maior a resistência térmica da roupa, tanto menor serão as trocas térmicas do corpo com o meio. A resistência térmica das roupas depende do tipo de tecido, da fibra, do modelo de fabricação, do ajuste do corpo, entre outros. O isolamento térmico da vestimenta ( $I_{clo}$ ) é medido em “clo”, do inglês *clothing*. A unidade *clo* equivale a  $0,155 \text{ m}^2\text{C/W}$ . A tabela 2.1 mostra alguns valores de  $I_{clo}$  para diferentes tipos de vestimenta.

**Tabela 2.1:** Isolamento térmico e itens do vestiário

Peça de roupa	Isolamento térmico $I_{CL}$ (clo)	Peça de roupa	Isolamento térmico $I_{CL}$ (clo)
<i>Roupa de baixo</i>		<i>Calças</i>	
calcinha, cueca	0,03 clo	shorts	0,06 clo
camiseta sem manga	0,04 clo	leve	0,20 clo
camiseta manga curta	0,09 clo	normal	0,25 clo
<i>Camisa-blusa</i>		<i>Vestido- saia</i>	
mangas curtas	0,15 clo	saia leve (verão)	0,15 clo
normal, mangas longas	0,20 clo	saia pesada (inverno)	0,25 clo
blusa leve, mangas longas	0,15 clo	vestido leve, manga curtas	0,20 clo
camisa de flanela, mangas longas	0,30 clo		
<i>Sueter</i>		<i>Paletó</i>	
colete sem manga	0,12 clo	paletó leve, de verão	0,25 clo
sueter leve	0,20 clo	jaqueta	0,55 clo
sueter pesado	0,35	casaco	0,60 clo
		<i>Diversos</i>	
meias	0,02 clo	sapatos (sola fina)	0,02 clo
meias femininas de nylon	0,03 clo	sapatos (sola grossa)	0,04 clo

Fonte: ISO 7730 - 1994

Já, ao avaliar a atividade física, executada pelo homem, tem-se a ligação direta com o processo metabólico do corpo humano. Assim, tem-se que, quanto maior a atividade física realizada, tanto maior será o calor gerado por metabolismo. A tabela 2.2 apresenta alguns valores de metabolismo para distintas atividades físicas. O metabolismo é representado pela unidade Met: 1 Met= 58,2 W/m<sup>2</sup> ou 50 Kcal/m<sup>2</sup>.h, e representa a energia produzida no tempo por unidade de área superficial do corpo; sendo assim, ela é variável com as características físicas das pessoas.

**Tabela 2.2:** Metabolismo para diferentes atividades

<b>Atividade</b>	<b>Metabolismo (Met)</b>
Reclinado	0,8
Sentado, quieto	1,0
Em pé, sem esforço	1,2
Atividade sedentária (escritório, escola, laboratório)	1,2
Atividade em pé ( shopping, laboratório, indústria)	1,6
Atividade média (trabalho pesado)	2,8

Fonte: ISO 7730. 1994

Assim, tem-se que as condições de conforto térmico dependem de uma série de variáveis. Desta forma, para avaliar as condições de conforto, o indivíduo deve estar apropriadamente vestido e sem problemas de saúde ou aclimatação. Isso levou os especialistas de diversos países a desenvolver um índice de conforto que permita expressar, através de um único parâmetro, o efeito conjugado dos diversos fatores que determinam a sensação térmica humana.

### **2.3.1 Índices de conforto térmico para espaços abertos**

Humphreys e Nicol (1998) classificam o estudo científico sobre o conforto em dois grupos:

- Índices racionais (ou teóricos): aqueles que avaliam as trocas de calor, sob condições de laboratório
- Índices empíricos e estatísticos: realizados em campo; relacionam estatisticamente a sensação térmica com as condições externas ao ambiente.

No início do século XIX, na Europa, foram realizados os primeiros estudos relacionados aos índices térmicos, devido às atividades de mineração e da indústria têxtil implicar sérios danos à saúde para os operários, pelas suas condições insalubres. Já por volta dos anos 70, é que houve uma grande quantidade de estudos e experimentos acerca a interação do corpo humano e as condições ambientais. Estes estudos foram realizados principalmente por higienistas industriais, engenheiros de ar condicionados e engenheiros térmicos (mecânicos).

No grupo de índices, considerados como teóricos, destaca-se o realizado pelo pesquisador Fanger (1972), a partir de estudos realizados na Dinamarca. Fanger elaborou uma equação determinada “equação de conforto”, que permite, através de uma determinada combinação das variáveis pessoais (tipo de atividade física e vestimenta), calcular todas as combinações das variáveis ambientais (temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade relativa e temperatura do ar) que produzem o conforto térmico.

Com a finalidade de simplificar a equação de conforto, Fanger elaborou o chamado Diagrama de Conforto. O Diagrama de Conforto reúne de uma forma gráfica, as combinações das variáveis ambientais (temperatura radiante média, temperatura, umidade e velocidade relativa do ar) e pessoais (tipo de vestimenta e atividade), que

resultam em conforto térmico. Assim, de acordo com o Diagrama de Fanger, é somente possível verificar a existência ou não do conforto térmico. No entanto, é necessário conhecer o grau de desconforto, experimentado pelas pessoas, em ambientes com condições diferentes daquelas de conforto térmico. Com este intuito, Fanger definiu um critério para avaliar o grau de desconforto, relacionando as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica, o chamado Voto médio Estimado (VME). A escala do voto médio é simétrica, representando o valor 0 (zero) como neutralidade térmica e variando com valores de 1 a 3, sendo os positivos correspondendo às sensações de calor e os negativos correspondendo às sensações de frio.

Outros autores adaptam o modelo de Fanger às condições exteriores (GAGGE, FOBELETS e BERGLUND 1986, BROWN e GILLESPIE ,1995).

Com relação às pesquisas sobre conforto térmico em ambientes externos, Lois e Labaki (2001) afirmam que tais estudos são mais complexos que aquelas em ambientes internos, uma vez que envolvem uma maior variação das condições climáticas.

Um estudo relevante sobre índices, em ambientes externos, foi realizado por Givoni (1962 apud LOIS e LABAKI, 2001), na década de 60. O autor desenvolveu o Índice de Stress Térmico, um modelo biofísico, que leva em conta a taxa de metabolismo, diferentes vestimentas e a taxa de sudorese. A primeira versão do índice foi destinada a ambientes internos e um tipo de vestimenta (roupa leve de verão). Posteriormente, com a inclusão de fatores como a radiação solar e abrangendo outros tipos de vestimenta, o índice foi adaptado também para ambientes externos.

Outro índice para cálculo do conforto térmico, adaptado às condições externas (HOPE, 1999) é a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET - Physiological Equivalent Temperature), que considera não só a temperatura, umidade e vento, mas também a temperatura radiante média e é baseado na equação de equilíbrio térmico humano em

estado de uniformidade.

Monteiro e Alucci (2005a e 2005b) apresentam uma revisão dos índices de conforto térmico em espaços externos, dentre eles destaca: o Índice Humidex, o Modelo Climático de Michel, a Fórmula de Conforto para Ambientes Externos, a Temperatura Neutra ao Exterior, a Temperatura efetiva padrão externa. Através da calibração de modelos de predição de conforto externo, Monteiro e Alucci (2006) verificaram a aplicabilidade destes em espaços urbanos abertos na cidade de São Paulo, SP (Brasil).

Diversos estudos, ao longo dos anos, aplicaram os índices de conforto em situações específicas, com a finalidade de avaliar a sensação de conforto em espaços urbanos abertos.

### ***2.3.2 Estudos de Conforto térmico nos espaços abertos***

Vários pesquisadores procuraram definir, objetivamente, como as diversas características do elemento de estrutura urbana e as condições climáticas do espaço urbano influenciam na sensação de conforto térmico dos indivíduos nos espaços urbanos abertos.

Nagara Shimoda e Mizuno (1996) realizaram uma pesquisa, na cidade de Osaka (Japão), com o objetivo de verificar a sensação térmica em espaços urbanos abertos. A pesquisa foi realizada, durante o período da tarde, aproximadamente às 15 horas, máxima diurna. O espaço urbano de pedestre foi escolhido para o estudo de caso, caracterizado pelas calçadas e ruas subterrâneas (estações de trem e shopping no subsolo). Foram realizadas rotas a pé e coletados dados de temperatura e umidade em diversos pontos. Paralelamente, foram aplicados questionários com o objetivo de detectar a sensação térmica dos usuários urbanos. Os resultados mostram que a

sensação térmica dos entrevistados é influenciada pelo tempo de exposição ao sol, e a sensação térmica mais desconfortável concentra-se nas proximidades dos cruzamentos de vias.

No trabalho realizado por Givoni e Noguchi (2000), em um parque na cidade de Yokohama, Japão, foi avaliada a relação da sensação térmica e a sensação global de conforto. Foram coletados dados subjetivos e dados micro-climáticos de temperatura do ar, umidade, velocidade do ar, temperatura superficial do entorno e radiação solar. A pesquisa utilizou-se de questionários, distribuídos entre homens e mulheres, sob diferentes condições, durante alguns dias, em quatro estações do ano. A partir do levantamento dos dados, foi possível desenvolver uma equação de predição da sensação de conforto do indivíduo em área externa.

Raja e Virk (2001) indicam que as estratégias de condicionamento ambiental para o conforto humano incluem: sol/sombra, controle radiante, vento e evaporação / humidificação.

Katzschner, Bosch e Röttgen (2002) avaliaram como o comportamento das pessoas em espaços abertos, depende das condições de conforto térmico. A pesquisa foi aplicada em uma praça da cidade de Kassel, centro da Alemanha, e utilizou-se de medidas das condições climáticas, combinadas com entrevistas e observações do comportamento das pessoas, em espaços abertos. As condições de conforto térmico foram avaliadas através de um índice de conforto PMV (*Predicted Mean Vote*). O resultado mostrou que o comportamento e a percepção das pessoas são fortemente afetados pelo conforto térmico, mas não somente pela correlação com o PMV. As pessoas, nos espaços abertos, procuram lugares com diferentes características térmicas, de acordo com suas necessidades (lazer, relaxar, esperar pelo transporte público, entre outros).

Outros trabalhos que também utilizaram o índice de conforto PMV (*Predicted Mean Vote*) para avaliarem o conforto térmico, em ambientes externos, entre eles destacam-

se. Berger (2001); Dessi (2001); Nikolopoulou Baker e Steemers (2001); Zambrano Malafaia e Bastos (2006),

Katzschner (2003), através de um projeto de pesquisa europeu, analisou o comportamento das pessoas em conjunto com as condições microclimáticas urbanas. O projeto avaliou diferentes regiões climáticas europeias. As variáveis climáticas foram combinadas com as entrevistas coletadas, em diferentes estações do ano com o objetivo de estudar a influência do comportamento das pessoas em condições térmicas diferentes. O estudo concluiu que o comportamento dos indivíduos, em espaços abertos, é influenciado pelo efeito da radiação solar e da velocidade do vento. Independentemente da ocasião, as pessoas preferem situações de calor moderado, em vez de neutro, equilibrados pelas vestimentas. Em contrapartida, sentem-se desconfortáveis, em todas as cidades analisadas com altas velocidades de vento. Somente em situações muito quentes as pessoas indicam o vento como situação positiva para se refrescar, embora prefiram a sombra.

Gaitani e Stathopoulos (2005) avaliaram as condições de conforto térmico em espaços urbanos abertos, na cidade de Atenas (Grécia). As condições de conforto térmico foram avaliadas em doze diferentes lugares da cidade. Para as análises, foram avaliados dois índices de conforto para áreas externas: o COMFA (proposto por BROWN e GILLESPIE, 1995), o qual é baseado balanço térmico do indivíduo, adaptado para ambientes externos, e o Índice de Sensação Térmica – TS (proposto por GIVONI e NOGUCHI, 2000), baseado na equação de predição da sensação térmica confortável e desconfortável em áreas externas. Os dois índices indicaram que as condições de conforto térmico são mais agradáveis, em lugares com alta concentração de áreas verdes e corpos d'água, comparados com espaços urbanos com alto índice de construção.

Estudos de conforto térmico, em espaços urbanos abertos, foram realizados em diferentes climas e situações climáticas: Ahmed (2003), na cidade de Dhaka

(Bangladesh), tropical quente-úmido; Ochoa e Marincic (2005), em Hermosillo, Deserto de Sonora, México, clima quente-seco; Johansson, Grundström, Rosenlundstreet. (2001) na cidade de Fez (Marrocos), clima quente seco; Costa (2003) em Natal (Brasil), clima tropical-úmido,

Neste contexto, os diversos estudos mostram que o conforto térmico, em espaços urbanos abertos, é influenciado por uma extensa gama de parâmetros, que incluem desde a velocidade do ar, a temperatura, a umidade relativa, a radiação solar, a atividade executada pelo indivíduo, a vestimenta, parâmetros pessoais, entre outros. Nesta pesquisa, o conforto térmico, em espaços urbanos abertos, será investigado com o objetivo de identificar as condições de conforto em diferentes situações urbanas. Com a compreensão dos diversos fatores que influenciam no conforto térmico dos espaços urbanos abertos, será possível sugerir diretrizes de desenho urbano com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos usuários da cidade.

### **3. AMBIENTE URBANO DE ESTUDO: CAMPINAS, SP**

#### 3.1 Características gerais

O município de Campinas está situado a sudoeste do estado de São Paulo, a 100 km da capital, nas coordenadas geográficas: Latitude S 22°53'20", Longitude O 47°04'40", ocupando um área total de 796,40 Km<sup>2</sup> (perímetro urbano 388,90 Km<sup>2</sup> e perímetro rural de 407,50 Km<sup>2</sup>) e altitude média de 680 metros acima do nível do mar. (CAMPINAS, 2006).

Campinas é sede de uma importante Região Administrativa, que reúne 90 municípios e onde reside cerca de 15% da população do Estado de São Paulo. A população total do município é de aproximadamente 1.026,000 habitantes (IBGE, 2002).

### 3.2 Características climáticas

O clima da cidade é tropical de altitude, com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Predominam os ventos na direção sudeste, com velocidade média de 3,0 m/ s. Chvatal (1998), através do método expedito, determinou os períodos de verão e inverno da cidade de Campinas - SP utilizando-se de dados de temperatura máxima e mínima médias mensais, de 1983 a 1997 (15 anos). Os dados utilizados foram do posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). De acordo com a aplicação do método obteve-se os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março para o verão e junho, julho e agosto para o inverno. A tabela 3.1 mostra as normais climatológicas do período de 1998 a 2005. O período de inverno apresenta temperatura média máxima de 25,70 °C, temperatura média mínima de 13,30°C, amplitude térmica de 12,40 °C e precipitação média de 77,56 mm. Já o período de verão, mais úmido que o inverno, apresenta amplitudes menores, em torno de 10,20 °C (média entre os meses de verão), temperatura média máxima de 29,36 °C, temperatura média mínima de 19,12 e precipitação média de 200,95 mm. Em relação à umidade do ar, o índice varia de 72,50% (agosto) a 85,0 % (fevereiro).

**Tabela 3.1:** Dados climáticos da região de Campinas. Período: 1998 a 2005

Mês	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média Mínima (°C)	Amplitude Média (°C)	Umidade relativa (%)	Chuva Total (mm)	Velocidade Ventos (m/s)
JAN	29,4	19,9	9,5	84,1	287,0	2,4
FEV	29,5	19,6	9,9	85,0	202,6	2,6
MAR	29,7	19,2	10,5	83,0	138,7	2,8
ABR	28,7	17,6	11,1	82,0	65,3	3,0
MAI	25,6	14,1	11,5	81,7	86,6	3,1
JUN	25,3	13,3	12,0	81,4	28,8	2,9
JUL	24,8	12,7	12,1	78,8	28,7	3,1
AGO	27,1	13,9	13,2	72,5	29,2	3,2
SET	28,9	15,7	13,2	73,5	57,0	4,1
OUT	31,9	17,3	14,6	77,9	112,8	4,2
NOV	29,0	17,8	11,2	78,0	154,9	3,8
DEZ	29,2	19,1	10,1	81,0	221,5	3,1

Fonte: Instituto Agrônômico de Campinas, 2006

### 3.3 Características da área de estudo

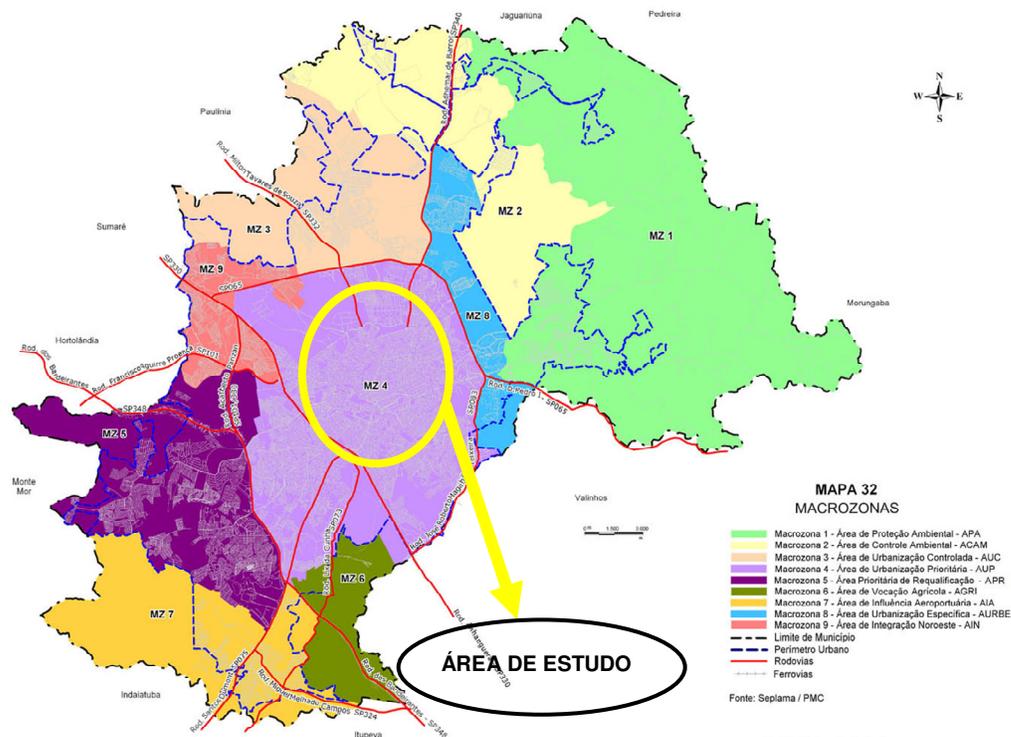
Para a realização deste trabalho foi delimitada uma área na região central da cidade, uma vez que ela se apresenta com uma realidade urbana complexa, com diferentes configurações de uso e ocupação do solo. Esta região é suficientemente diversificada em termos de ocupação e uso do solo, sendo, portanto, apropriada ao estudo da escala climática abordada neste trabalho. O subsistema termodinâmico foi o estudado em uma escala mesoclimática.

De acordo com o Plano Diretor do Município de Campinas (CAMPINAS, 2006), Lei Complementar nº 15 de 27 de dezembro de 2006, a área de estudo está localizada na Macrozona 4. A divisão territorial proposta para o município estabeleceu 9 Macrozonas - MZ, que se desdobram em 34 Áreas de Planejamento (APs) e em 77 Unidades Territoriais Básicas (UTBs). Essa divisão tem o intuito de avaliar com maior detalhamento as especificidades e demandas de cada porção territorial da cidade. O Capítulo IV, da estruturação urbana, seção I, das macrozonas de planejamentos define que:

**Art. 21** - O Macrozoneamento tem por finalidade ordenar o território, dar base para a reformulação das áreas de atuação dos gestores públicos e possibilitar a definição de orientações estratégicas para o planejamento das políticas públicas, programas e projetos em áreas diferenciadas, objetivando o desenvolvimento sustentável do Município,

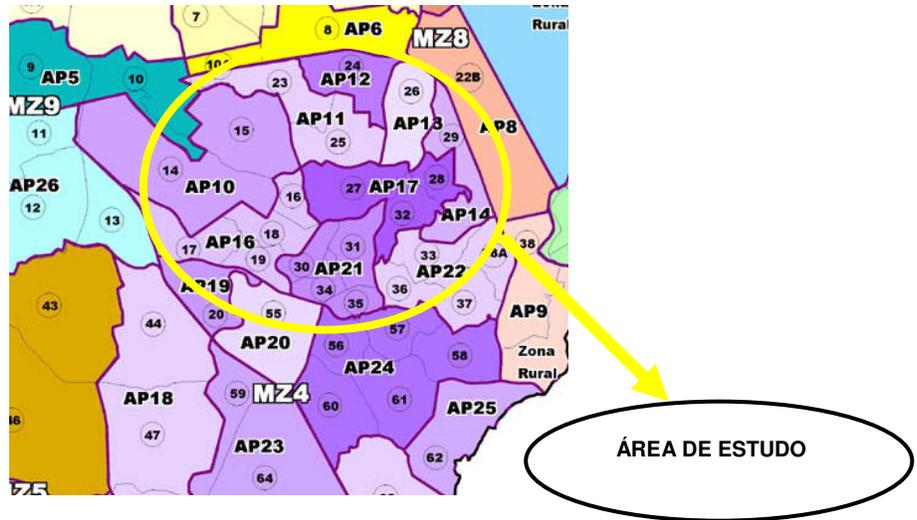
IV – MACROZONA 4 – Área de Urbanização Prioritária – AUP: área urbana intensamente ocupada, onde se fazem necessárias a otimização e racionalização da infra-estrutura existente, o equacionamento das áreas de sub-habitação e o incentivo à mescla de atividades e à consolidação de sub-centros;

A figura 3.1 mostra a divisão das Macrozonas do Município de Campinas, em destaque a área de estudo inserida na Macrozona 4. A figura 3.2 destaca as UTBs da Macrozona 4. Verifica-se que a área de estudo localiza-se nas UTB 27- Jd. N. Sra. Auxiliadora/ Taquaral inserida na AP 17 -Taquaral/ Jd. N. Sr<sup>a</sup>. Auxiliadora; e parte da UTB 30 – Guanabara e UTB 31- Cambuí inserida na AP 21- Centro/ Cambuí/ Bosque /Guanabara. Na figura 3.3 tem-se a caracterização da área de estudo.



**Figura 3.1:** Macrozonas do Município de Campinas

Fonte: CAMPINAS, 2006



**Figura 3.2:** Detalhe da Macrozona 4 do Município de Campinas e respectivas Áreas de Planejamento (AP) e Unidades Territoriais Básicas (UTB)  
 Fonte: CAMPINAS, 2006



**Figura 3.3:** Macrozona 4 do Município de Campinas – Área de Urbanização Prioritária (AUP)  
 Fonte: CAMPINAS, 2006

A Macrozona 4 possui uma área total de 159, 137 Km<sup>2</sup>. Sendo que a área de estudo ocupa aproximadamente 10Km<sup>2</sup>. Constitui-se por terrenos colinosos ondulados e inclinados, colinosos suavemente ondulados e colinosos ondulados. Esta zona contém o maior número de bairros predominantemente de classe média e alta, concentrando o maior número de atividades urbanas do município. O centro urbano consolidado apresenta grande diversidade de atividades e equipamentos urbanos.

No limite norte da área de estudo está o Parque Portugal, importante centro de lazer e prática de esportes do município (figura 3.4). O Parque Portugal, possui uma área de aproximadamente 648. 409,00 m<sup>2</sup> (seiscentos e quarenta e oito mil, quatrocentos e nove metros quadrados), com área inundada de 65.830, 00 m<sup>2</sup> (sessenta e cinco mil, oitocentos e trinta metros quadrados).

Anexo ao Parque Portugal está o Bairro Guanabara, com uso predominantemente com residências térreas, e em algumas regiões observa-se mescla de usos, mas não tão intensa. A região apresenta forte tendência a verticalização dada a sua proximidade com o Bairro Cambuí. A renda média familiar deste bairro pode ser genericamente classificada como de classe média. Do ponto de vista da legislação urbanística, apresenta um grande potencial para adensamento em áreas ainda não ocupadas, e em várias porções de corredores de uso comercial e de serviços. De acordo com o Plano Diretor da cidade cerca de 40% do bairro está definido como Zona 3, residencial de baixa densidade, mas que possibilita verticalização sob estudos específicos.

No limite sul da área de estudo está o Bairro Cambuí, caracteriza-se com grande quantidade de imóveis em unidades verticais, tanto para uso residencial quanto para outros usos (comércio e serviços), dirigidos às classes de renda mais alta. Apesar da predominância de edificações altas, essas áreas contêm muitos lotes com construções de um ou dois pavimentos e alguns lotes vagos. De maneira geral, pode-se dizer que há potencial para adensamento, porém devem-se adotar critérios de ocupação. A verticalização do uso habitacional configura eixos bastante visíveis partindo do Cambuí segue para o norte, na direção do Bairro Guanabara (figura 3.5).



**Figura 3.4:** Parque Portugal  
Fonte: CAMPINAS, 2006



**Figura 3.5:** Vista aérea da Av. José de Campo Souza  
Fonte: CAMPINAS, 2006

O capítulo quatro, a seguir, descreve a metodologia utilizada para a coleta de dados na cidade de Campinas, SP.

## **4. METODOLOGIA**

Neste capítulo são detalhados os métodos, técnicas, materiais e instrumentação utilizados para o desenvolvimento do trabalho de campo.

A metodologia fundamenta-se no embasamento cartográfico e no conhecimento geográfico da cidade como parte primeira e fundamental do estudo. Após a delimitação da área de estudo e eleição dos pontos de medição foi realizada a coleta de dados climáticos com medidas fixas e móveis. Em uma última etapa foi aplicado questionários com os pedestres em pontos específicos. Os questionários têm o objetivo de analisar a sensação de conforto térmico e relacionar com as variáveis ambientais e o índice de conforto térmico.

A seguir serão descritos mais detalhadamente os métodos, técnicas e instrumentação da pesquisa de campo.

## **4.1. Roteiro metodológico para o levantamento de dados**

A delimitação da área de estudo foi baseada nas seguintes etapas:

- Etapa 1: Definição da área de estudo;
- Etapa 2: Elaboração de uma base cartográfica;
- Etapa 3: : Eleição dos pontos para levantamento de dados, métodos e técnicas de instrumentação utilizadas;

A seguir serão descritos detalhadamente cada etapa.

### ***4.1.1 Etapa 1: Definição da área de estudo***

Como já descrito no capítulo 3 para estudo de caso foi escolhida uma região central da cidade de Campinas – SP, uma vez que se caracteriza com grande concentração de área construída, adensamento populacional e complexidade de uso do solo.

### ***4.1.2 Etapa 2: Elaboração de uma base cartográfica***

A etapa 2 foi fundamentada através do levantamento da base cartográfica e de sua análise, complementada com o reconhecimento de campo. Combinando dados da base cartográfica, foto aérea e pesquisa de campo, foram identificados os diferentes padrões de ocupação urbana na região de estudo. A partir da definição das características da área de estudo, do uso do solo e com os dados levantados em campo, foi feita a eleição dos pontos para o levantamento dos dados climáticos.

No tocante ao levantamento de dados de estações meteorológicas oficiais serão utilizados os dados da Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp.

A partir da compilação das informações disponíveis da área de estudo, foi elaborado um banco de dados integrado ao Sistema de Informação Gráfica aplicado através do programa ArcView GIS 9.2. FRANCISCO FILHO (2003) aborda a importância do uso do geoprocessamento como ferramenta de análise ao estudar a relação da violência urbana com as variáveis sócio-econômicas e sua distribuição espacial na cidade de Campinas, SP.

Inicialmente para a elaboração do banco de dados desta pesquisa, foi adquirido um mapa base digital, ano de 2000 (SANASA), da área de estudo (figura 4.1) e inserido no programa Autocad Map 2004. Este mapa constituiu a base para o lançamento de todas as informações da área. Posteriormente foi adquirida uma foto aérea ortorretificada (figura 4.2), ano de 2001, e inserida também no programa. Sendo assim, através da interpretação visual e partir da digitalização da mesma, foram identificadas e delimitadas todas as informações de interesse. Desta forma, foram elaborados os seguintes mapas:

- Mapa de Caracterização da Verticalidade;
- Mapa de Permeabilidade Potencial do Solo;
- Mapa de Materiais Predominantes;
- Mapa de Áreas Verdes.

A partir de dados das variáveis do IBGE (2000) também foram elaborados os seguintes mapas:

- Mapa de densidade populacional;
- Mapa de densidade habitacional.

A seguir serão descritos as características de cada mapa:

- Mapa de Caracterização da Verticalidade (figura 4.3): esta classificação foi delimitada a partir da grande ocorrência das classes na área de estudo. Assim os padrões de uso do solo foi dividido em 4 categorias: sem construção, edificações de 1 a 2 pavimentos, edificações de 3 a 6 pavimentos e mais de 6 pavimentos. Verifica-se que a ocupação horizontal (edificações de 1 a 2 pavimentos), corresponde à maior parte da área norte da região de estudo. Já na região sul e sudoeste nota-se a densa concentração de edificações de mais de 6 pavimentos. Ressalta-se que para este mapa somente foi considerada as áreas das quadras.
- Mapa de Permeabilidade Potencial do Solo (figura 4.4): o mapa de permeabilidade do solo contemplou 3 categorias: solo permeável, solo impermeável e área de armazenamento (referente a área da lagoa do Parque Portugal e parte dos córregos ainda não canalizados). Nota-se a partir do mapa, a tendência de ocupação máxima dos lotes o que gera a alta taxa de permeabilidade do solo em toda a área de estudo. As áreas impermeáveis encontram-se em algumas praças e lotes, parte do Parque Público (região norte) e nas avenidas localizadas em fundo de vale da região central e região leste da área de estudo.
- Mapa de Materiais Predominantes (figura 4.5): neste mapa foram considerados os materiais de superfícies, ou seja, ora as superfícies dos telhados, ora as superfícies do solo. Assim foram classificados os seguintes materiais de superfícies, de acordo com a visualização da foto aérea: telha cerâmica, telha de fibrocimento, telha metálica, laje, asfalto, piso de saibro, piso cerâmico, grama, terra e água. Para as ruas foram classificados os materiais: asfalto, paralelepípedo e terra. No âmbito geral, nota-se a grande concentração da superfície de telha cerâmica, e ruas pavimentadas com asfalto.
- Mapa de Áreas Verdes (figura 4.6): Para a classificação deste mapa temático foi considerada a área útil da copa da árvore. Assim, tem-se que a

cobertura vegetal apresentou-se bastante fragmentada, com grande parte, constituídas por árvores isoladas, parte de unidades de grupos de árvores (2 a 5 unidades de árvores) e pouca presença mata nativa. As matas encontram-se apenas em parte do Parque Portugal (lado norte da Área de Estudo), parte da área de fundo de vale da Avenida Orozimbo Maia (lado leste da área de estudo) e uma pequena amostra no sul da área de estudo na Avenida José de Campo Souza.

- Mapa de densidade populacional (figura 4.7): Este mapa foi elaborado a partir de um banco de dados das variáveis do IBGE (2000). Verifica-se alta densidade populacional na parte sul da área de estudo, o que era de se esperar já que é a região onde se concentra alto índice de edificações com mais de 6 pavimentos (o que pode ser verificado na figura 4.5).
- Mapa de densidade Habitacional (figura 4.8): O mapa de densidade habitacional também a partir dos dados do IBGE (2000). Mais uma vez, nota-se a baixa concentração de densidade habitacional na região norte da área de estudo, em contraste com alta densidade na região sul e sudoeste.

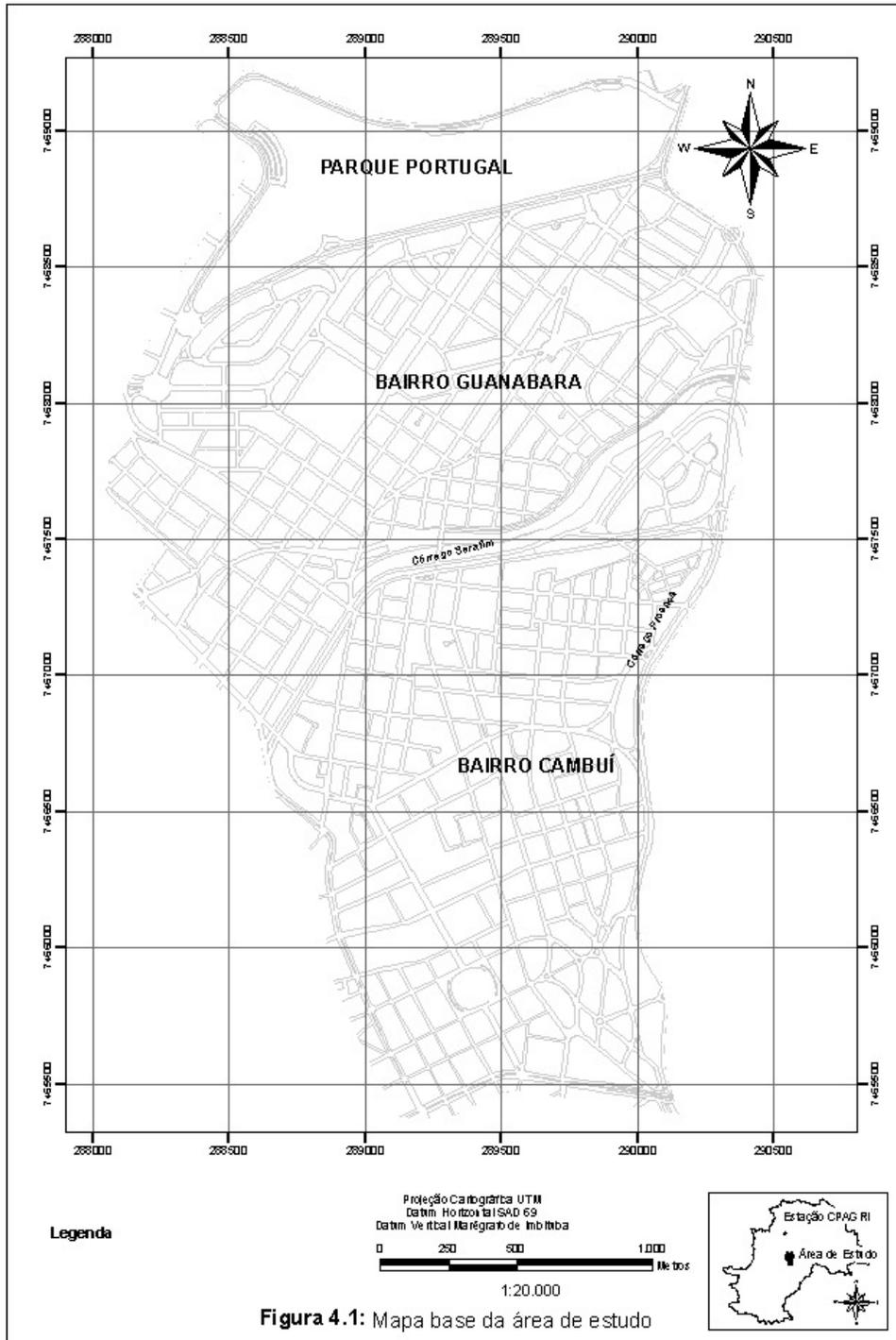
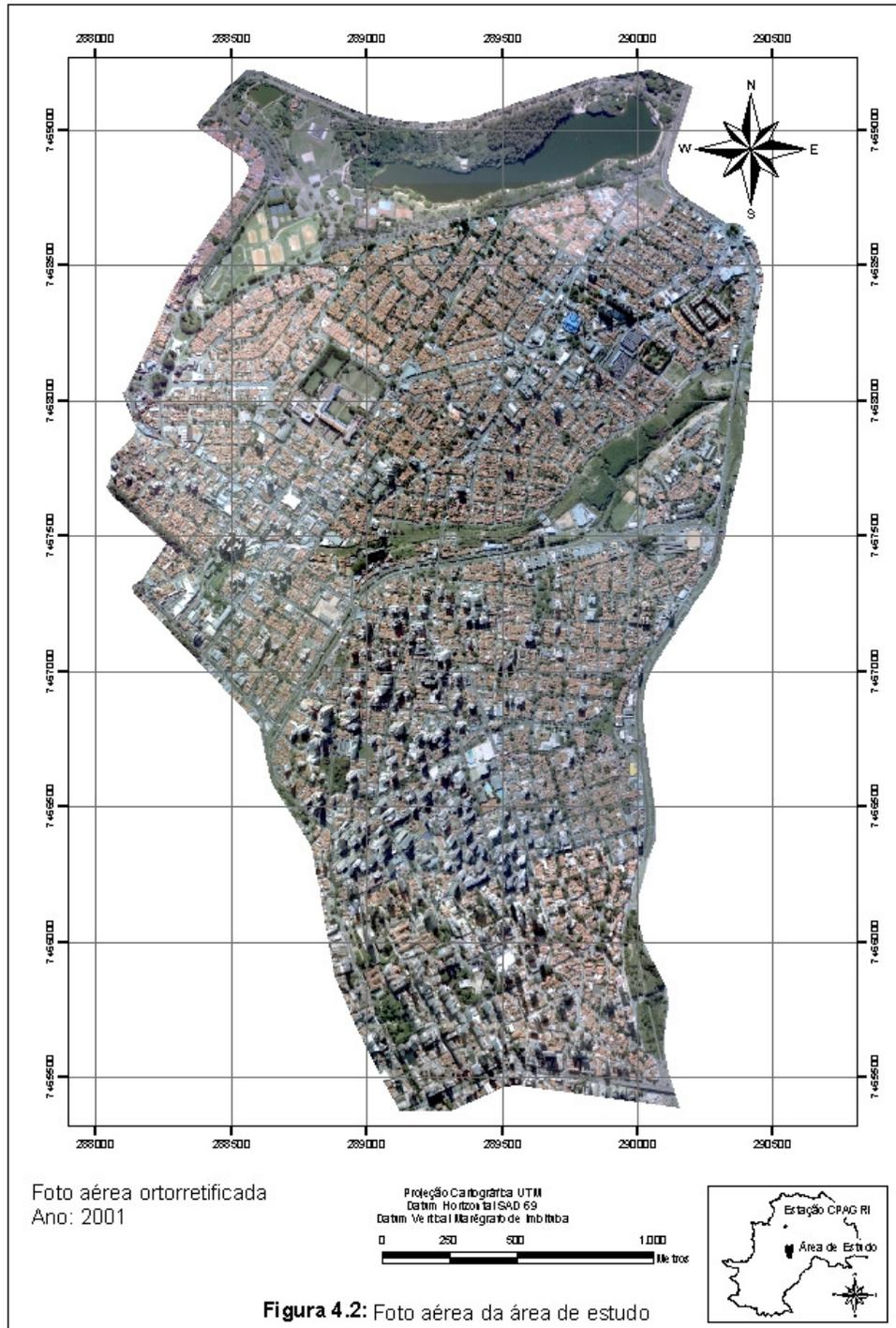
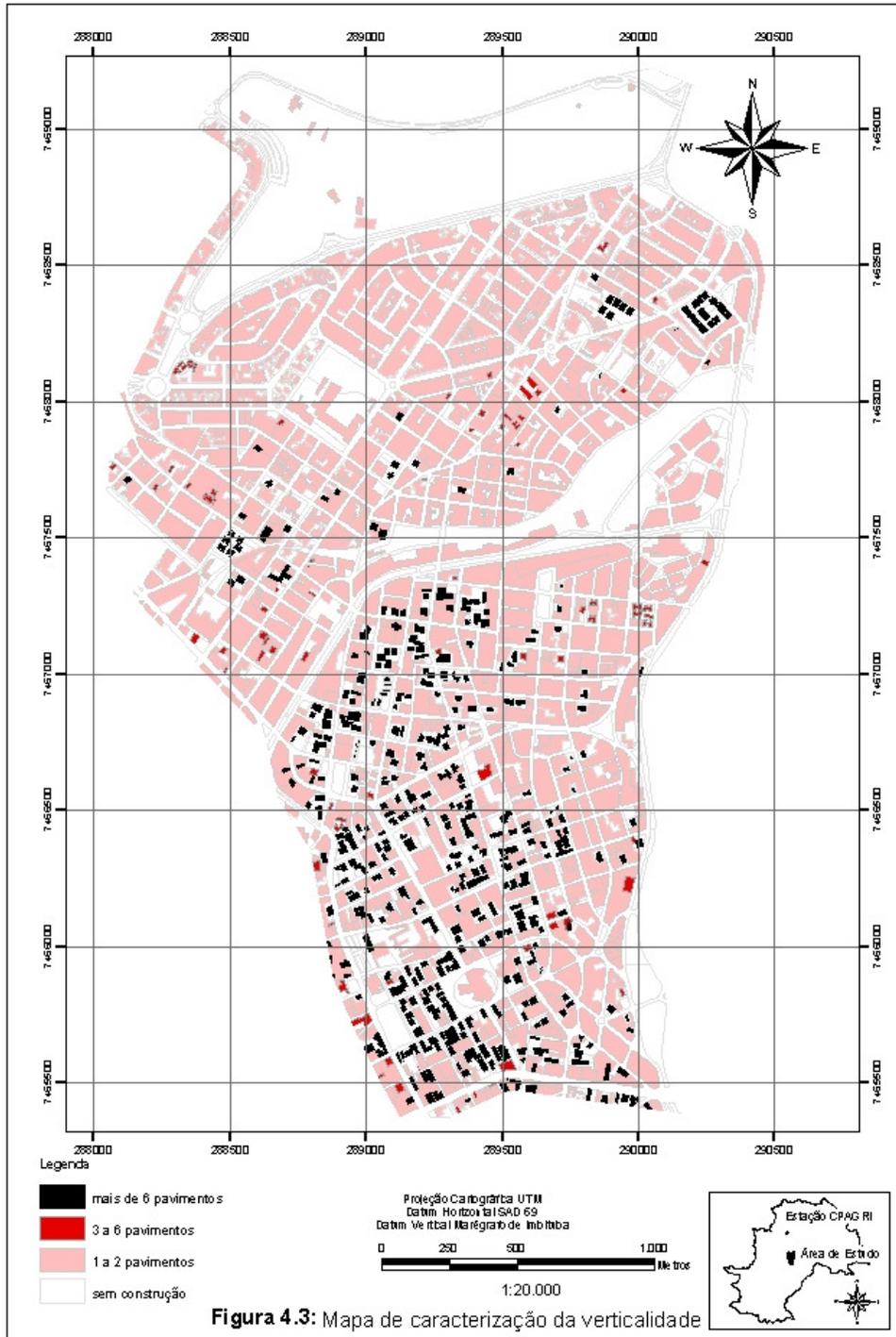
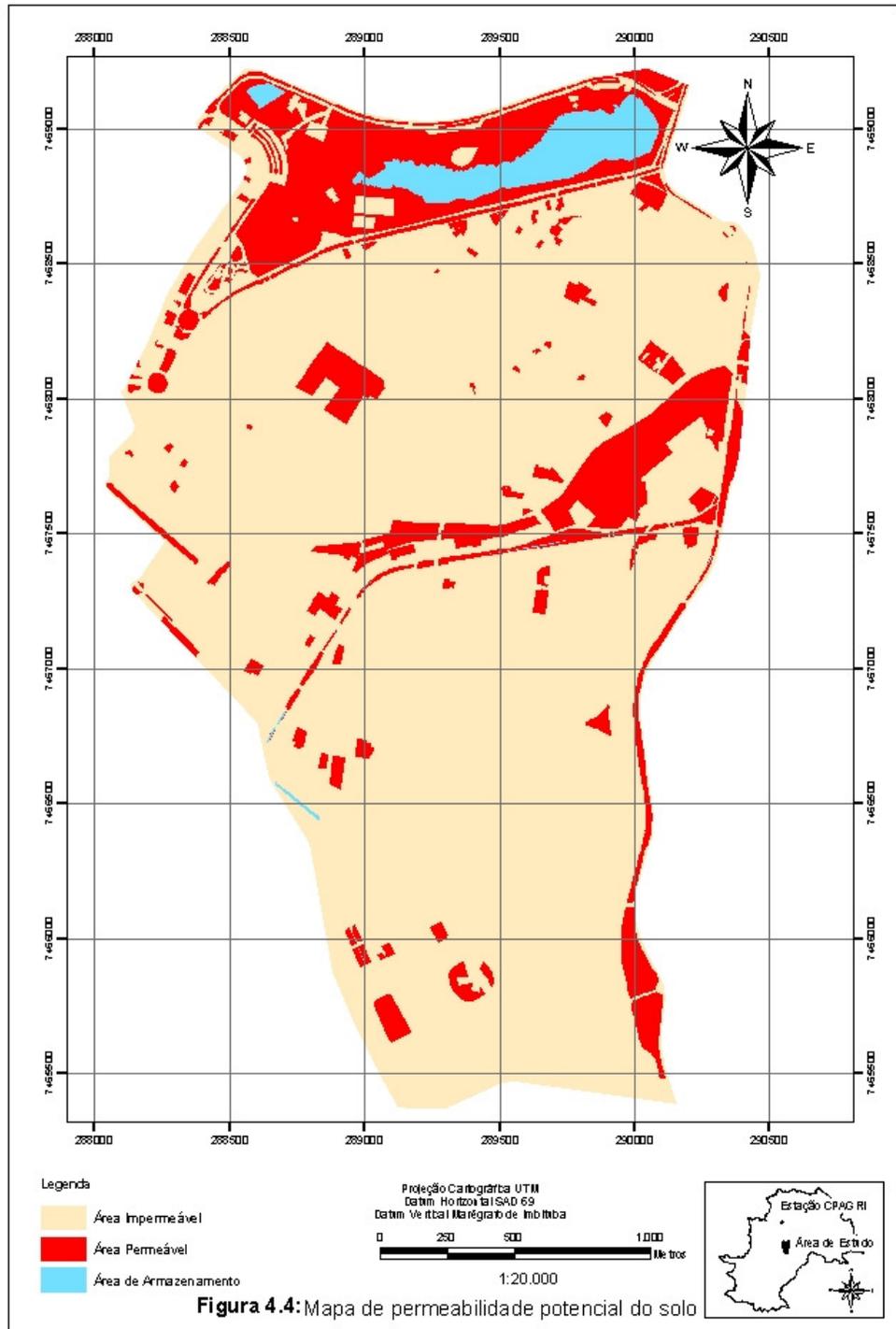


Figura 4.1: Mapa base da área de estudo

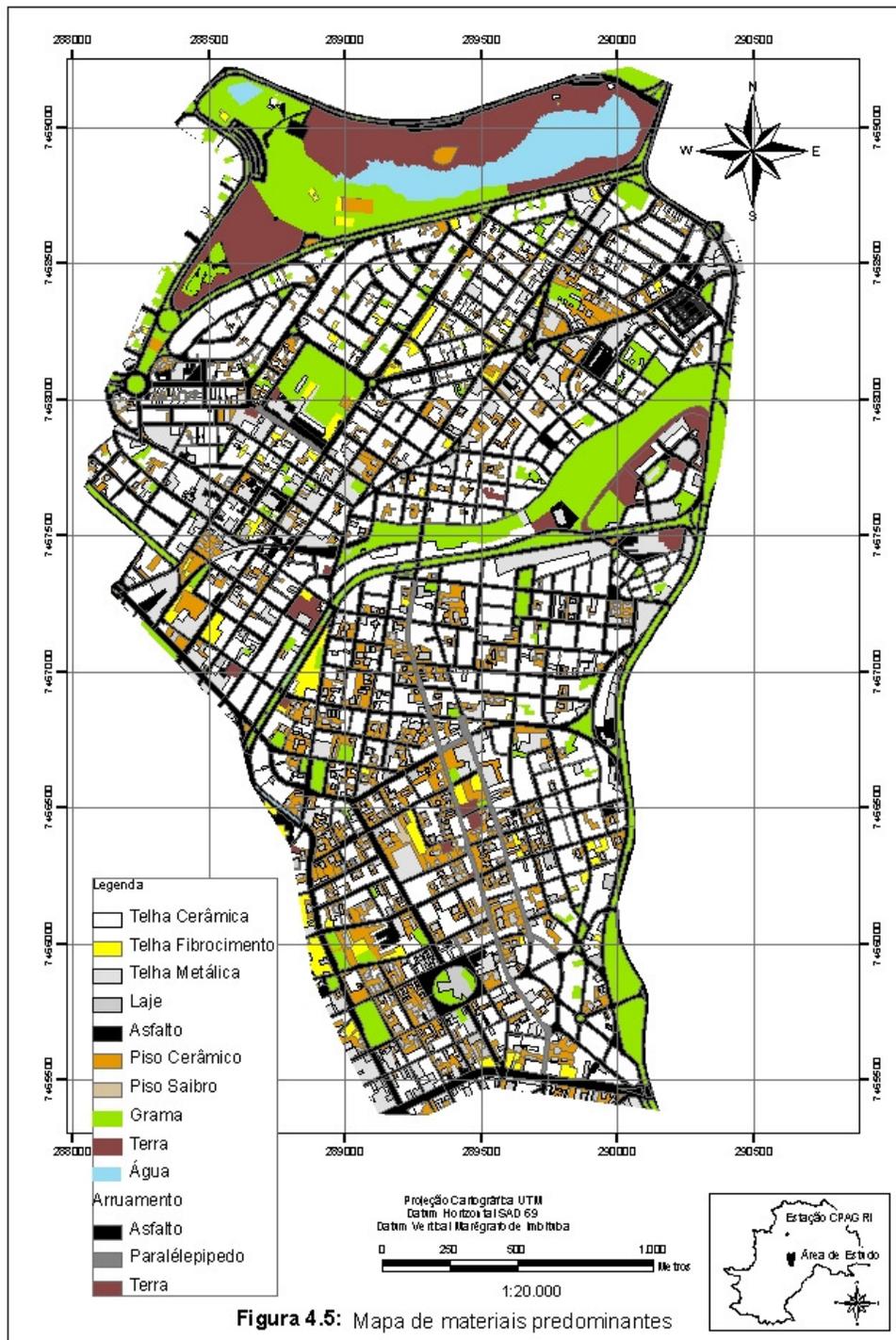


**Figura 4.2:** Foto aérea da área de estudo





**Figura 4.4:** Mapa de permeabilidade potencial do solo



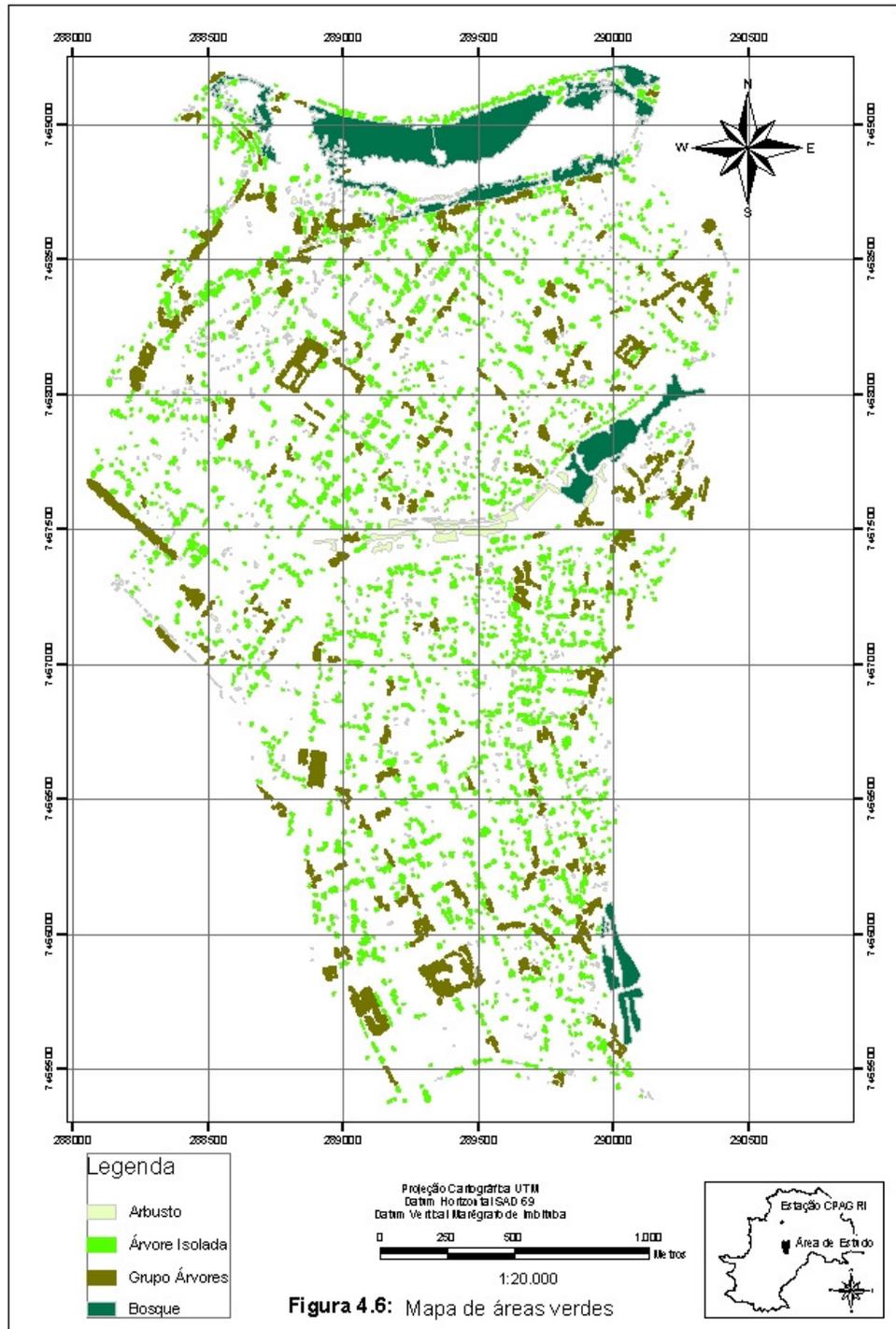
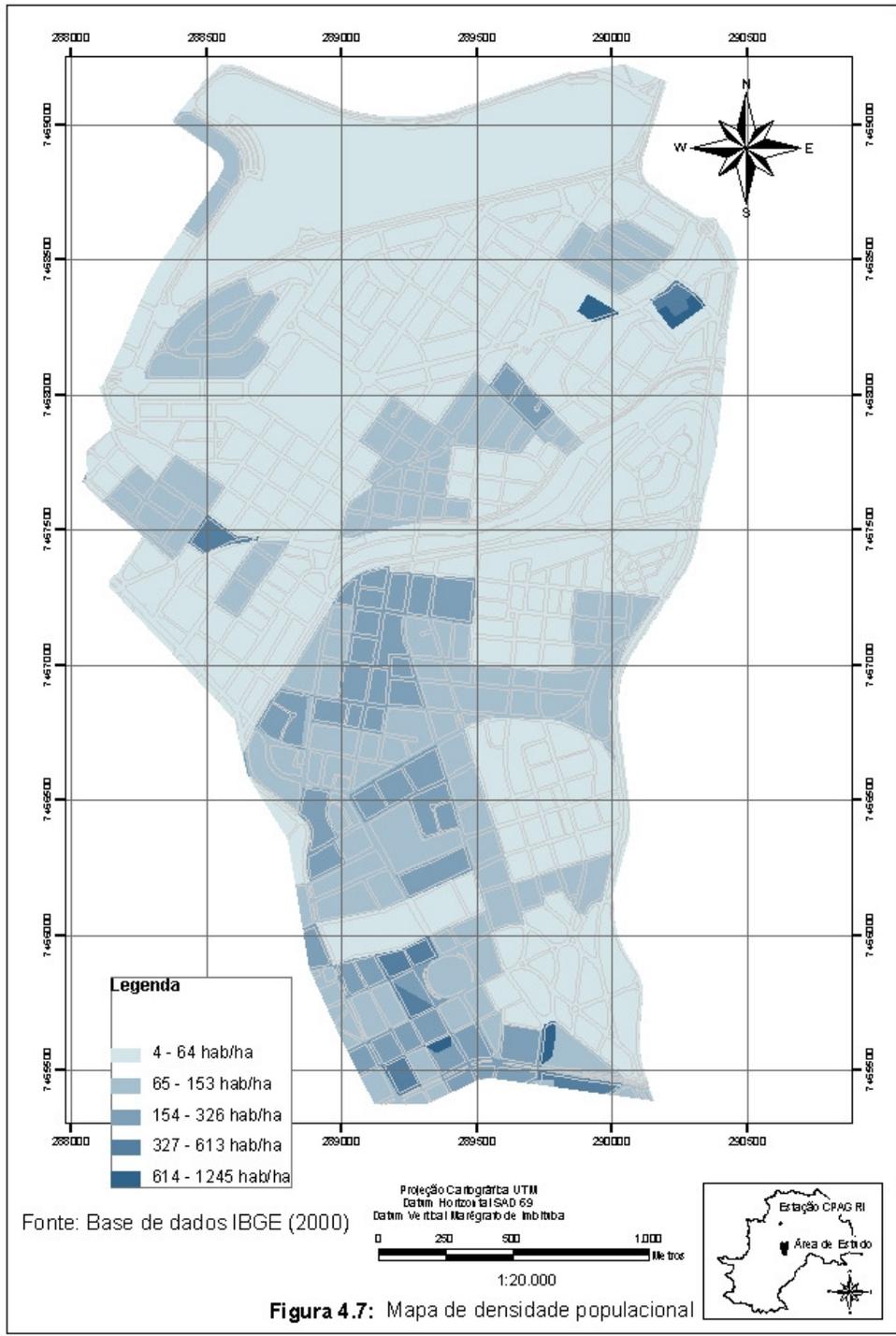
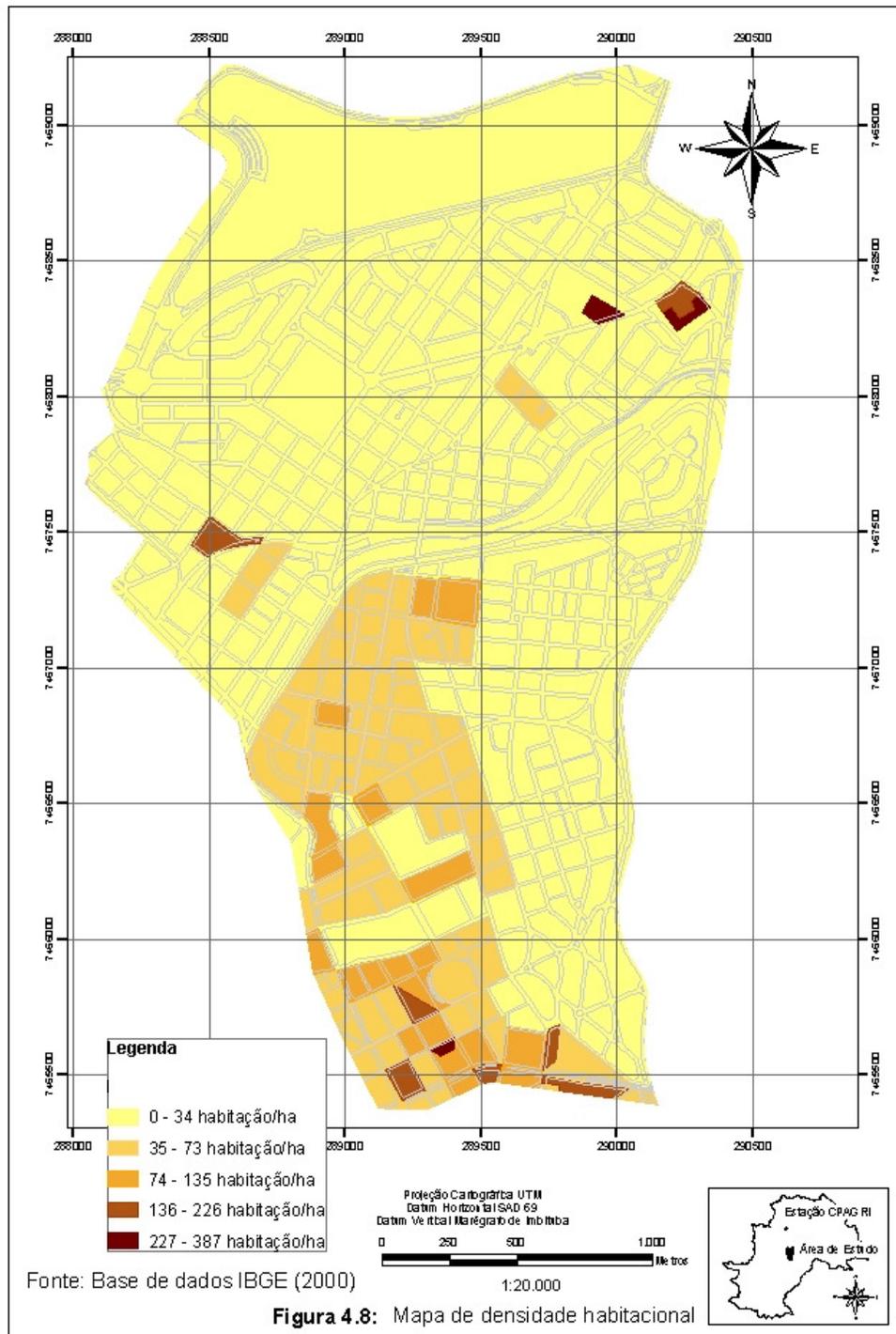


Figura 4.6: Mapa de áreas verdes



**Figura 4.7:** Mapa de densidade populacional



### ***4.1.3 Fase 3: Eleição dos pontos para levantamento de dados, métodos e técnicas de instrumentação utilizadas***

A partir da definição das características da área de estudo, do uso do solo e com os dados levantados em campo, foi feita a eleição dos pontos para o levantamento dos dados climáticos. As escolhas dos pontos foram feitas através do levantamento de campo, análise de mapas, foto aérea, identificações de uso do solo, entre outros. Assim, os pontos foram localizados em diferentes configurações de uso e ocupação do solo com o objetivo de avaliar a ocorrência de ilhas de calor em diferentes regiões da cidade. Após a eleição dos pontos de medição foi realizada a coleta de dados climáticos com medidas móveis e fixas. O método de medidas móveis foi o escolhido para esta pesquisa, pois possibilita a caracterização do campo térmico através de um baixo custo e uma densidade muito maior de pontos. Ao longo da área de estudo também foram distribuídas 12 (doze) estações fixas, através de registradores de temperatura, para complementação das medições móveis. Todos os dados utilizados foram coletados em condições de tempo com céu claro e ventos regionais fracos, o que possibilita considerar os resultados como tendência de comportamento térmico da área. Em uma segunda fase os dados fixos e móveis serão interpolados através de técnicas específicas.

Após a coleta de dados climáticos em alguns pontos pré-selecionados foi feita uma pesquisa com os usuários da cidade, através da aplicação de questionários, com o objetivo de avaliar o conforto térmico em espaços abertos. Assim, entendendo a riqueza das características microclimáticas em espaços abertos urbanos e as implicações de conforto para as pessoas que os usam, criam-se novas possibilidades para o desenvolvimento dos espaços urbanos.

A seguir serão descritos detalhadamente os levantamentos de campo com medidas fixas e móveis, bem como as técnicas utilizadas para avaliação do conforto térmico.

#### **4.1.3.1 Medições fixas**

Os pontos fixos foram localizados dentro da área de estudo com o objetivo de avaliar a ocorrência de ilhas de calor em diferentes regiões da mesma. Desta forma, foram selecionados 12 pontos fixos de medidas de temperatura e umidade, em diferentes locais da área escolhida. O quadro 4.1 descreve a característica dos dados coletados.

Os pontos encontram-se bem distribuídos espacialmente e com características bem diferenciadas quanto à altura das edificações do entorno, configuração de uso do solo, proximidade de vegetação, corpo d'água e densidade construída. Eles foram posicionados após o levantamento cartográfico detalhado da área de estudo, fotos aéreas da região e posterior checagem de campo. O quadro 4.2 descreve a caracterização do entorno e localização de cada ponto, e a figura 4.9 mostra a localização dos pontos na base cartográfica da região de estudo. Além destes postos, também foram obtidos dados de uma estação automática localizada na UNICAMP, Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura (CEPAGRI).

**Quadro 4.1:**Características dos dados fixos coletados

<b>Estação</b>	<b>Período de medição</b>	<b>Intervalo de medições</b>	<b>Total</b>	<b>Características</b>
Inverno	de 28/07/2004 a 8/09/2004	De 10 em 10 minutos	12 dias consecutivos de medições	Dias estáveis sem registros de precipitações
Verão	01 e 02, 04 a 10 de março de 2005	De 10 em 10 minutos	09 dias de medições	Dias estáveis sem registros de precipitações

**Quadro 4.2:** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas fixas



**Ponto 01**  
Detalhe foto aérea raio 200 m



**Ponto 02**  
Detalhe foto aérea raio 200 m



**Ponto 03**  
Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:  
 Área de uso misto, pouca vegetação, edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas áreas acima de 08 pavimentos.

Localização (cruzamento próximo):  
**Ponto1:** Av. Barão de Itapura com Rua Rafael Sampaio  
**Ponto2:** Rua 1 de Março com Av. Barão de Itapura  
**Ponto3:** Av. Nossa Senhora de Fátima com Av. Armando Salles de Oliveira

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.2(continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas fixas



**Ponto 04**

Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:

Área predominantemente residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos e proximidade de área verde e corpo d'água.

Localização (cruzamento próximo):

**Ponto4:** Rua Pedro Lopes com Av. Dr Heitor Penteado



**Ponto 05**

Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:

Área residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos, próxima a região de fundo de vale

Localização (cruzamento próximo):

**Ponto5:** Rua Ari Barroso com Rua Dr Lopes Trovão



**Ponto 06**

Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:

Área de uso misto, edificações de 1 a 2 pavimentos, próxima a região de fundo de vale

Localização (cruzamento próximo):

**Ponto6:** Rua dos Alecrins com Via Norte Sul

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.2(continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas fixas



**Ponto 07**

Detalhe foto aérea raio 200 m



**Ponto 08**

Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:

Área de uso misto, edificações de 1 a 3 pavimentos, intercaladas com edificações de mais de 8 pavimentos, pouca vegetação

Localização (cruzamento próximo):

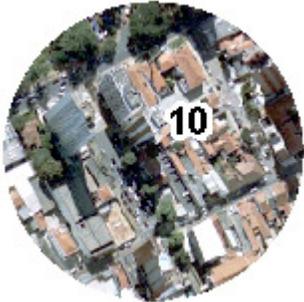
**Ponto M07:** Rua Emilio Ribas com Rua Sampaio Ferraz

**Ponto M08:** Rua Antonio Lapa com Rua Josefina Sarmento



**Ponto 09**

Detalhe foto aérea raio 200 m



**Ponto 10**

Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:

Área de uso misto, predominantemente com edificações acima de 08 pavimentos, intercalada com edificações baixas, pouca vegetação

Localização (cruzamento próximo):

**Ponto 09:** Rua Cel Quirino com Rua Barreto Leme

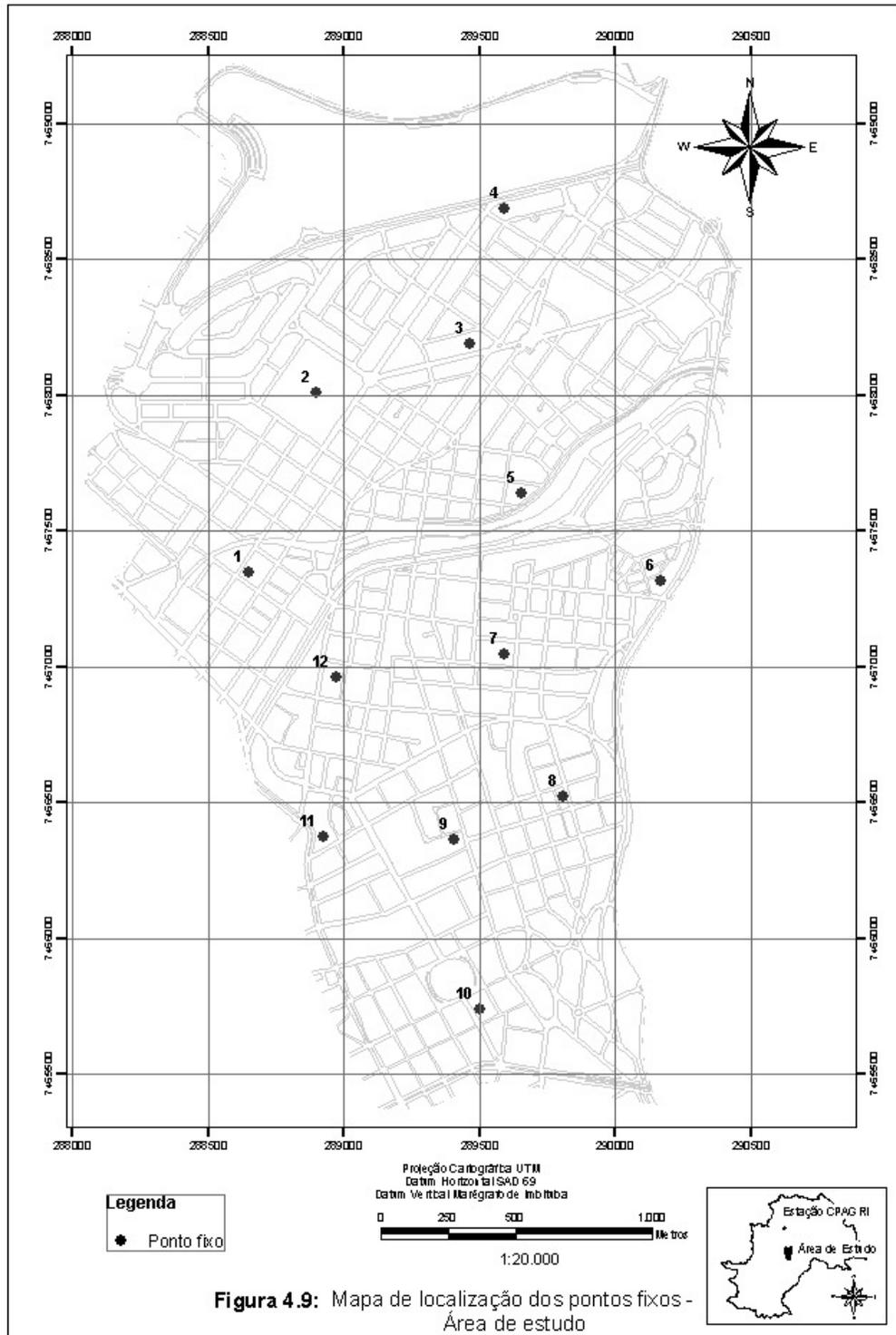
**Ponto 10:** Rua Julio de Mesquita com Av Moraes Sales

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.2(continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas fixas

 <p><b>Ponto 11</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	 <p><b>Ponto 12</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	<p>Característica do entorno: Área de uso misto, predominantemente com edificações acima de 08 pavimentos, intercalada com edificações baixas e proximidade a região de fundo de vale</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto 11:</b> Rua Guilherme da Silva com Av Anchieta <b>Ponto 12:</b> Rua Pandiá Calógeras com Rua Santos Dumont</p>
--	--	--

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000



**Figura 4.9:** Mapa de localização dos pontos fixos-  
Área de estudo

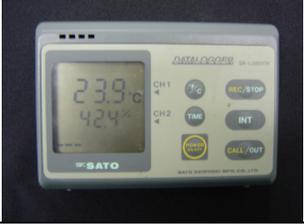
### 4.1.3.2 Instrumentação utilizada para as medições fixas

As coletas de dados com medidas fixas foram feitas por registros contínuos de temperatura e umidade, através de loggers instalados em locais à sombra, evitando-se o efeito de incidência direta da radiação solar, em uma altura aproximada de 1,50m a 2,00 m. Os registradores foram padronizados pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada da Unicamp. Os equipamentos foram instalados em uma caixa de isopor ventilada, confeccionada para a pesquisa, com a finalidade de proteção da radiação solar. O quadro 4.3 mostra as características de cada equipamento.

**Quadro 4.3:** Características dos Equipamentos de medições fixas

ILUSTRAÇÃO	CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO
 A photograph of a white, rectangular mini data logger. It has a small circular sensor at the top and a small display or indicator at the bottom. The text 'testostor 175' is visible on the front.	Testostor 175-1 - Mini data logger Modelo 0577 1751 Testo do Brasil –Equipamentos de Medição Ltda 1 canal: temperatura Resolução de 0,1 ° C
 A photograph of a white, rectangular mini data logger, similar to the first one but with a different front panel design. It has a small circular sensor at the top and a small display or indicator at the bottom. The text 'testostor 175' is visible on the front.	Testostor 175-2 - Mini data logger Modelo 0577 1752 Testo do Brasil –Equipamentos de Medição Ltda 1 canal:para temperatura e 1 para umidade Resolução de 0,1 ° C e 1% RH

**Quadro 4.3 (continuação) : Características dos Equipamentos de medições fixas**

ILUSTRAÇÃO	CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO	
	<p>Sato – Série SK-L 200 TH- Data logger                      Ref. 8016-00 – Modelo SK – L200TH                      Polimate Ltda                      1 canal:para temperatura e 1 para umidade</p>	
	<p>HOBO H8 data logger                      H08 – 002 – 02                      Onset Technical Support                      1 canal:para temperatura e 1 para umidade</p>	
		<p>Caixa de isopor, perfurada para proteção.</p>

### 4.1.3.3 Medições móveis

Paralelamente às medições fixas foram feitos registros móveis de temperatura do ar, através de trajetos pré-estabelecidos. Estes dados serão associados com os registros das estações fixas e, posteriormente, analisados em conjunto.

O método de medidas móveis e sua instrumentação foram baseados no trabalho realizado por Kaiser e Faria (2001), aplicado na cidade de Bauru (SP). O trabalho propõe sincronizar os dados fixos e móveis a partir de equações lineares ou quadráticas, de acordo com o período de medição. A delimitação do transecto foi estruturada a partir do trabalho de Saaroni et al. (2000), o qual define vários eixos

paralelos para realizar as medições móveis. A partir destes estudos foram então definidos os equipamentos e os transectos a serem realizados neste trabalho.

O trajeto definido foi estabelecido em função da trajetória mais racional do trânsito local. Assim, procurou-se escolher o trajeto concomitantemente com a escolha dos pontos de medições que, além de coincidirem com a rota estabelecida, dessem uma boa cobertura da área com um todo; boa representação dos seus limites e boa representatividade de uso e ocupação do solo.

Desta forma, o transecto percorreu toda a área de estudo, com 18 pontos de medições e aproximadamente 20 km, cobrindo uma faixa bem diversificada de uso do solo. As medições ocorreram em três turnos: 9:00, 15:00 e 21:00 horas. Estes horários foram estabelecidos de acordo com padrões internacionais da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization -WMO), a qual estabelece que os principais horários para as observações meteorológicas são 00:00 h, 06:00 h, 12:00 h e 18:00 h (GMT – “Greenwich Meridian Time”), correspondentes a 21:00 h, 03:00h, 09:00 h e 15:00 h., horário de Brasília. Apenas o horário das 03:00 h não foi incluído nestas medições.

Cada circuito foi iniciado aproximadamente quarenta minutos antes do horário pesquisado (por exemplo, o circuito das 15:00 h iniciava-se às 14:20 h), sendo a hora da leitura e a referida temperatura do ar anotada em todos os pontos estabelecidos no circuito. Para a anotação das medições foi realizada uma parada rápida, de aproximadamente um minuto, em todos os pontos. Deste modo, o circuito foi completado em cerca 1:15h e 1:40h, dependendo da variação do trânsito local e do período. O quadro 4.4 mostra a característica do período coletado e o quadro 4.5 ilustra a caracterização dos pontos e sua respectiva localização. A figura 4.10 mostra a localização dos pontos no mapa base.

#### **Quadro 4.4:**Características dos dados móveis coletados

Estação	Período de medição	Período de coleta	Total	Características
Inverno	28, 29, 30 de julho e 01, 02, 03 e 08 de agosto de 2004	9 h, 15 h e 21 h	07 dias consecutivo de medições	Dias estáveis sem registros de precipitações
Verão	01 e 02, 04 a 10 de março de 2005	9 h, 15 h e 21 h	09 dias de medições	Dias estáveis sem registros de precipitações

**Quadro 4.5:** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis

 <p><b>M01</b></p>	 <p><b>M02</b></p>	<p>Característica do entorno: Área de uso misto, pouca vegetação, edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas áreas acima de pavimentos.</p> <p>Localização (cruzamento próximo):  <b>Ponto M01:</b> Av Barão de Itapura com Rua Rafael Sampaio  <b>Ponto M02:</b> Av Nossa Senhora de Fátima com Av. Armando Salles de Oliveira  <b>Ponto M09:</b> Rua 1 de Março com Av. Brasil  <b>Ponto M10:</b> Rua 1 de Março com Rua Oswaldo Cruz</p>
<p><b>Ponto M01:</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	<p><b>Ponto M02:</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	
 <p><b>M09</b></p>	 <p><b>M10</b></p>	
<p><b>Ponto M09:</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	<p><b>Ponto M10:</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.5 (continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis

 <p><b>Ponto M03</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	<p>Característica do entorno: Área residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos, próxima a região de fundo de vale</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto M03:</b> Rua Paula Bueno com Av Orozimbo Maia</p>	
 <p><b>Ponto M04</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	 <p><b>Ponto M05</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>	 <p><b>Ponto M06</b> Detalhe foto aérea raio 200 m</p>
<p>Característica do entorno: Corredor de tráfego com edificações acima de 10 pavimentos, intercalada com edificações baixas e uso misto.</p>		<p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto M04:</b> Rua Cel Quirino com Rua Bandeirantes <b>Ponto M05:</b> Rua Cel Quirino com Rua Barreto Leme <b>Ponto M06:</b> Rua Cel Quirino com Rua Ferreira Penteadado</p>

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.5 (continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis



**Ponto M07**  
Detalhe foto aérea raio 200 m



**Ponto M08**  
Detalhe foto aérea raio 200 m

Característica do entorno:  
Corredor de tráfego intenso com edificações de 8 a 12 pavimentos, intercalada com edificações baixas e uso predominantemente comercial.

Localização (cruzamento próximo):

**Ponto M07:** Av Anchieta com Rua Conceição

**Ponto M08:** Av Anchieta com Rua Major Sólón



**Ponto M11**  
Detalhe foto aérea raio 200  
Característica do entorno:  
Área predominantemente residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos e proximidade a parque público com área verde e corpo d'água



**Ponto M12**  
Detalhe foto aérea raio 200  
Localização (cruzamento próximo):

**Ponto M11:** Av Heitor Penteado com Av Imperatriz Leopoldina

**Ponto M12:** Av Heitor Penteado com Av Julio Diniz

**Ponto M13:** Av Heitor Penteado com Rua Barão de Itapura



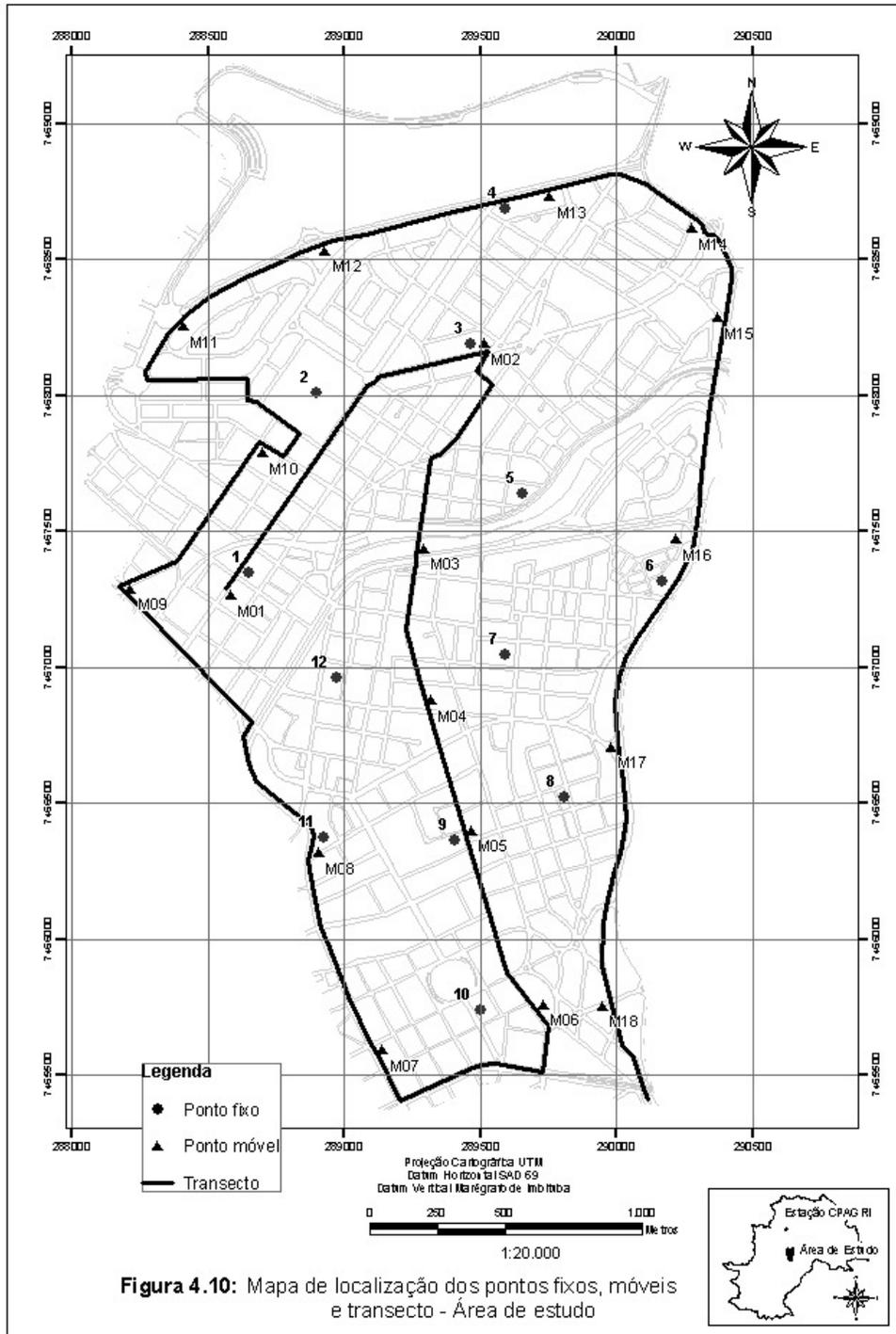
**Ponto M13**  
Detalhe foto aérea raio 200

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

**Quadro 4.5 (continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta de medidas móveis

 <p><b>Ponto M14</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	<p>Característica do entorno: Proximidade a corredor de tráfego intenso, uso predominantemente comercial, edificações de 1 a 4 pavimentos.</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto M14:</b> Av Julio Prestes com Rua Leonardo D Vinci</p>
 <p><b>Ponto M15</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	 <p><b>Ponto M16</b> Detalhe foto aérea raio 200</p> <p>Característica do entorno: Corredor de tráfego intenso, uso predominantemente comercial, edificações de 1 a 4 pavimentos, com exceções de áreas com edificações acima de 10 pavimentos, proximidade a região de fundo de vale.</p>
 <p><b>Ponto M17</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	 <p><b>Ponto M18</b> Detalhe foto aérea raio 200</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto M15:</b> Av Julio Prestes com Rua Tomas A Edson <b>Ponto M16:</b> Via Norte Sul com Av Orozimbo Maia <b>Ponto M17:</b> Via Norte Sul com Av Cel Silva Telles <b>Ponto M18:</b> Via Norte Sul com Rua José Nucci</p>

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000



#### 4.1.3.4 Instrumentação utilizada para as medições móveis

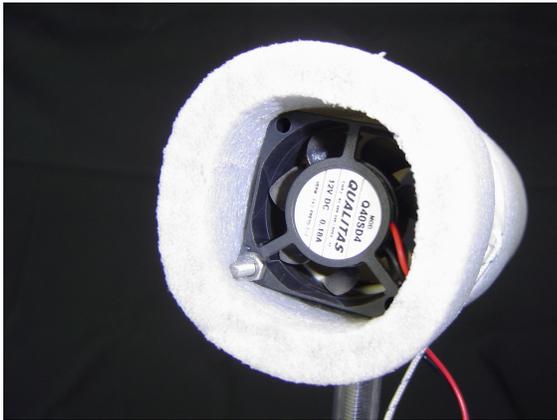
Para a coleta de dados foi empregado um termômetro digital (Quadro 4.6) com sensor de par termoelétrico tipo K. O sensor foi montado no interior de um tubo de PVC, ventilado mecanicamente para padronização das condições de ventilação, e revestido de material térmico para proteção da radiação solar. Para executar a ventilação do mesmo foi conectado um plug no interior do veículo, no local de carregamento automático. O conjunto foi instalado na lateral do veículo, através de uma haste acoplada na porta do mesmo, a uma altura aproximada de 1,50 m do solo. A leitura de temperatura do ar foi registrada pelo próprio motorista/pesquisador, através do visor do termômetro, localizado em local próximo ao motorista do veículo. As figuras 4.11 a 4.16 mostram detalhadamente a instalação e montagem do equipamento.

**Quadro 4.6:** Características do equipamento de medições móveis

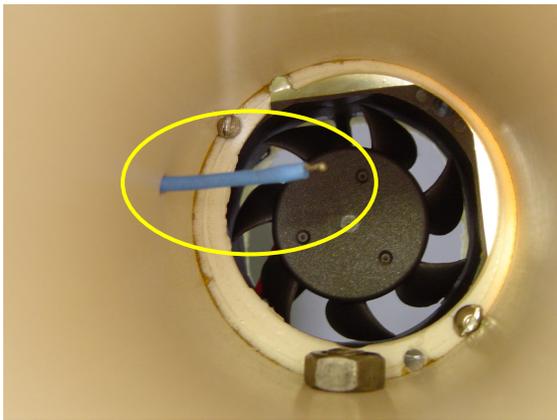
ILUSTRAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO
	<p>Termômetro digital tipo K/J</p> <p>Modelo TH - 090</p> <p>Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda</p> <p>4 canais para temperatura do ar</p> <p>Resolução de 0,1 grau</p>



**Figura 4.11:** Tubo de PVC com revestimento

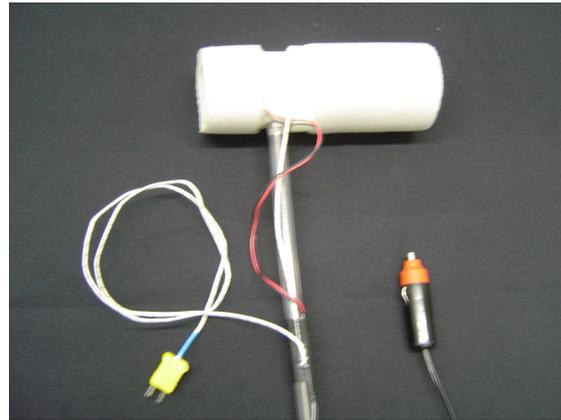


**Figura 4.12:** Detalhe da ventilação mecânica



**Figura 4.13:** Sensor de par termoelétrico

tipo K



**Figura 4.14:** Tubo de PVC e termopar



**Figura 4.15:** Equipamento acoplado no veículo



**Figura 4.16:** Veículo com sensor para medições

#### **4.1.3.5 Avaliação do conforto térmico**

A coleta de dados para a avaliação do conforto térmico incluiu simultaneamente dois parâmetros:

- coleta dos parâmetros climáticos;
- avaliação da percepção climática dos pedestres através de aplicação de questionários.

O monitoramento microclimático foi feito com uma mini-estação portátil, localizada à sombra e próximo aos locais das entrevistas. As variáveis físicas medidas incluíram: temperatura do ar, velocidade do vento, temperatura de globo e umidade relativa do ar.

Para a avaliação da percepção climática dos pedestres foram aplicados questionários. O pesquisador anotava os dados climáticos no horário de aplicação dos questionários. Desta forma, foi possível manter um índice alto de aproveitamento, pois evitou-se erros de preenchimento, perguntas não respondidas e esclarecimentos de perguntas que porventura não fossem compreendidas.

O questionário foi elaborado a partir das recomendações da Norma Internacional - ISO 10551 (1995), o qual fornece subsídios para avaliação da influência do ambiente térmico utilizando escalas de julgamento subjetivo. Assim o mesmo apresentava questões relativas à sensação de conforto térmico dos entrevistados e dados pessoais tais como: sexo, idade, atividade no momento da entrevista, vestimenta e peso. A sensação térmica e as preferências das pessoas foram avaliadas em duas questões, em uma escala de 7 (sete) pontos. A primeira questão avaliou a sensação térmica com as seguintes opções: muito calor, calor, pouco calor, nem calor nem frio, pouco frio, frio ou muito frio. Já a segunda questão, avaliou a preferência do entrevistado na seguinte

escala: muito mais quente, mais quente, pouco mais quente, nem mais quente nem mais frio, pouco mais frio, mais frio ou muito mais frio. O questionário utilizado encontra-se no apêndice 01.

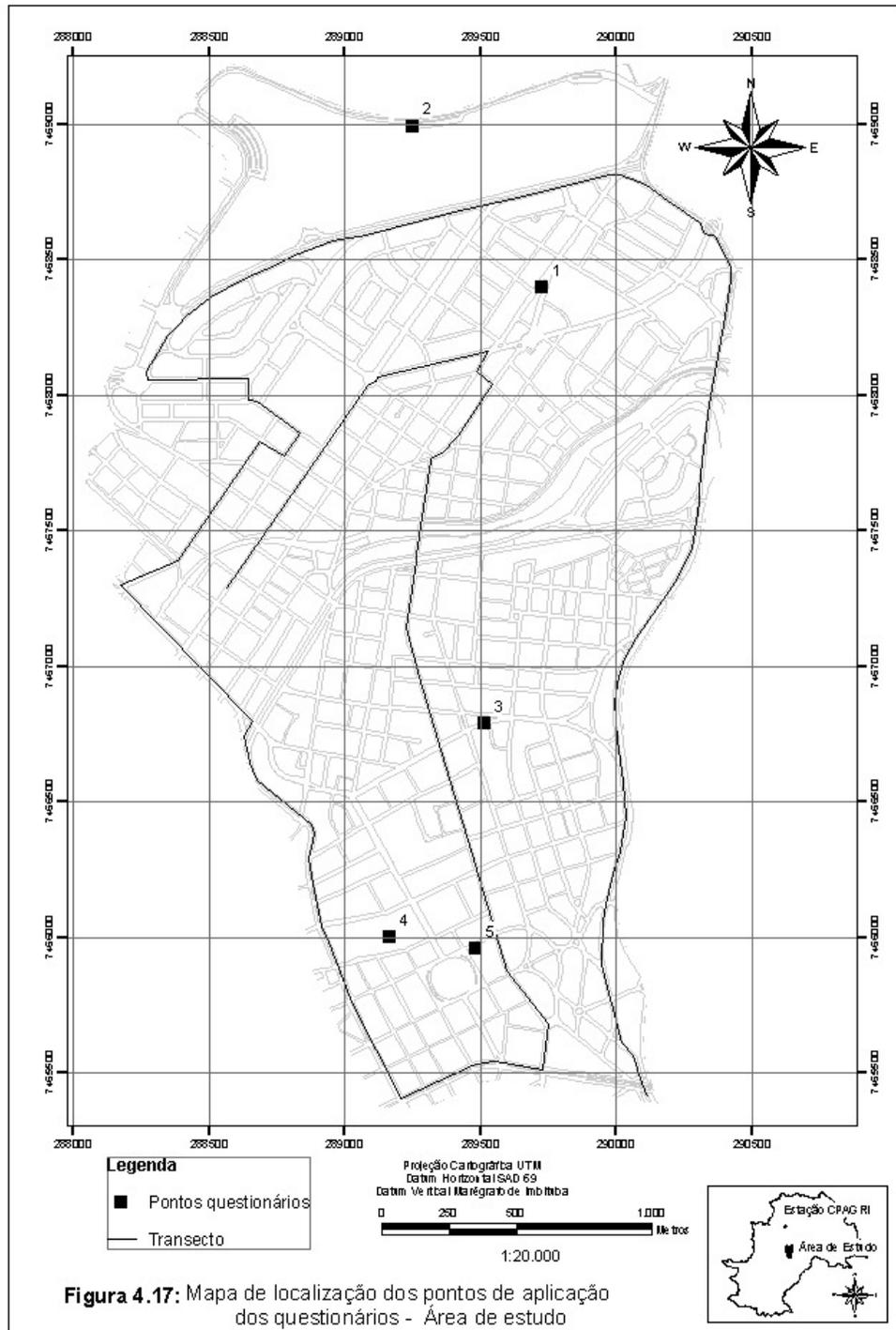
Para a coleta dos dados, foram escolhidos períodos do dia nos quais os usuários mais utilizam o espaço urbano aberto. Assim, os questionários foram aplicados em dois períodos:

- a primeira sessão ocorreu durante o horário do almoço, entre às 12:30 h e 13:30 h;
- a segunda sessão foi feita no final da tarde, entre às 16:30 h e 17:30 h.

Nesta etapa, a pesquisa de campo foi conduzida em cinco pontos pré-estabelecidos. Os pontos localizaram-se dentro da área de estudo, em locais próximos aos transectos realizados, os quais expressavam situações típicas da área de influência analisada. O quadro 4.7 mostra o período de coleta dos questionários. A escolha dos pontos também levou em consideração o fluxo de pedestres na área, já que os questionários seriam aplicados com os mesmos. O número reduzido de pontos justifica-se tanto pela dificuldade de encontrar lugares com alto fluxo de pedestre, quanto pela dificuldade de encontrar locais que expressavam a situação típica da área de influência. A figura 4.17 mostra a localização, dos mesmos, no mapa base da área de estudo, e o quadro 4.8 ilustra a característica do entorno e a localização dos pontos de coleta dos questionários.

**Quadro 4.7:** Período de coleta dos pontos dos questionários

Pontos	Data de coleta	
	verão	inverno
01	09/02/2005	08/07/2005
02	12/02/2005	09/07/2005
03	01/02/2005	07/02/2005
04	10/02/2005	11/02/2005
05	11/02/2005	06/02/2005



**Quadro 4.8:** Caracterização e localização dos pontos de coleta dos questionários

 <p><b>Ponto 01</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	<p>Característica do entorno: Área de uso misto, pouca vegetação, edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas áreas acima de 08 pavimentos</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto 01:</b> Av Nossa Senhora de Fátima com Av. Armando Salles de Oliveira</p>
 <p><b>Ponto 02</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	<p>Característica do entorno: Área predominantemente residencial, edificações de 1 a 2 pavimentos e proximidade de área verde e corpo d'água.</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto 02:</b> Av Heitor Penteado com Av Julio Diniz</p>
 <p><b>Ponto 03</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	<p>Característica do entorno: Área de uso misto, edificações de 1 a 3 pavimentos, pouca vegetação.</p> <p>Localização (cruzamento próximo): <b>Ponto 03:</b> Rua Maria Monteiro com Rua Cel Silva Telles</p>

**Quadro 4.8 (continuação):** Caracterização e localização dos pontos de coleta dos questionários

		<p>Característica do entorno:</p> <p>Área de uso misto, predominantemente com edificações acima de 08 pavimentos, intercalada com edificações baixas, pouca vegetação.</p> <p>Localização (cruzamento próximo):</p> <p><b>Ponto 04:</b> Av Julio de Mesquita com Rua Benjamin Constant</p> <p><b>Ponto 05:</b> Av Julio de Mesquita com Rua General Osório</p>
<p><b>Ponto 04</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	<p><b>Ponto 05</b> Detalhe foto aérea raio 200</p>	

\*Obs: Escala foto aérea 1:5000

#### **4.1.3.6 Instrumentação utilizada para avaliação do conforto térmico**

A coleta de dados dos parâmetros climáticos para a avaliação do conforto térmico foi feita com uma mini estação portátil. A estação era instalada em lugares à sombra, próximas aos locais da aplicação dos questionários. Os equipamentos utilizados na estação foram: um termohigroanemômetro para medição da umidade relativa do ar, um termo – anemômetro digital par medição da velocidade do ar e temperatura do ar e um termômetro digital acoplado a um globo, através de um sensor de par termoelétrico tipo K, para medição da temperatura de globo. O quadro 4.9 mostra os equipamentos e suas características.

**Quadro 4.9:** Características dos equipamentos de medições móveis

ILUSTRAÇÃO	CARACTERÍSTICA DO EQUIPAMENTO
	<p>Mini Estação Portátil</p> <p>Termo – Anemometro Digital TAFR – 180</p> <p>termohigroanemômetro - Lutron AM-4295</p> <p>Termômetro digital tipo K/J</p>
	<p>Termo – Anemometro Digital</p> <p>Modelo TAFR – 180</p> <p>Instruterm Instrumentos de Medição Ltda</p> <p>1 canal de velocidade do vento, 1 de temperatura</p> <p>Resolução: 0,1 m/s, 0,1 graus,</p>
	<p>Termohigroanemômetro -</p> <p>Modelo AM-4295</p> <p>Lutron</p> <p>1 canal de velocidade do vento, 1 de temperatura e umidade</p> <p>Resolução: 0,1 m/s, 0,1 graus e 0,1 % RH</p>

No próximo capítulo são apresentadas a coleta de dados com medidas móveis e fixas e as análises estatísticas realizadas para caracterizar o ambiente térmico da área de estudo.

## **5. ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO NA ÁREA DE ESTUDO**

Seguindo as orientações do roteiro metodológico de Monteiro (2003) foram realizadas as coletas de dados nos períodos de inverno e verão.

Vale ressaltar que toda a coleta de campo se realizou em dias de céu claro e calmaria, baixa nebulosidade e nenhum registro de precipitação. Estas condições possibilitam uma melhor investigação das condições climáticas analisadas.

Inicialmente, será apresentado o tratamento dos dados de medições fixas e móveis. Para as medições móveis será apresentada a metodologia utilizada para a correção do tempo tardio. Após a correção, os dados serão analisados a partir dos horários padrões 9h, 15h e 21h. Já para as medições fixas, foi feita uma análise detalhada em todos os pontos fixos de coleta de dados, com o objetivo de compreender o comportamento e verificar possíveis problemas de leitura durante o período de monitoramento.

Para as medidas fixas foi feito uma análise detalhada dos valores médios máximos, mínimos e amplitude térmica. Em seguida, as análises de cruzamentos das variáveis foi feita através do processamento de dados no programa ArcGIS 9.2 .

Posteriormente, é feita a descrição do campo térmico da área de estudo, obtidos a partir do levantamento de dados climáticos, com medições fixas e móveis. A partir da comparação dos resultados foi possível compreender melhor o desempenho térmico da área de estudo.

Os dados urbanos foram comparados com os dados da Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura (CEPAGRI), localizado no Campus da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, fora do centro urbano de Campinas, SP.

## ***5.1. Tratamento dos dados dos pontos fixos e móveis***

A seguir serão descritos a metodologia utilizada para correção do tempo tardio nas medições móveis e o tratamento de dados dos pontos fixos.

### ***5.1.1 Correção das medidas móveis***

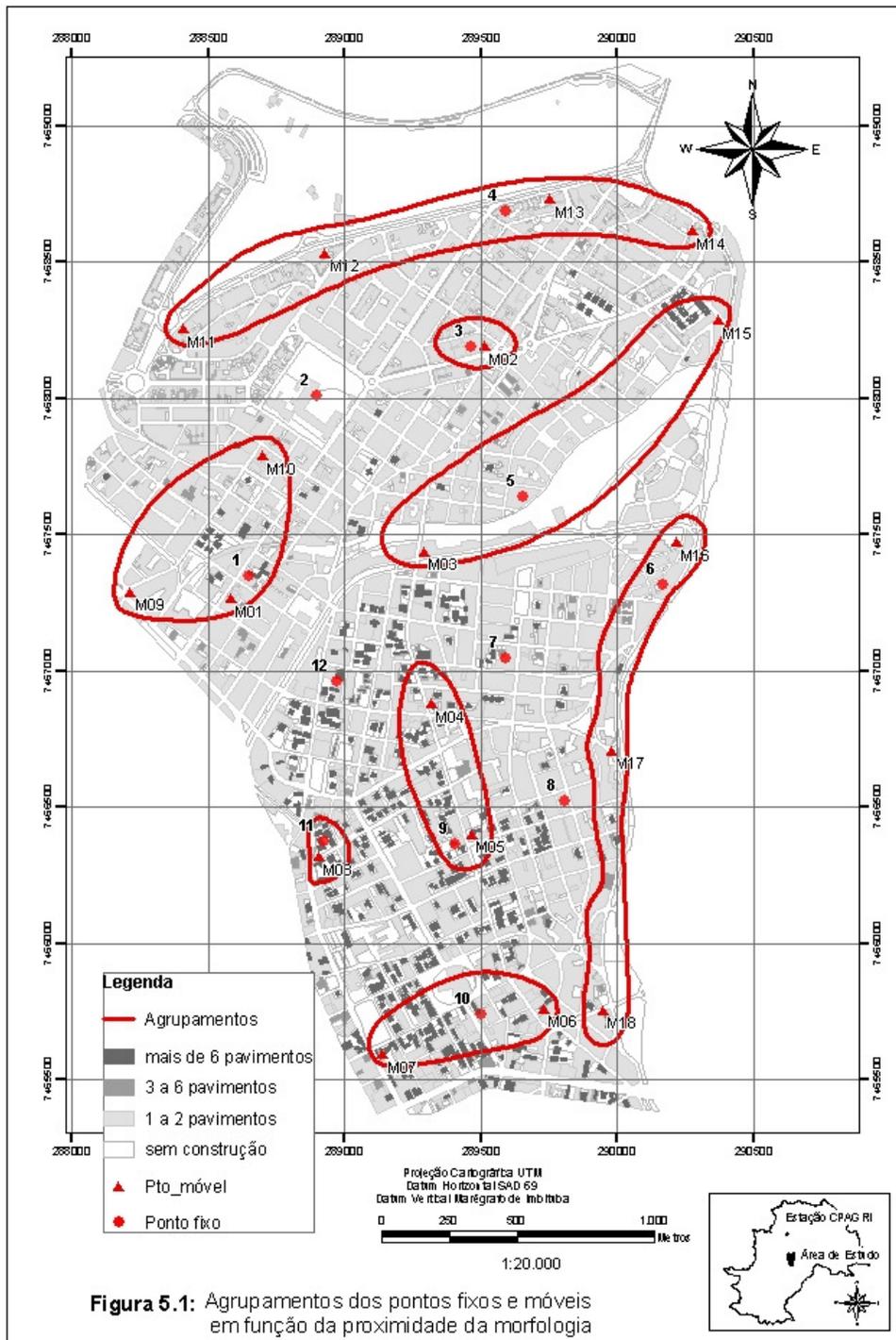
As medidas móveis foram utilizadas para detalhar a distribuição horizontal das variáveis do clima. Neste método, os sensores foram montados em um veículo, o qual percorreu um trajeto específico do recinto urbano. Juntamente com as medidas móveis foram combinados registros contínuos de medidas fixas, com a finalidade de correlacionar os resultados e obter índices de correções confiáveis.

As medições móveis ocorreram em três turnos: 9:00, 15:00 e 21:00 horas. Estes horários foram estabelecidos de acordo com padrões internacionais da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization -WMO), a qual estabelece que os principais horários para as observações meteorológicas são 00:00 horas, 06:00 horas, 12:00h e 18:00h (GMT – “Greenwich Meridian Time”), correspondentes a 21:00h, 03:00h, 09:00h e 15:00h, horário de Brasília. Apenas o horário das 03:00h não foi incluído nestas medições. Todo o detalhamento da metodologia de medidas móveis, assim como a descrição de todos os pontos de coleta de dados estão apresentados no capítulo 4.

Foram feitas medições durante dois períodos: inverno e verão. As coletas de inverno ocorreram na segunda quinzena do mês de julho e início do mês de agosto de 2004, durante sete dias de medições (28, 29, 30 de julho e 01, 02, 03 e 08 de agosto). Já no período de verão foram coletados dados no mês de março de 2005 nos dias 01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10. A coleta de dados sofreu interrupções por motivos de instabilidades climáticas. Assim, no período de coleta de dados não ocorreu nenhum registro de precipitações e os dias foram estáveis.

Como já mencionado, a coleta de dados de medidas móveis deve ser corrigida para horários padrões (9h, 15h e 21h). Esta correção se faz necessária, pois o intervalo de tempo entre a primeira e a última medida pode ser significativa. Nestas condições, foi necessário utilizar métodos de interpolação para ajustar as medições móveis para os horários padrões.

Para esta correção do tempo tardio foram utilizados como referência os pontos fixos de medições. Desta forma, para cada ponto de medida móvel foi relacionado o ponto de referência fixo mais próximo. O critério adotado para correlacionar os fixos com os móveis foi a proximidade e a semelhança de uso e ocupação do solo ao redor do ponto. A tabela 5.1 e a figura 5.1 ilustram os agrupamentos feitos para o ajuste das medições.



**Tabela 5.1:** Agrupamentos dos pontos fixos e móveis

<b>Pontos Móveis</b>	<b>Ponto Fixo para correção</b>
01 / 09 / 10	01 –Av. Barão de Itapura com R Rafael Sampaio
02	03 – Av. Nossa Senhora de Fátima com Av. Armando Salles de Oliveira
03 / 15	05 – Rua Ari Barroso com Rua Dr Lopes Trovão
04 / 05	09 – Rua Coronel Quirino com R Barreto Leme
06 / 07	10- Rua Julio de Mesquita com Av. Moraes Sales
08	11 – Rua Guilherme da Silva com Av. Anchieta
11 / 12 / 13 / 14	04 – Rua Pedro Lopes com Av. Dr. Heitor Penteado
16/17/18	06 - Rua dos Alecrins com Via Norte Sul

Os resultados da análise de regressão podem ser visualizados nas tabelas 5.2 e 5.3. Todas as variáveis têm influência na reta de regressão, isto é, nenhum coeficiente obtido foi zero, assim foi possível dar prosseguimento às análises. Os resultados gerados por esta calibração apresentaram um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 90,3%, o que significa um bom ajuste dos dados. Já a análise de variância nos mostra que a regressão é adequada, pode-se analisar pelo seu p-valor = 0,000, onde rejeita-se a hipótese nula a um nível de significância de 5%.

**Tabela 5.2:** Resultados obtidos através da regressão

<b>Variável</b>	<b>Constante</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>P-Valor</b>
		<b>2,68</b>	<b>0,000</b>
Temperatura do ponto fixo no horário padrão	X1	0,47	0,000
Temperatura do ponto fixo no mesmo horário que o ponto móvel	X2	0,40	0,000
Diferença horária do ponto móvel em relação ao horário padrão, em minutos	X3	0,01	0,000
Diferença horária do ponto fixo em relação ao horário padrão, em minutos (zero)	X4	0,70	0,000

**Tabela 5.3:** Resultados obtidos através da Análise de Variância

<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P-Valor</b>
Regressão	4	12806,7	3201,7	1753,23	0,000
Erro	751	1371,4	1,8		
Total	755	14178,2			

Através da equação determinada pela equação de regressão linear múltipla foram estimadas as temperaturas das medições móveis coletadas para os respectivos horários padrões (9h, 15h, 21h).

Assim, tomando-se como exemplo os dados coletados do ponto 5 (móvel) no dia 29 de julho de 2005, corrigidos com o ponto 9 (fixo), temos os seguintes dados de temperatura, expressos na tabela 5.4

**Tabela 5.4:** Resultados de temperatura fixa e móvel do dia 28/07/2004

	<b>Ponto fixo 9</b>	<b>Ponto móvel 5</b>
<b>Horário</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>
8:46*	15,33	15,00
9:00	15,41	
14:45*	22,05	21,50
15:00	21,76	
20:22 *	19,05	18,90
21:00	18,90	

\* Tendo em vista que os aparelhos fixos registraram temperaturas de 10 em 10 min., utilizou-se o seguinte critério de aproximação: para os horários móveis entre 1 min e 5 min foi correlacionado o horário fixo antecedente, e 6 min e 9 min o horário fixo subsequente. Como exemplos tem-se: 8:46h (móvel) correlacionado com 8:50h (fixo) e 14:45h (móvel) correlacionado com 14:40h (fixo).

Aplicando a equação de regressão linear, de acordo com as variáveis da tabela 5.2, obtém-se o horário do ponto móvel corrigido (Y):

$$Y_{9:00} = 2,68 + 0,47X_1 + 0,40X_2 + 0,01X_3 + 0,70X_4$$

$$Y_{9:00} = 2,68 + 0,47*(15,41) + 0,4*(15,33) + 0,01*(-14) + 0,7*(0)$$

$$Y_{9:00} = 15,91$$

$$Y_{15:00} = 2,68 + 0,47X_1 + 0,40X_2 + 0,01X_3 + 0,70X_4$$

$$Y_{15:00} = 2,68 + 0,47*(21,76) + 0,4*(22,05) + 0,01*(-15) + 0,7*(0)$$

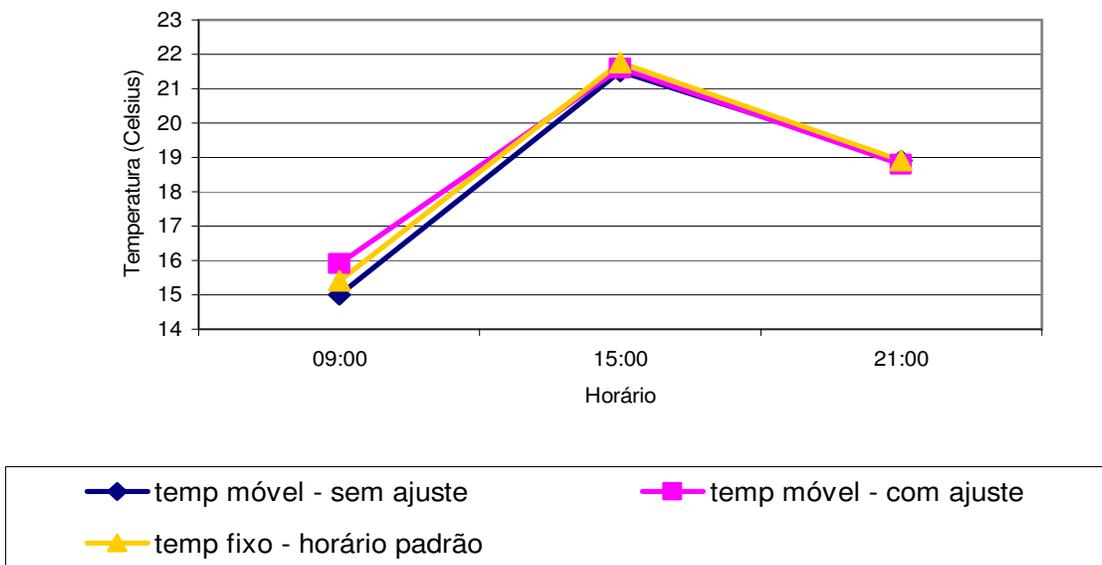
$$Y_{15:00} = 21,60$$

$$Y_{21:00} = 2,68 + 0,47X_1 + 0,40X_2 + 0,01X_3 + 0,70X_4$$

$$Y_{21:00} = 2,68 + 0,47*(18,9) + 0,4*(19,05) + 0,01*(-38) + 0,7*(0)$$

$$Y_{21:00} = 18,80$$

A seguir, na figura 5.2 tem-se a comparação entre a temperatura móvel coletada do ponto 5 e a estimada para os horários padrões, dia 29 de julho de 2004.



**Figura 5.2** Comparação entre a temperatura móvel coletada e a estimada – Ponto 5 – 29 de julho de 2005

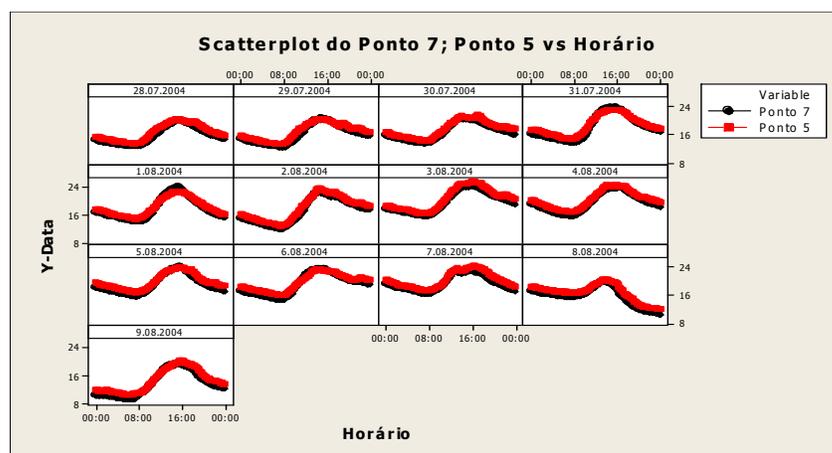
Deste modo, foi possível a correção de todos os pontos de medidas móveis nos período de inverno e verão. A seguir será descrita a análise para os pontos fixos.

### 5.1.2 Avaliação dos dados obtidos nos pontos fixos

Dando prosseguimento ao processo de tratamento dos dados, analisaram-se as leituras dos monitoramentos nos pontos fixos, para verificação de possíveis problemas. Assim, foi feita uma análise exploratória em todos os pontos nos dois períodos de coleta, inverno e verão.

Inicialmente, foi escolhido um ponto como referência na comparação dos dados. Para a escolha do local foram considerados os seguintes critérios: localização do equipamento, melhor proteção do equipamento com relação às intempéries e radiação e segurança do local. Assim, foi escolhido o ponto 7 (Rua Emilio Ribas com Rua Sampaio Ferraz) como referência.

A comparação entre os pontos monitorados e o ponto de referência foi feita com base no pressuposto que as variações da temperatura do ar ao longo das 24 horas de um dia, são repetidas durante os dias consecutivos, e podem ser representadas por uma onda aproximadamente senoidal. A figura 5.3 ilustra a comparação entre os pontos 5 e 7 nos períodos de inverno.



**Figura 5.3:** Comparação entre a temperatura do ar no ponto 5 e ponto 7, período de inverno de 2004

Através da análise exploratória em todos os pontos fixos pode-se verificar um bom comportamento das curvas diárias em todo o período de coleta, inverno e verão. Portanto, todos os pontos fixos foram incluídos nas análises. A seguir são descritas as análises da coleta de dados climáticos.

## ***5.2 Análise da coleta de dados climáticos***

Os dados climáticos levantados em diferentes pontos de medição no ambiente urbano possibilitaram a identificação de pequenas variações térmicas entre os locais de coleta. Para a análise dos resultados foi considerada a base de dados de temperaturas médias, máxima e mínima do ar, correspondendo a valores diários e médios dos dias de medição. Vale ressaltar que os pontos fixos foram coletados em um período maior, já que os equipamentos permitem um registro contínuo. Ressalta-se que para as análises dos móveis, todos os dias foram coletadas medições fixas.

Inicialmente as análises serão divididas por período de coleta, inverno e verão, posteriormente será feita uma discussão conjunta dos dados.

## **5.2.1 Período de inverno**

### **5.2.1.1 Condições climáticas no período de julho a agosto de 2004**

De acordo com Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climático (CPTEC, 2004a, 2004b) o clima da região sudeste no mês de julho de 2004 sofreu influência de duas massas de ar frio observadas, a segunda, que atuou a partir do dia 16, foi a que permaneceu por mais tempo sobre o continente. Com isso, na segunda quinzena esta massa provocou uma onda de frio que atingiu inicialmente o sul e oeste do País, e, posteriormente, atuou na faixa leste, desde a Região Sudeste até o norte do Nordeste, onde as temperaturas ficaram abaixo da média histórica, em até 4°C, em algumas áreas. No início do mês de agosto, persistiram condições semelhantes às observadas na segunda quinzena de julho. As temperaturas continuaram abaixo da média e as chuvas escassas em grande parte do Brasil. Os totais acumulados de chuvas foram inferiores a 50 mm, valores próximos às médias históricas.

No mês de agosto destacam-se os baixos índices de umidade relativa do ar registrados, especialmente na segunda quinzena. A região sudeste apresentou registros de umidade relativa inferior a 20% (CPTEC, 2004c, 2004d).

As medições ocorreram na segunda quinzena do mês de julho e início do mês de agosto, no período de 28 de julho a 9 de agosto. Nesse período não ocorreu nenhum registro de precipitações e os dias foram estáveis.

### **5.2.1.2 Comparação dos dados do centro urbano com a estação meteorológica**

Os dados obtidos com as medições dos pontos fixos foram comparados com dados registrados pela estação meteorológica do CEPAGRI (Estação Meteorológica do Centro de Pesquisa e Agricultura da UNICAMP), correspondentes ao mesmo período de observação.

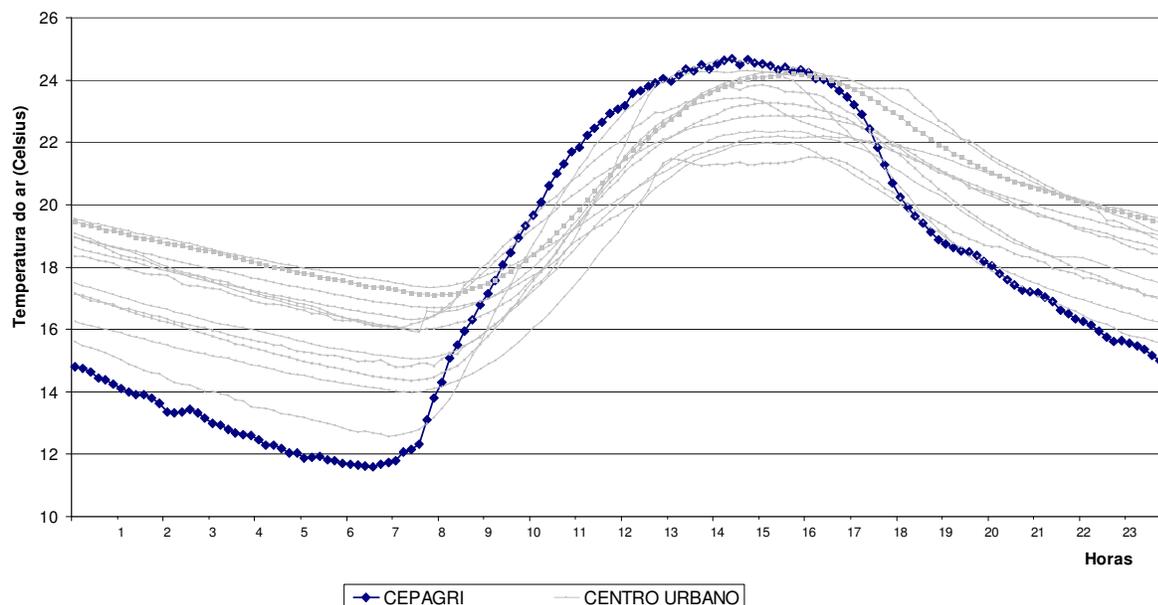
A tabela 5.5 mostra os valores médios de temperatura do ar mínima, máxima, amplitude térmica e umidade relativa do ar. Vale ressaltar que não foram coletados dados de umidade relativa em todos os pontos urbanos.

**Tabela 5.5:** Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 a 31 de julho e 01 a 08 de agosto de 2004

<b>Ponto</b>	<b>Temperatura do ar mínima (°C)</b>	<b>Temperatura do ar máxima (°C)</b>	<b>Amplitude térmica (°C)</b>	<b>Umidade relativa média (%)</b>
1	15,53	24,61	9,07	—
2	15,56	25,71	10,14	38,92
3	16,73	24,47	7,73	—
4	13,62	23,20	9,58	54,03
5	14,65	22,69	8,04	59,79
6	12,11	25,00	12,88	59,40
7	13,54	22,23	8,68	44,60
8	15,95	23,04	7,08	58,41
9	16,35	23,54	7,19	—
10	17,03	22,33	5,30	56,01
11	14,31	21,92	7,61	54,45
12	15,63	24,19	8,56	49,73
<b>Média dos pontos urbanos</b>	15,08	23,58	8,49	52,82
<b>CEPAGRI</b>	10,78	25,35	14,58	67,76

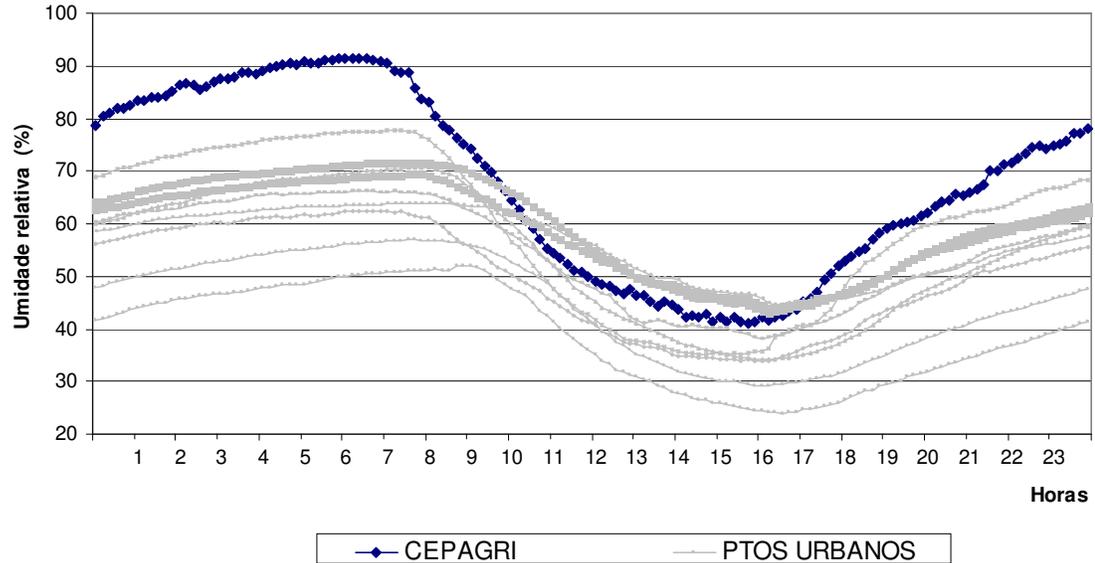
De um modo geral observa-se que as maiores diferenças de temperaturas encontradas entre a estação meteorológica e a área urbana se referem às temperaturas mínimas. A maior diferença foi entre o ponto 10 (17,03 °C) e a Estação (10,78 °C), apresentando uma variação de aproximadamente 7 °C. Com relação aos dados de temperatura média máxima observa-se pouca variação entre os pontos 2, 6 e a Estação CEPAGRI. No entanto, as maiores amplitudes térmicas foram registradas na estação CEPAGRI (14,58 °C), o que pode ser explicado pelo rápido resfriamento noturno da área onde se localiza a estação. Já com relação à umidade relativa a Estação CEPAGRI apresenta um índice 67,76%, comparado com 59,79% referente ao ponto 5 (maior registro de umidade relativa na área urbana).

A figura 5.4 evidencia a diferença entre as temperaturas mínimas e máximas, através da comparação da temperatura média horária do período analisado. Através destes dados pode-se inferir que a temperatura está relacionada ao processo de urbanização. Pela área de estudo ser urbanizada tem-se a redução da evaporação, maior rugosidade e a influência das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de construção, que contribuem para o armazenamento térmico durante o dia e impedem o rápido resfriamento noturno. Em contrapartida, na área onde está localizada a estação CEPAGRI, constata-se o rápido resfriamento noturno proveniente de uma ocupação menos densa e urbanizada.



**Figura 5.4:** Temperatura do ar em função do tempo - Médias horárias do período e 28 de julho a 9 de agosto de 2004. Pontos urbanos e Estação Meteorológica

Quanto aos dados horários de umidade relativa do ar (figura 5.5) percebe-se claramente que a variação da umidade do ar é maior na Estação Meteorológica. Observa-se que, tanto no período da madrugada, quanto no horário de resfriamento noturno, a Estação CEPAGRI registrou os maiores valores médios de umidade relativa do ar, em torno de 70 a 90%, enquanto os pontos urbanos oscilaram entre 40 e 70 %. Apenas no período da tarde, alguns pontos urbanos revelaram registros mais elevados de umidade. Estes pontos urbanos localizam-se próximo a regiões de fundo de vale. Este resultado pode ser explicado pelo processo de evapo-transpiração, já que a Estação CEPAGRI encontra-se próximo a grandes áreas permeáveis, fator que contribui para o aumento da umidade do ar, em relação a áreas altamente construídas e solo permeável dos pontos urbanos.



**Figura 5.5:** Umidade relativa em função do tempo - Média horária do período e 28 de julho a 9 de agosto de 2004. Pontos urbanos e Estação Meteorológica

A partir das análises observam-se diferenças significativas de temperatura do ar e umidade relativa entre o centro urbano e a Estação Meteorológica, no período de inverno. Com relação às diferenças entre as temperaturas mínimas, verificou-se um valor de aproximadamente 7 °C entre o centro urbano e a estação meteorológica.

### **5.2.1.3 Análise dos pontos fixos**

#### **5.2.1.3.1 Análise da temperatura do ar dos pontos fixos**

Os resultados das medições dos pontos fixos urbanos de temperatura do ar para o período de inverno são mostrados na tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 de julho a 08 de agosto de 2004

Ponto	Temperatura do ar mínima (°C)	Temperatura do ar máxima (°C)	Amplitude térmica (°C)
1	15,53	24,61	9,07
2	15,56	25,71	10,14
3	16,73	24,47	7,73
4	13,62	23,20	9,58
5	14,65	22,69	8,04
6	12,11	25,00	12,88
7	13,54	22,23	8,68
8	15,95	23,04	7,08
9	16,35	23,54	7,19
10	17,03	22,33	5,30
11	14,31	21,92	7,61
12	15,63	24,19	8,56

Os valores mínimos de temperatura do ar registraram uma variação máxima de aproximadamente 5 °C, entre o ponto 6 (12,11 °C, região de fundo de vale) e o ponto 10 (17,03 °C, região verticalizada). A proximidade de fundo de vale e córrego também contribuiu para o rápido resfriamento noturno nos pontos 11 e 5. Apesar do ponto 11 estar localizado em proximidade à região altamente edificada e alta taxa de impermeabilização do solo, provavelmente sofreu a influência da área livre de fundo de vale próxima ao córrego não canalizado. Já o ponto 5 também está localizado em proximidade a região de fundo de vale, porém com grande proximidade de área verde e solo permeável. Ainda apresentou valores baixos de temperatura do ar o ponto 4, desta vez, influenciado pelo entorno imediato com a presença de um parque urbano, com alta taxa de vegetação e presença de corpo d' água.

Já os pontos 1, 2, 3, 8, 9, 10 e 12 apresentaram maiores valores em temperaturas mínimas. Nesse caso, a localização destes em regiões com altas taxas

de impermeabilização do solo e áreas construídas, baixo índice de áreas verdes contribui para o armazenamento térmico durante o dia e impedindo o rápido resfriamento noturno.

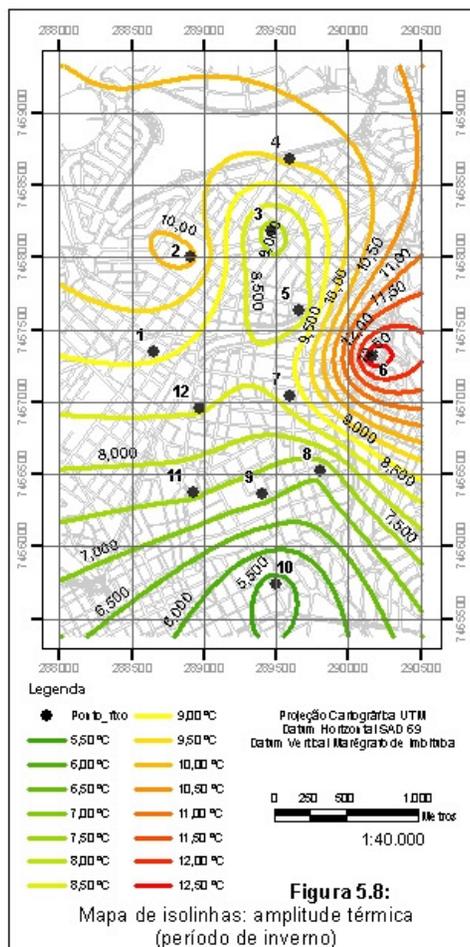
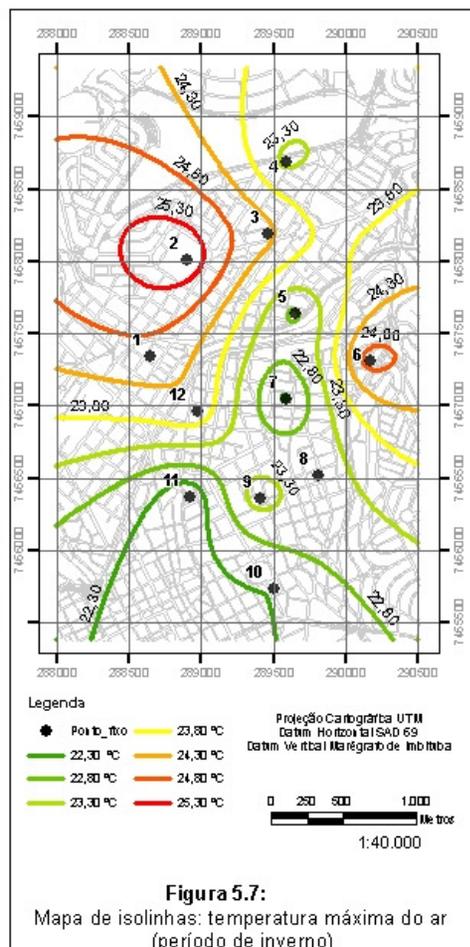
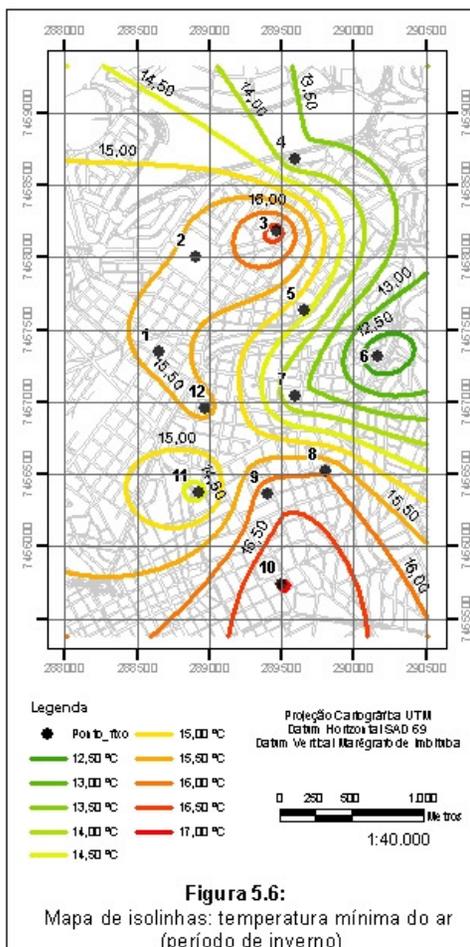
A temperatura máxima mais alta foi registrada no ponto 2 (21,71 °C), caracterizada por ser uma região com edificações predominantemente térreas, fator que contribui para um maior acesso solar. Também apresentou um índice alto o ponto 6, próximo a área aberta e região de fundo de vale. A variação das máximas apresentou uma diferença em torno de 3,80 °C, entre os pontos 2 e 11. Desta vez, mesmo o ponto 11 estando próximo à região de fundo de vale, durante o dia recebeu influência do entorno imediato. A presença de edificações altas dificultou a entrada do sol pelo sombreamento dos edifícios.

O restante das áreas apresentou um comportamento muito diverso nos valores de temperatura máxima. Constatou-se uma variação de 2 ° C entre os pontos 1, 3, 12, 4, 8, 9, 5, 7, 10 e 11.

A maior amplitude térmica ocorreu no ponto 6 (12,88 °C), que registrou as menores temperaturas mínimas e maior temperatura máxima. Com a proximidade de região de fundo de vale há um maior aquecimento diurno, por possibilitar um maior acesso solar. Por outro lado, possibilita um resfriamento noturno mais rápido. Em contrapartida, a região com alta taxa de verticalização (ponto 10) apresentou os menores valores de amplitudes térmicas, aproximadamente 5,31 °C. Neste caso, a presença predominante de edificações altas dificulta o acesso solar e contribuem para o armazenamento térmico durante o dia, impedindo o rápido resfriamento noturno.

Através do programa Surfer 8.0 foi possível elaborar os mapas de isolinhas de temperaturas do ar mínima, máxima e amplitude térmica (figura 5.6, 5.7, 5.8). A geração dos mapas de superfícies foi elaborado através do método de krigeagem. Como comentado anteriormente, nota-se através da figura 5.6 a tendência do aumento da temperatura mínima próximo ao ponto 10, e as menores ocorrências das mínimas na

proximidade do ponto 6. Já ao analisar as temperaturas máximas, figura 5.7, o ponto 6 apresentou maiores valores. Em consequência, o ponto 6 apresentou as maiores amplitudes, o que pode ser notado através da figura 5.8.



### **5.2.1.3.2 Análise da umidade relativa do ar dos pontos fixos**

A tabela 5.7 mostra os resultados médios de umidade relativa do ar para o período de inverno nos pontos fixos.

**Tabela 5.7:** Valores médios de umidade relativa do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 28 de julho a 08 de agosto de 2004

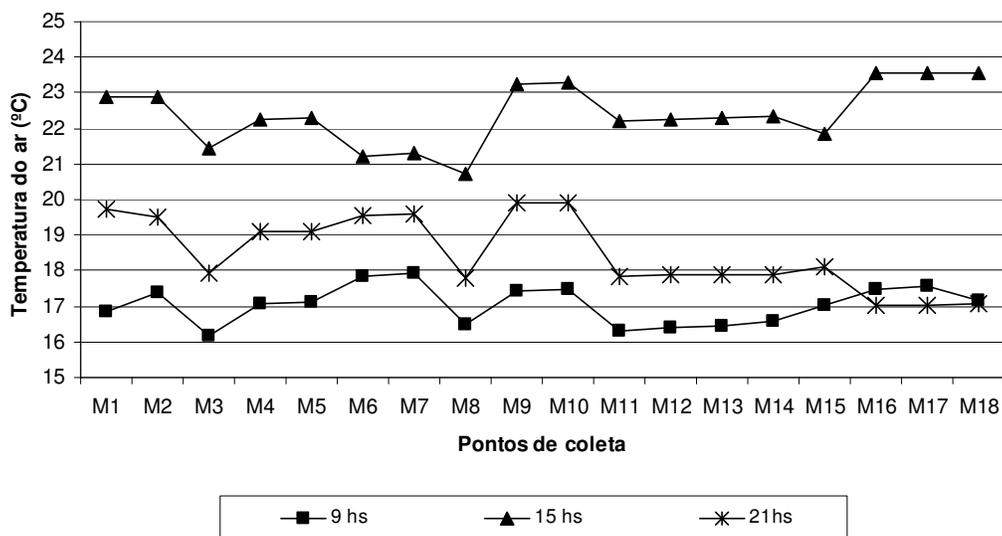
<b>Ponto</b>	<b>Umidade Relativa do ar (%) Média</b>	<b>Umidade Relativa do ar (%) Mínimas</b>	<b>Umidade Relativa do ar (%) Máxima</b>	<b>Amplitude</b>
2	38,92	23,34	54,18	30,85
4	54,03	33,53	71,51	37,98
5	59,79	42,29	72,64	30,35
6	59,40	33,13	78,92	45,78
7	44,60	28,73	58,05	29,32
8	58,41	42,95	70,18	27,22
10	56,01	43,42	65,44	22,02
11	54,45	36,55	68,39	31,84
12	49,73	32,19	63,84	31,65

Observou-se que os maiores valores médios de umidade relativa do ar foram registrados no ponto 5 e 6 (59,79%, 59,40% respectivamente) em comparação com o ponto 2 (38,92 %), que apresentou o menor valor. Estas diferenças encontradas nas médias podem ser atribuídas à proximidade de corpos d'água (ponto 5 e 6) e também à proximidade a concentração de vegetação (ponto 5), fatores que contribuem muito para o aumento da umidade do ar nos pontos 5 e 6.

### **5.2.1.4 Análise dos pontos móveis**

Após o tratamento dos dados das medições móveis, através do modelo de regressão linear múltipla, foi possível a correção dos horários de coleta para os horários padrões (9h, 15h e 21h). Desta forma, os dados climáticos levantados em diferentes

pontos de medição no ambiente urbano possibilitaram a identificação de algumas variações térmicas entre os locais de coleta. Para a análise dos resultados foram consideradas bases de dados de temperaturas médias do período de coleta. Uma observação detalhada dos dados referentes às medições móveis no período de inverno é mostrada na figura 5.9.



**Figura 5.9:** Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis – Período de 28, 29, 30 de julho e 02, 03 e 08 de agosto de 2004

De maneira geral, observa-se uma tendência de comportamento ao longo do transecto, nos três períodos de medições: manhã (9h), tarde (15h) e noite (9h).

O período da manhã foi o que apresentou menor variação de temperatura, aproximadamente 2 °C.

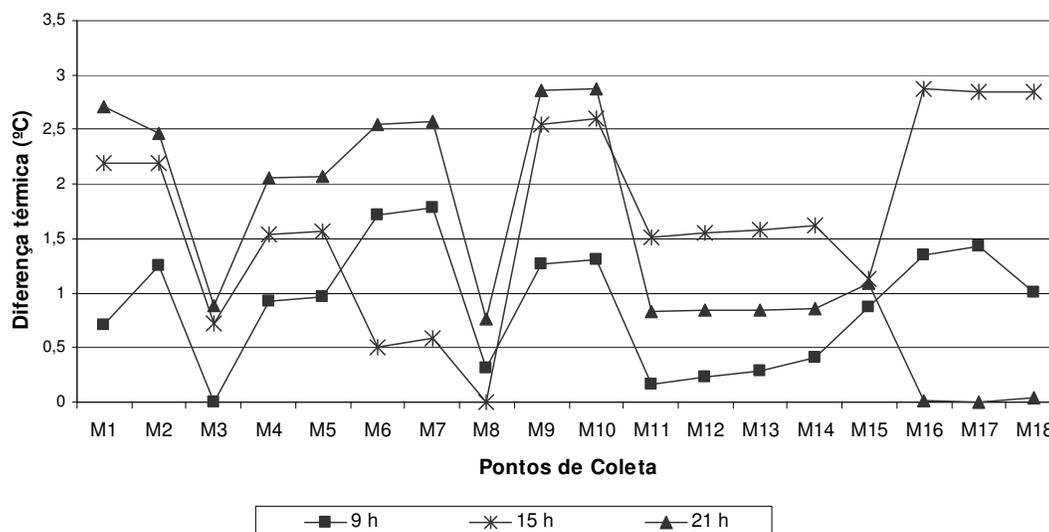
No período da tarde, os pontos 9 e 10 e 16 a 18 registraram as temperaturas mais elevadas. Nota-se que os dois grupos localizam-se em regiões de fácil acesso solar, o primeiro grupo, pontos 9 e 10, localiza-se em área predominantemente de 1 a 2

pavimentos; já o segundo grupo, 16 a 18, localiza-se em região de fundo de vale, avenida larga e também com predominância de edificações de 1 a 2 pavimentos. É importante salientar que os pontos localizados próximos a regiões verticalizadas (4, 5, 6, 7) apresentaram menores temperaturas durante este período. Pode-se inferir que o sombreamento dos edifícios dificultou a penetração do sol.

No período de resfriamento noturno é nítida a diferença de temperatura entre regiões edificadas (pontos 1, 2, 4 a 7, 9 e 10), regiões de fundo de vale (pontos 3, 8, 16 a 18) e na proximidade de parque urbano (pontos 11 a 15). Pontos localizados em regiões edificadas (ponto 10, 19,90 °C) apresentaram uma diferença térmica de 2,87°C comparadas com o ponto mais frio (ponto 17, 17,03 °C), localizado em região de fundo de vale. É interessante ressaltar o comportamento dos pontos localizados em regiões de fundo de vale (pontos 3, 8, 16 a 18) em todos os períodos. Verifica-se que os pontos 3 e 8 apresentaram o mesmo comportamento nos três períodos de análise, com pequena variação. Apesar de estarem localizados em regiões de fundo de vale, verifica-se a forte influência do entorno imediato atuando na diferenciação térmica dos pontos. Ou seja, a presença de edificações altas contribuiu para o sombreamento e dificultou a entrada do sol na região do ponto 8, nos períodos da manhã e tarde. E a proximidade de alta taxa de vegetação amenizou a temperatura nos períodos da manhã e tarde do ponto 3. Já nos períodos da manhã e tarde os pontos 16 a 18 registraram maiores temperaturas. Como comentado anteriormente, estes pontos (16 a 18) localizam-se próximo a regiões abertas com fácil acesso solar. Este mesmo comportamento pode ser verificado na análise dos pontos fixos localizados nestas regiões.

Com relação à intensidade de ilha de calor, foram analisadas as diferenças térmicas relativas entre os diversos locais coletados. Utilizou-se para as análises a metodologia adotada por Gómez et al. (1993) apud Brandão (2003), a qual estabelece as seguintes categorias: ilha de calor de fraca intensidade, quando as diferenças térmicas oscilam entre 0 e 2° C, ilha de calor moderada, quando as diferenças se

situam entre 2 e 4° C, ilha de calor de forte intensidade, quando as diferenças oscilam entre 4 e 6° C e ilha de calor de intensidade muito forte, quando as diferenças ultrapassam 6° C. Desta forma, a partir do ponto onde ocorreu menor valor de temperatura, no horário analisado, é possível obter a diferença térmica entre os pontos. A figura 5.10 mostra essas diferenças térmicas.



**Figura 5.10:** Diferenças térmicas entre os pontos de coleta de medidas móveis – Período de 28, 29, 30 de julho e 02, 03 e 08 de agosto de 2004

Observa-se que no período da manhã (9h) todos os pontos apresentaram intensidade fraca de ilha de calor, de 0 a 2 °C. Durante a tarde (15h) as áreas com edificações predominantemente de um a dois pavimentos (pontos 1, 2, 9, 10) e as regiões de fundo de vale (16, 17, 18), resultaram em intensidade moderada de ilha de calor. Estes locais estão mais expostos à radiação solar durante a tarde.

No período de resfriamento noturno as áreas mais quentes da cidade localizaram-se nos pontos 9 e 10, seguidos dos pontos 1, 2, 4, 5, 6, resultando em um gradiente de moderado de intensidade de ilha de calor. Estes pontos estão localizados

ora em áreas com edificações de 1 a 2 pavimentos (pontos 9, 10, 1, 2), ora em áreas verticalizadas (4, 5, 6), ambos com pouca cobertura vegetal, intensa movimentação de veículos, alta taxa de impermeabilização do solo, fatores que contribuem para intensificação da ilha de calor no período noturno. Importante observar a queda brusca nos pontos 16 a 18, que apresentam os menores valores.

#### ***5.2.1.5 Discussão dos resultados do período de inverno***

Nota-se que a presença de vegetação foi somente notada nas medições de medidas móveis, pois estas foram feitas na avenida lindeira ao parque. Em contrapartida, o ponto fixo próximo ao parque não apresentou um comportamento tão diferenciado. Já os pontos localizados em regiões de fundo de vale apresentaram comportamento semelhante tanto nas medidas móveis, quanto nas fixas. Observou-se também que as áreas de fundo de vale apresentaram diferenças térmicas significativas no ambiente urbano estudado. Nota-se que pontos localizados em áreas com a mesma configuração de uso e ocupação do solo apresentaram o mesmo desempenho.

A análise conjunta dos dados no período de inverno possibilitou apreender que a formação dos ambientes térmicos urbanos está diretamente associada aos aspectos da morfologia do seu entorno.

#### ***5.2.2 Período de verão***

### ***5.2.2.1 Condições climáticas no período de março de 2005***

De acordo com Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climático (CPTEC, 2005) o mês de fevereiro foi caracterizado por pouca chuva e temperaturas elevadas em grande parte do País, fatos que decorreram da interação entre situações atmosféricas locais e remotas. Neste mês, notou-se a intensificação da Zona de Convergência do Pacífico Sul – banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste sobre o Pacífico Tropical. Associada a esta intensificação, observou-se a formação de um bloqueio, com alta pressão no sul do continente sul-americano. A presença deste bloqueio contribuiu para diminuir o transporte de umidade da região amazônica para o sul do Brasil, para que os sistemas frontais não avançassem para o interior do País e para que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se posicionasse a leste de sua climatologia. Como consequência, a maior parte do País apresentou chuvas abaixo da média histórica. O início do mês de março apresentou comportamento semelhante ao de fevereiro, com pouca chuva e altas temperaturas.

As coletas do período de verão ocorreram nos dias 01 e 02 e 04 a 10 de março de 2005. As medições foram feitas em condições de céu claro, sem nebulosidade e ausência de precipitações, durante todo o período.

### ***5.2.2.2 Comparação dos dados do centro urbano com a estação meteorológica***

A estação meteorológica CEPAGRI localizada na Unicamp foi tomada como referência para o confronto com os parâmetros climáticos obtidos na área urbana. A tabela 5.8 compara os valores médios de temperatura do ar, umidade relativa e

amplitude térmica no CEPAGRI e nos pontos urbanos, no período de coleta de verão.

**Tabela 5.8:** Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e umidade relativa – Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2005

Ponto	Temperatura do ar mínima (°C)	Temperatura do ar máxima (°C)	Amplitude térmica (°C)	Umidade relativa média (%)
1	21,79	32,79	11,00	42,04
2	20,45	31,42	10,97	64,58
3	22,96	30,57	7,60	—
4	22,02	30,82	8,80	53,64
5	22,29	31,27	8,97	60,52
6	19,93	31,19	11,26	59,68
7	20,37	29,39	9,02	46,56
8	22,10	28,48	6,38	—
9	22,36	32,66	10,30	—
10	23,44	29,36	5,92	60,54
11	21,21	29,30	8,09	57,20
12	22,98	31,02	8,04	—
<b>Média dos pontos urbanos</b>	21,82	30,69	8,86	55,59
<b>CEPAGRI</b>	18,69	31,84	13,15	73,21

Na estação de verão, os valores de temperatura do ar e umidade apresentaram menores contrastes, quando comparados aos da estação de inverno. Comparativamente ao período de inverno, os pontos onde ocorreram as mais elevadas diferenças térmicas também apresentaram comportamentos similares no período de verão.

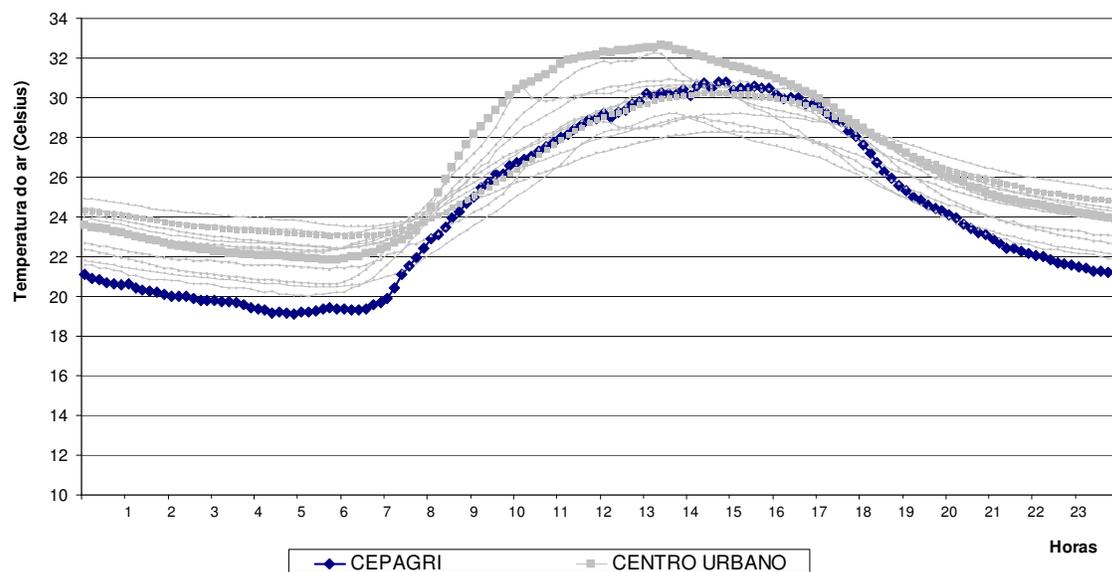
Como no inverno, as maiores diferenças térmicas referem-se às temperaturas mínimas. Novamente a maior diferença foi entre o ponto 10 (23,44 °C) e o CEPAGRI (18,69 °C), correspondendo à variação de 4,75 °C. E a menor diferença (variação de

1,27 °C) foi registrada entre o ponto 6 (19,93 °C ) e o CEPAGRI (18,69 °C). Mais uma vez, regiões de edificações mais densas (ponto 10) apresentaram maiores valores de temperaturas mínimas que regiões de fundo de vale (ponto 6).

Quanto à variação das temperaturas médias máximas, observou-se que os maiores valores foram registrados nos pontos urbanos 1 (32,79 °C) e ponto 9 (32,66 °C). Os da estação CEPAGRI (31,84 °C) são semelhantes aos dos pontos 2 (31,42 °C), 5 (31,27 °C), 6 (31,19 °C). Neste caso, a estação automática também apresentou comportamento análogo no período de inverno. Este comportamento semelhante da estação provavelmente está relacionado à localização dos pontos urbanos, proximidade de fundo de vale (pontos 5 e 6 ) e região com edificações predominantemente horizontais, que estão mais expostos à insolação durante a tarde.

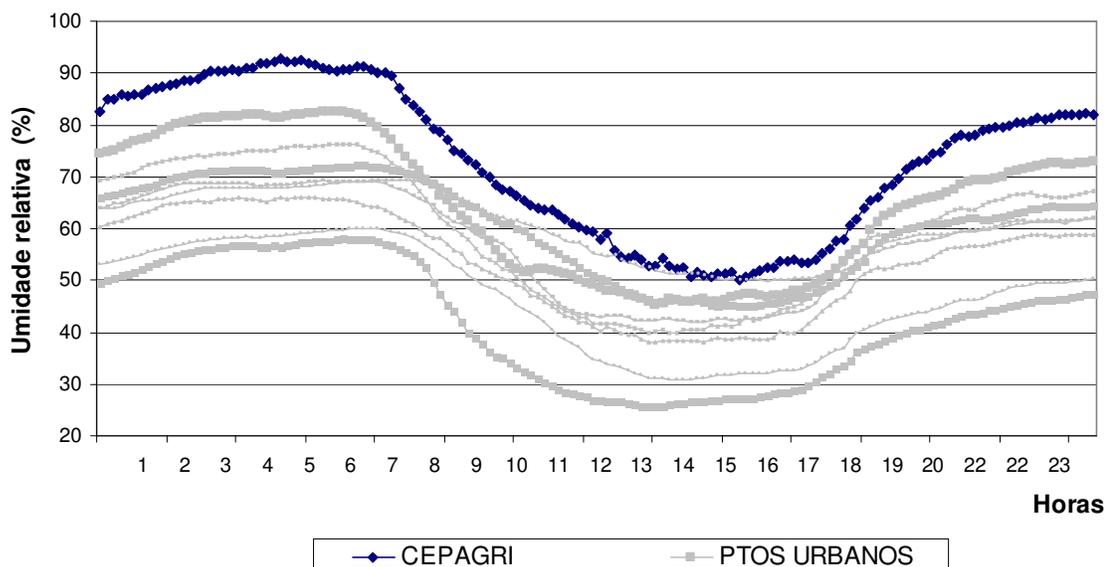
Assim como no inverno, as menores amplitudes foram registradas entre o ponto 10 (5,92 °C) e a estação CEPAGRI (13,15 °C), com uma variação de 7,23 °C. Como era de se esperar, a estação CEPAGRI apresentou o maior índice de umidade relativa do ar, 72,21 %.

Através da comparação da temperatura média horária do período é evidente o comportamento diferenciado da estação CEPAGRI e dos pontos localizados na cidade (figura 5.11). Percebe-se que as diferenças de temperaturas entre a estação e o centro urbano se acentuam no final do dia, indicando claramente a maior capacidade de armazenamento de calor e conservação de energia na área central da cidade.



**Figura 5.11:** Temperatura do ar em função do tempo - Médias horárias do período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2005. Pontos urbanos e Estação Meteorológica

Na análise da variação da umidade relativa do ar (figura 5.12) percebe-se que os valores obtidos na estação são sempre superiores aos dos pontos urbanos.



**Figura 5.12:** Umidade Relativa do ar em função do tempo - Médias horárias do período de 01,02, 04 a 10 de março de 2005. Pontos urbanos e Estação Meteorológica

Os resultados confirmam a expressiva diferença térmica entre os pontos urbanos e a estação de referência (rural circunvizinha). Comparando-se os períodos de inverno e verão, constatou-se que o último apresentou menores diferenças térmicas. Levando-se em conta a análise das temperaturas mínimas, de maiores contrastes, o período de inverno tem uma diferença de 7 °C entre área urbana e estação meteorológica, em comparação com 4,75 °C no período de verão. Sob todos os aspectos o período de inverno apresentou os maiores contrastes entre a área urbanizada central e estação de referência.

### 5.2.2.3 Análise dos pontos fixos

#### 5.2.2.3.1 Análise da temperatura do ar dos pontos fixos

No período de verão, as diferenças térmicas ocorreram sobretudo no período da madrugada (temperaturas mínimas), sendo pouco expressivas no período da tarde (temperaturas máximas). A tabela 5.9 mostra as temperaturas mínimas, máximas e amplitude térmica do período.

**Tabela 5.9:** Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica – Período de 01, 02, 04 a 10 de março de 2005

Ponto	Temperatura do ar mínima (°C)	Temperatura do ar máxima (°C)	Amplitude térmica (°C)
1	21,79	32,79	11,00
2	20,45	31,42	10,97
3	22,96	30,57	7,60
4	22,02	30,82	8,80
5	22,29	31,27	8,97
6	19,93	31,19	11,26
7	20,37	29,39	9,02
8	22,10	28,48	6,38
9	22,36	32,66	10,30
10	23,44	29,36	5,92
11	21,21	29,30	8,09
12	22,98	31,02	8,04

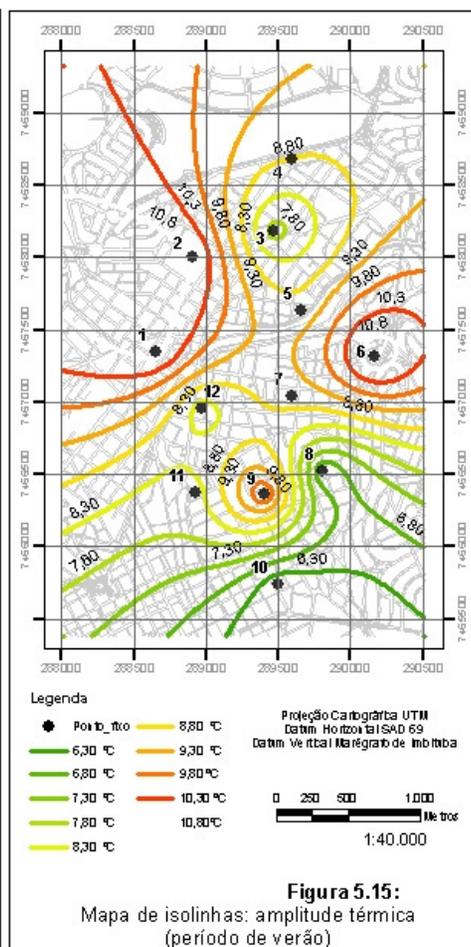
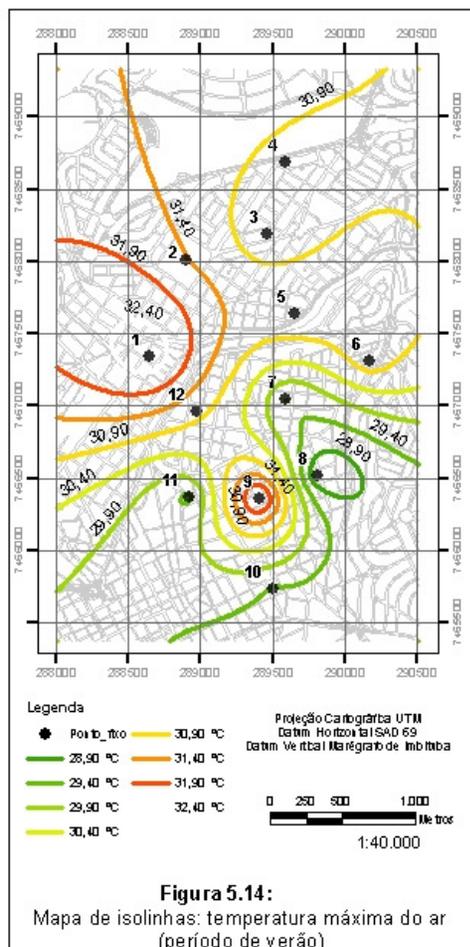
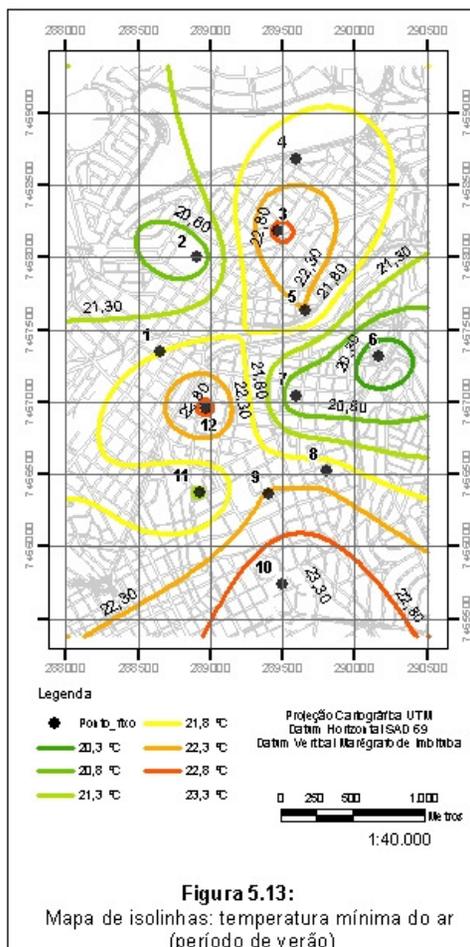
Verifica-se um comportamento semelhante na distribuição das diferenças térmicas na análise das temperaturas mínimas do período de inverno e verão, porém neste os contrastes foram menores. Como no inverno, os pontos 6 (19,93°C) e 10

(23,44 °C) apresentaram maior e menor temperatura mínima, respectivamente. A diferença térmica das temperaturas mínimas entre estes pontos foi de 3,51 °C, comparada com 5,00 °C no período de inverno. O restante dos pontos apresentou um comportamento bem diverso.

As temperaturas máximas não apresentaram o mesmo comportamento que no inverno. O ponto que apresentou o maior registro das máximas foi o ponto 1 (32,79 °C), região com edificações predominantemente de 1 a 2 pavimentos. Ressalta-se que no período de inverno, o ponto que apresentou a maior temperatura máxima foi o ponto 2, localizado bem próximo (aproximadamente 700 metros) e no mesmo bairro do ponto 1. O ponto 9 (32,66 °C) também apresentou uma temperatura máxima elevada, comportamento não esperado, pois localiza-se em área de alta densidade construída com proximidade de edificações altas. O menor registro das máximas foi no ponto 8 (28,48 °C), região com edificações de 1 a 2 pavimentos, intercaladas com edificações altas. A diferença das máximas foi de 4,31 °C (pontos 2 e 8), em comparação com 2,80 °C no período de inverno, entre os pontos 2 e 11.

A amplitude térmica no verão apresentou valores semelhantes aos do período de inverno, com pouca variação. Mais uma vez, o ponto 6 registrou a maior amplitude (11,26 °C), e o ponto 10 a menor com aproximadamente 5,92 °C. Esta variação no inverno foi de 12,88 °C no ponto 6, e 5,31 °C no ponto 10.

Através dos mapas de isolinhas, elaborado a partir do programa Surfer 9.0, observa-se a variação das temperaturas mínimas, máximas e amplitude térmica (figura 5.13, 5.14 e 5.15). Ao analisar as temperaturas mínimas, figura 5.13, verifica-se um aumento dos valores na proximidade do ponto 10, em contrapartida uma diminuição nas proximidades do ponto 6. Na análise das temperaturas máximas, figura 5.14, ressalta-se a tendência de menores valores na proximidade do ponto 10 e maiores valores no restante da área. Na amplitude térmica, figura 5.15, mais uma vez, destaca-se o comportamento dos pontos 10 e 6.



### 5.2.2.3.2 Análise da umidade relativa do ar dos pontos fixos

A tabela 5.10 mostra a variação da umidade relativa dos pontos fixos no período de verão. É importante observar que o remanejamento de equipamentos diminuiu a quantidade de medições de umidade relativa do ar no inverno.

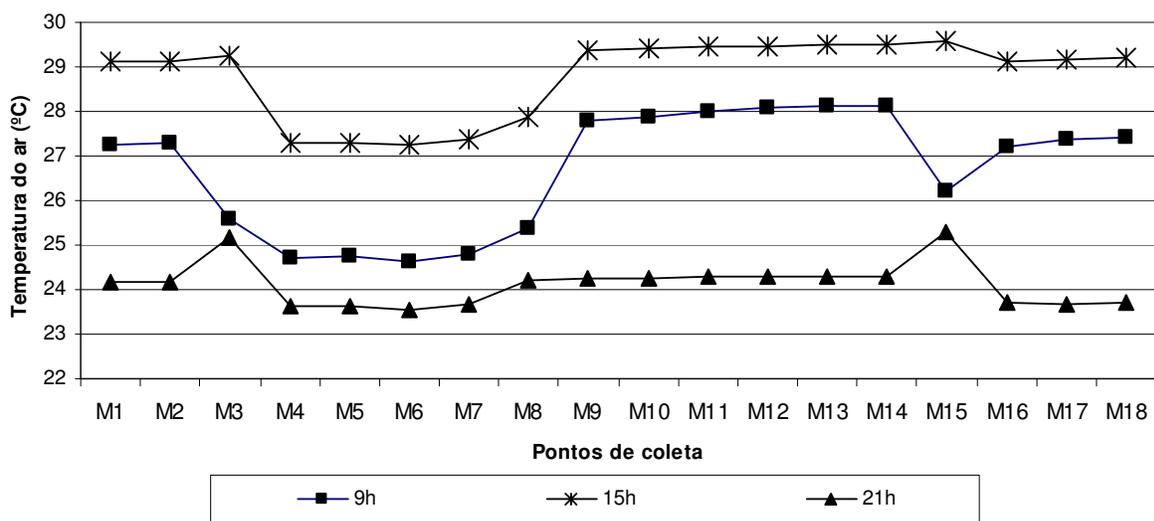
**Tabela 5.10:** Valores médios de umidade relativa do ar mínima e máxima, amplitude – Período de 01,02, 04 a 10 de março de 2005

Ponto	Umidade Relativa do ar (%)	Umidade Relativa do ar (%)	Umidade Relativa do ar (%)	Amplitude
	Média	Mínima	Máxima	
1	42,04	24,77	59,47	34,70
4	53,64	35,49	67,21	31,72
5	60,52	42,77	73,22	30,45
6	59,68	37,69	77,42	39,73
7	46,56	29,64	60,87	31,23
10	60,54	47,88	70,30	22,42
11	57,20	38,93	70,74	31,81

Parte dos resultados de umidade relativa do ar no período de verão apresentou comportamento semelhante no inverno. O menor registro neste período ocorreu no ponto 1 (42,04%), em comparação com o ponto 2 (38,92%) no período de inverno, localizado em região próxima. O ponto 5 apresentou o maior valor tanto no verão como no inverno, com aproximadamente 60,52% e 59,79% aproximadamente. Destaca-se que no verão a umidade relativa foi mais elevada que no inverno.

### 5.2.2.4 Análise dos pontos móveis

Os dados de medições móveis do período de verão também foram corrigidos através do modelo de regressão linear para os horários das 9h, 15h e 21h. A figura 5.16 mostra a temperatura do ar em todos os pontos de coleta nos três períodos.



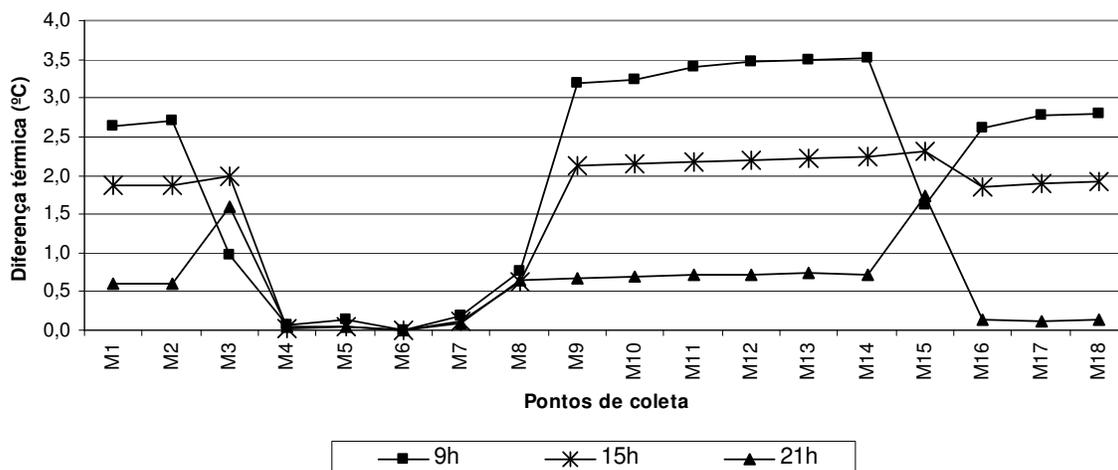
**Figura 5.16:** Relação entre a média de temperatura do ar e os pontos de medições móveis– Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2004

No período da manhã (9h) nota-se que os pontos localizados em regiões de fácil acesso solar (1 e 2, 9 a 14), ou seja, áreas de residências predominantemente térreas, foram os que aqueceram mais rapidamente. Em contrapartida, os pontos localizados em regiões verticalizadas (4 a 7), apresentaram temperaturas menores. Ao analisar o período da tarde verifica-se que esta tendência manteve-se constante.

Às 21 horas a variação de temperatura não foi significativa. Neste período é

interessante notar os pontos localizados em regiões de fundo de vale, pontos 16 a 18. Verifica-se que apesar destes apresentarem temperaturas mais elevadas durante o dia, às 21h mostraram rápido resfriamento. Avaliando-se a temperatura dos pontos fixos próximos, nota-se que estes contrastes irão se acentuar no período da madrugada, com as temperaturas mínimas. Portanto, infere-se que o processo de resfriamento noturno às 21 horas, no verão, ainda está sujeito a grandes modificações no decorrer da noite.

Quanto à intensidade de ilha de calor no período, mais uma vez, para as análises foi adotada a mesma metodologia. A figura 5.17 mostra as diferenças térmicas no período de verão.



**Figura 5.17:** Diferenças térmicas entre os pontos de coleta de medidas móveis– Período de 01 e 02, 04 a 10 de março de 2004

A configuração da ilha de calor no período de verão apresentou intensidade moderada no período da manhã e tarde, e fraca no período noturno.

Às 9 horas, como já comentado anteriormente, os pontos urbanos 1 e 2, 9 a 14 aqueceram mais rapidamente, portanto, apresentaram intensidade de ilha de calor

moderada. No período da tarde a intensidade moderada foi mantida, porém, com menor intensidade. Às 21 horas, os contrastes diminuíram apresentando uma fraca intensidade de ilha de calor.

#### ***5.2.2.5 Discussão dos resultados do período de verão***

O período de verão apresentou contrastes menores que o período de inverno. A maior diferença térmica das temperaturas mínimas entre os pontos foi de 3,51°C, comparada com 5°C no inverno. Ressalta-se o comportamento semelhante nos períodos de inverno e verão dos pontos 6 e 10, que apresentaram o maior e menor registro das temperaturas mínimas, respectivamente.

Com relação às medições moveis, o período de verão não apresentou variações significativas, comparadas com o inverno.

### **5.3 Delimitação e análise das Unidades Climáticas Urbanas da área de estudo**

De acordo com Tarifa e Armani (2001), a Unidade Climática Urbana (ou seja, unidade na diversidade ou na oposição de contrários) é caracterizada como um espaço onde pessoas vivem, trabalham, produzem e consomem, e que pode ser percebido pelo estudo dos atributos atmosféricos (temperatura, umidade, qualidade do ar, conforto térmico, enchentes, entre outros) e os controles (uso do solo, densidade populacional e de edificações, áreas verdes, favelas, fluxo de veículos). Neste sentido, o objetivo desta análise é delimitar as Unidades Climáticas Urbanas da área de estudo através do cruzamento dos valores dos atributos climáticos medidos com as características

associadas aos padrões de uso do solo.

Assim, para esta análise serão utilizados os dados climáticos do período de inverno. Esta opção foi embasada no fato desse período apresentar os maiores contrastes de temperatura. Assim, serão utilizados os dados de temperatura mínima, com diferenças térmicas significativas.

Para esta análise foi utilizado o banco de dados elaborado a partir do programa ArcGIS 9.2. A construção do banco de dados está detalhada no capítulo 4. Desta forma, através dos cruzamentos dos dados climáticos referentes às diferenças térmicas das temperaturas mínimas (figura 5.18), e as características dos padrões de uso do solo foi possível elaborar mapas de ocorrência de ilha de calor urbana.

Os mapas de ocorrência de ilha de calor foram inseridos na categoria temáticos, ou seja, foram definidas as classes de informações e estas foram associadas aos polígonos. Por exemplo, as classes de informações são as categoriais de ocorrência de ilha de calor (fraca intensidade, moderada, forte intensidade, de intensidade muito forte) que são associadas ao diversos polígonos (áreas verdes, materiais predominantes, uso do solo). Desta forma, é possível determinar as características de padrões de uso do solo onde ocorre ilha de calor na área de estudo. As figuras 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 mostram a ocorrência de ilha de calor em função da caracterização da verticalidade, das áreas verdes, dos materiais predominantes, da densidade populacional, da permeabilidade do solo, respectivamente.

Nota-se que o atributo que mais influenciou na ocorrência da ilha de calor foi a verticalidade, figura 5.19. Neste caso, a categoria ilha de calor de fraca intensidade apresentou baixo índice de edificações de mais de 6 pavimentos. Em contrapartida, observa-se um alto índice de verticalização na categoria de forte intensidade. Na categoria intermediária, intensidade moderada, nota-se claramente duas tendências: a área superior da classe com predominância de edificações de 1 a 2 pavimentos, e a

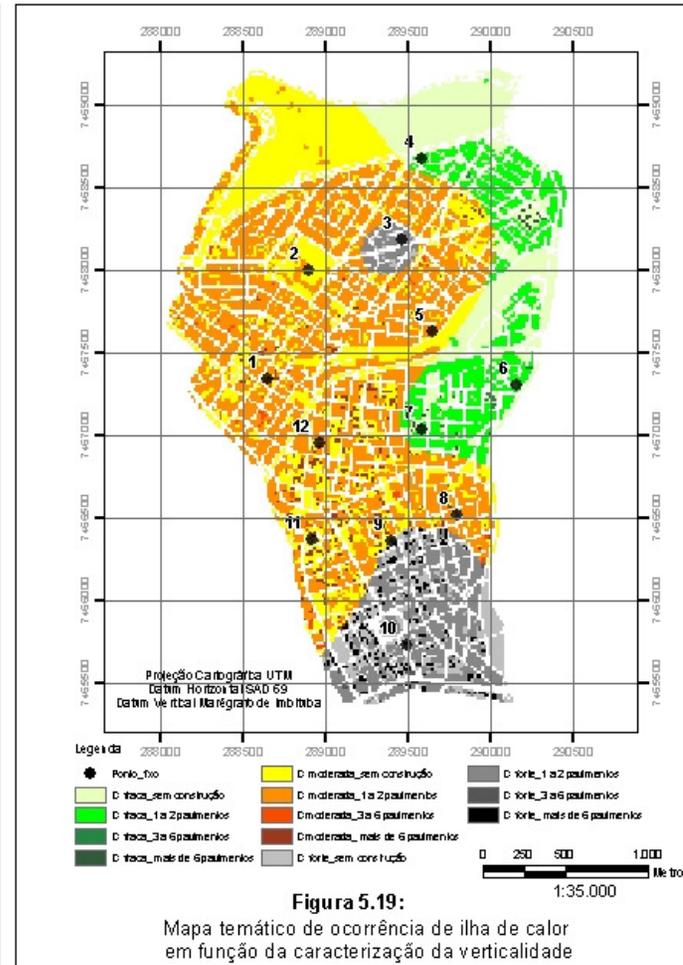
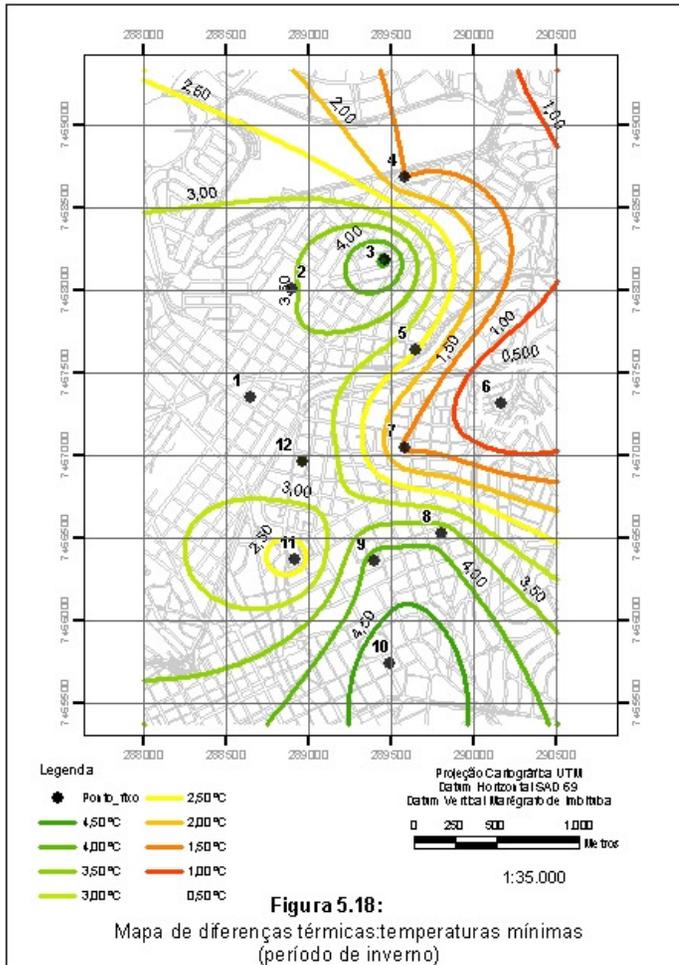
área inferior com alta concentração de edificações de mais de 6 pavimentos.

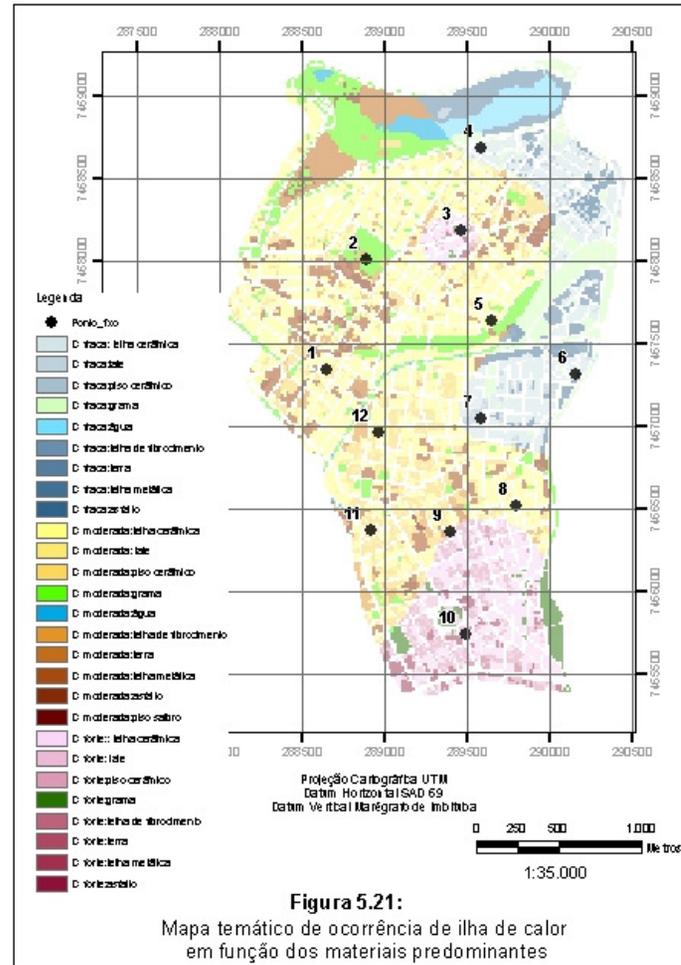
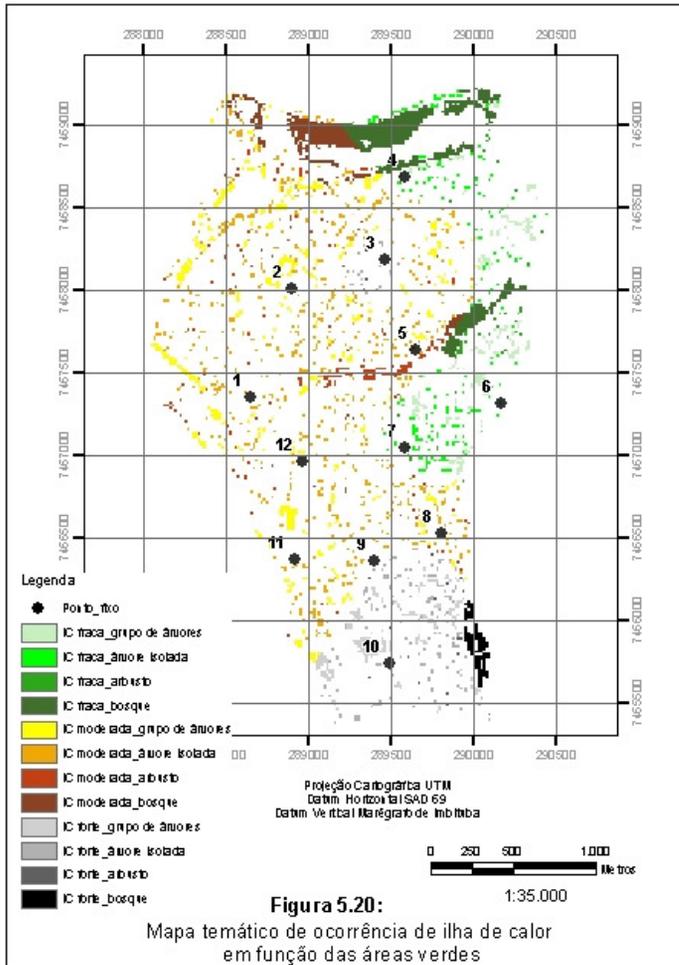
Com relação às áreas verdes, figura 5.20, verifica-se a forte influência da mata na configuração de fraca intensidade de ilha de calor. As árvores isoladas e os agrupamentos de árvores não influenciaram na configuração da ilha de calor nas demais categorias.

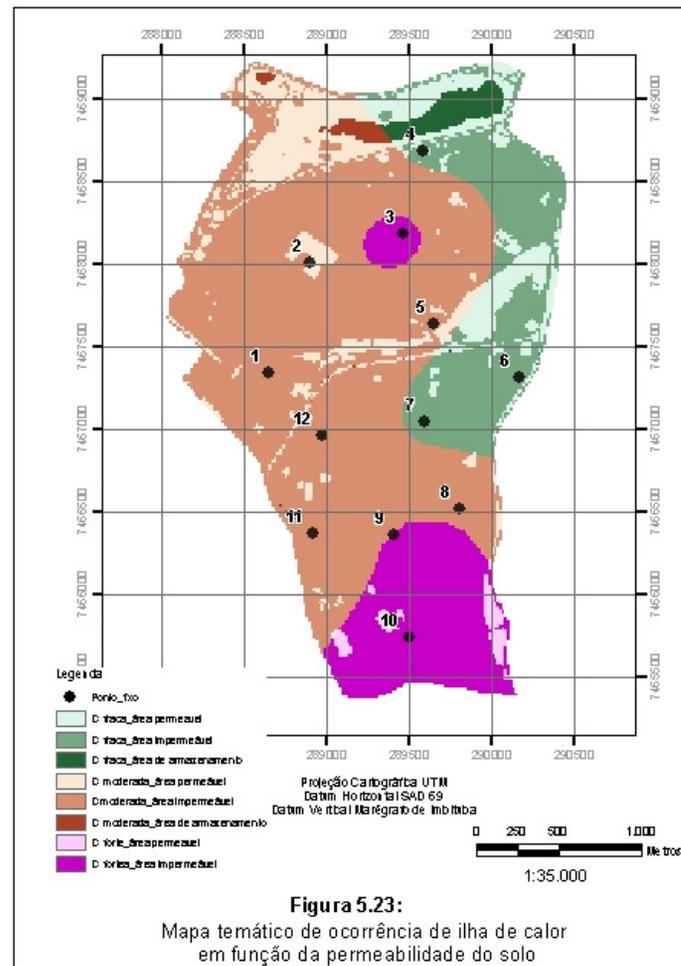
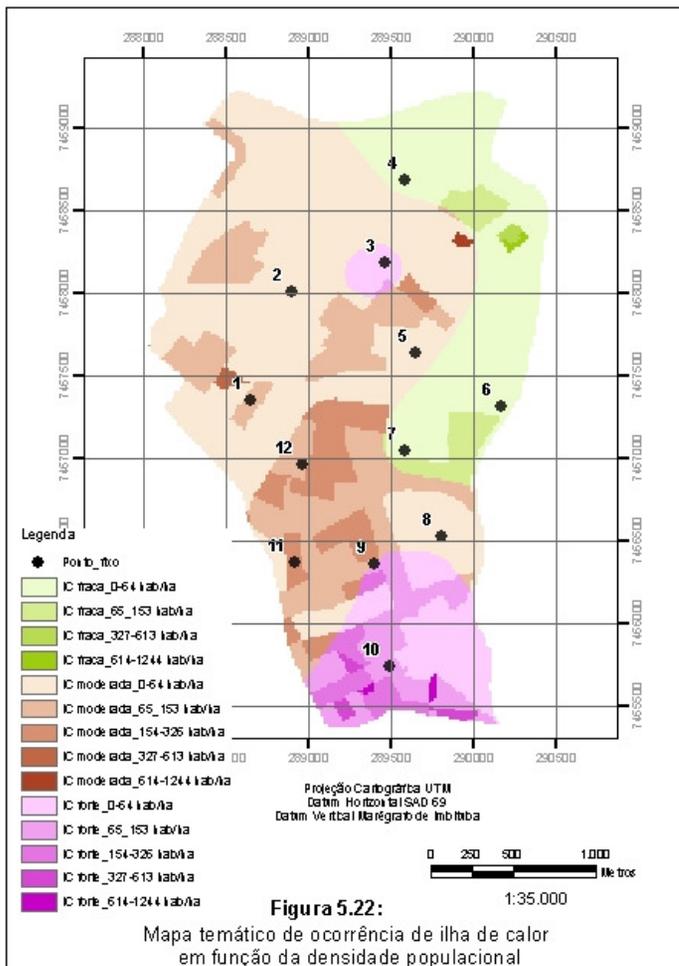
Ao analisar os materiais predominantes das superfícies, figura 5.21, a superfície de grama e a presença de água foram os atributos que se destacaram tanto na categoria de fraca intensidade como na categoria de intensidade moderada.

Quanto à densidade populacional, figura 5.22, observa-se que a categoria de fraca intensidade apresentou baixa densidade populacional. Já na intensidade moderada, mais uma vez, um comportamento segregado: parte da classe com baixa densidade e outra metade com alta densidade.

É interessante notar que os maiores índices de áreas permeáveis, figura 5.23, estão localizados na categoria de fraca intensidade de ilha de calor.

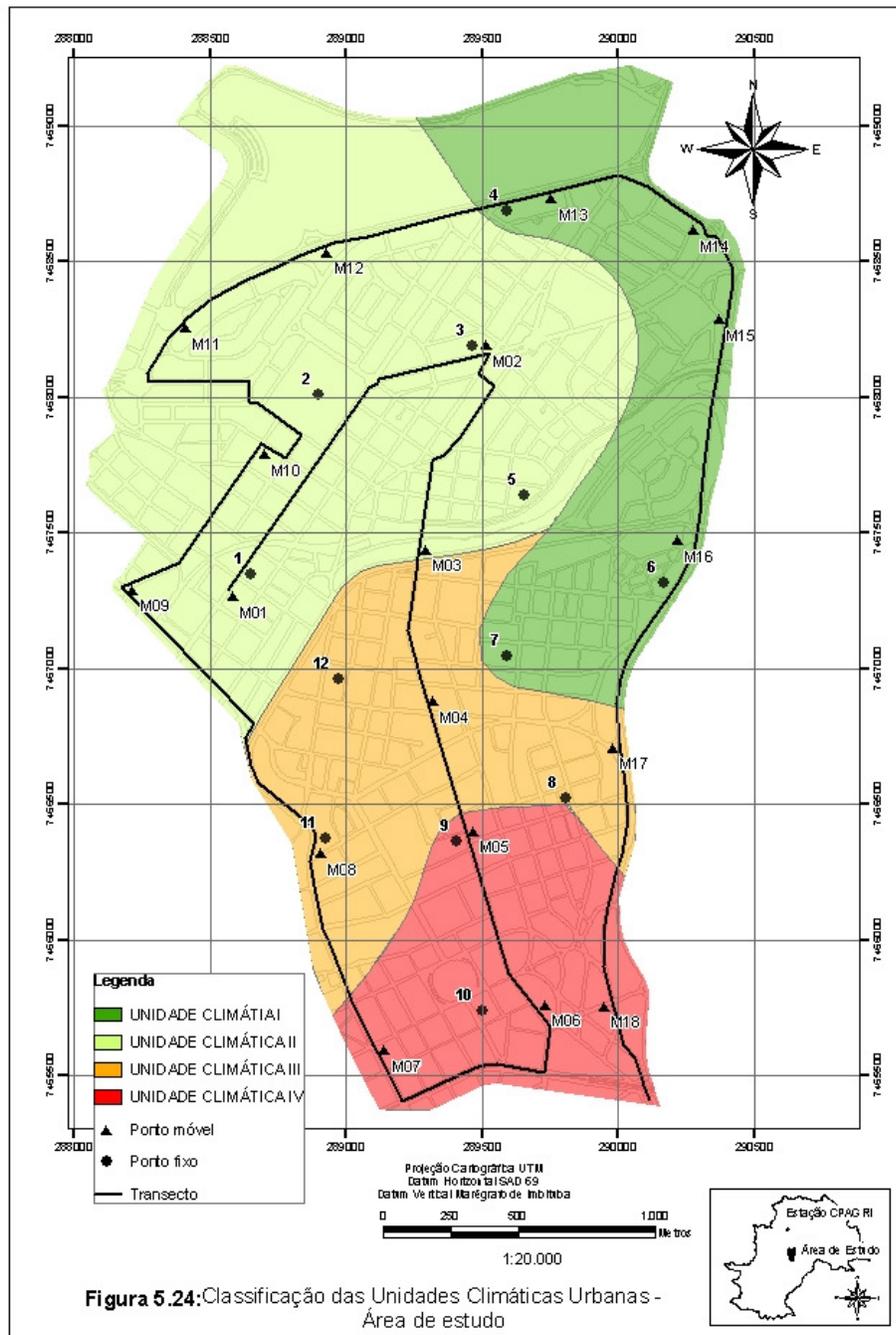






Assim a partir do comportamento das temperaturas mínimas do ar no inverno, associado aos padrões de uso do solo, foi possível interpolar os dados e delimitar as Unidades Climáticas Urbanas (figura 5.24). O quadro 5.1 mostra as características gerais da Unidades Climáticas .

No próximo capítulo são apresentadas as análises referentes à sensação térmica dos pedestres na área de estudo.



**Figura 5.24:** Classificação das Unidades Climáticas Urbanas - Área de estudo

**Quadro 5. 1:** Características gerais das Unidades climáticas urbanas

<b>Características da unidade</b>				
<b>UNIDADE CLIMÁTICA I</b>	<p>Área com predominância de edificações de 1 a 2 pavimentos, alto índice de áreas sem construção, presença de mata nativa, baixo índice de densidade populacional e alto índice de áreas permeáveis. Engloba parte do parque urbano, o qual contém uma lagoa e um bosque.</p>	<b>Categoria de intensidade de Ilha de Calor</b>		
		FRACA		
		Diferença térmica entre 0 e 2 °C		
		<b>Temperaturas médias coletadas (°C) – Faixa de variação</b>		
		Período de inverno		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		12,11 a 13,62	22,23 a 25,00	8,68 a 12,88
		Período de verão		
Mínimas	Máximas	Amplitude térmica		
19,93 a 22,02	29,39 a 31,19	8,80 a 11,26		
<b>Características da unidade</b>				
<b>UNIDADE CLIMÁTICA II</b>	<p>Área predominantemente com edificações de 1 a 2 pavimentos, com predominância de baixa densidade populacional intercaladas com concentrações de alta densidade nas regiões verticalizadas, alto índice de áreas impermeáveis exceto na região do parque urbano. A parte do parque que está inserida nesta unidade corresponde à região das quadras poliesportivas, áreas com vegetação rasteira, pequena parte do bosque e parte da lagoa</p>	<b>Categoria de intensidade de Ilha de Calor</b>		
		MODERADA		
		Diferença térmica entre 2 e 4 °C		
		<b>Temperaturas médias coletadas (°C) – Faixa de variação</b>		
		Período de inverno		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		14,65 a 16,73	22,69 a 25,71	7,73 a 10,14
		Período de verão		
Mínimas	Máximas	Amplitude térmica		
19,93 a 22,02	30,57 a 32,79	7,60 a 11,00		

**Quadro 5. 1 (continuação):** Características gerais das Unidades climáticas urbanas

<b>Características da unidade</b>				
<b>UNIDADE CLIMÁTICA III</b>	Região com alta concentração de edificações de mais de 6 pavimentos, esparsa concentração de grupos de árvores e árvores isoladas, alto índice de impermeabilidade e alta densidade populacional.	<b>Categoria de intensidade de Ilha de Calor</b> MODERADA Diferença térmica entre 2 e 4 °C		
		<b>Temperaturas médias coletadas (°C) – Faixa de variação</b>		
		Período de inverno		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		14,31 a 15,95	21,92 a 24,14	7,08 a 8,56
		Período de verão		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		21,21 a 22,98	28,48 a 31,02	6,38 a 8,09
<b>Características da unidade</b>				
<b>UNIDADE CLIMÁTICA IV</b>	Região com predominância de alta densidade de edificações de mais de 6 pavimentos, alto índice de impermeabilidade do solo, esparsa concentração de árvores isoladas e alguns grupos de árvores, presença de um pequeno bosque no limite da unidade, densidade populacional alta nas regiões verticalizadas e baixa em regiões com predominância de edificações térreas.	<b>Categoria de intensidade de Ilha de Calor</b> FORTE Diferença térmica entre 4 e 6 °C		
		<b>Temperaturas médias coletadas (°C) – Faixa de variação</b>		
		Período de inverno		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		16,35 a 17,03	22,33 a 23,54	5,30 a 7,19 °
		Período de verão		
		Mínimas	Máximas	Amplitude térmica
		22,33 a 23,44	29,36 a 32,66	5,92 a 10,30

## **6. ANÁLISE DA SENSAÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE NA ÁREA DE ESTUDO**

A coleta de dados com os pedestres da cidade foi feita através da aplicação de questionários, com o objetivo de avaliar o conforto térmico em espaços urbanos abertos. A pesquisa foi realizada durante o mês de fevereiro de 2005, período de verão, e julho de 2005, período de inverno. No período de verão, em fevereiro, foram realizadas entrevistas nos dias 1 (ponto 3) , 9 (ponto 1), 10 (ponto 4), 11 (ponto 5) e 12 (ponto 2). No período de inverno, em julho, foram realizadas entrevistas nos dias 6 (ponto 5), 7 (ponto 3), 8 (ponto 1), 9 (ponto 2), e 11 (ponto 4). Como descrito no capítulo 4, a coleta de dados foi realizada em dois horários: entre 12:30h e 13:30h, entre 16:30h e 17:30h. O questionário completo encontra-se no apêndice 01.

## 6.1 Características gerais da amostra

O tratamento dos dados visou identificar, em todos os questionários utilizados, somente aqueles preenchidos corretamente. Como o próprio pesquisador anotava tanto os dados das entrevistas, como os dados climáticos no horário de aplicação dos questionários, a maior parte dos questionários aplicados foi efetivamente utilizado para as análises. As tabelas 6.1 e 6.2 descrevem o tamanho da amostra nos dois períodos de coleta, verão e inverno.

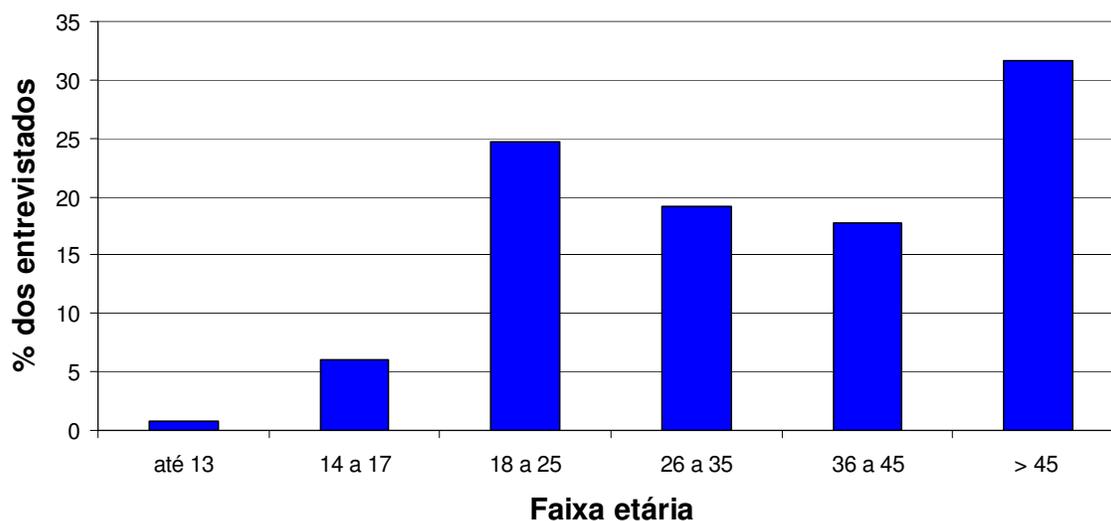
**Tabela 6.1:** Tamanho da amostra. Período de verão

Data de coleta	Ponto	Horário de coleta		Total período
		Entre 12:30 e 13:30 h	Entre 16:30 e 17:30 h	
09/02/2005	1	47	45	92
12/02/2005	2	36	36	72
01/02/2005	3	42	42	84
10/02/2005	4	39	36	75
11/02/2005	5	34	44	78
	<b>Total</b>	198		
	<b>Total</b>		203	
	<b>Total Verão</b>			401

**Tabela 6.2:** Tamanho da amostra. Período de inverno

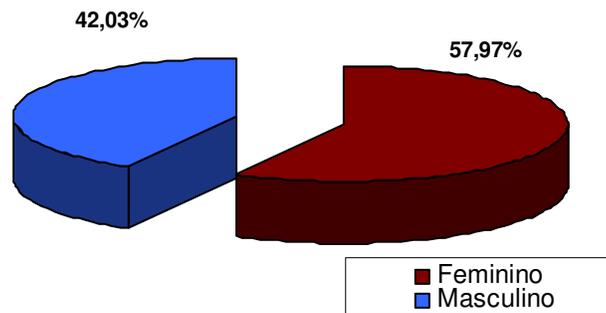
Data de coleta	Ponto/Período	Horário de coleta		
		Entre 12:30 e 13:30 h	Entre 16:30 e 17:30 h	Total período
08/07/2005	1	40	40	80
09/07/2005	2	33	33	66
07/02/2005	3	41	39	80
11/02/2005	4	40	35	75
06/02/2005	5	35	41	76
	<b>Total Almoço</b>	189		
	<b>Total Tarde</b>		188	
	<b>Total Inverno</b>			377

A figura 6.1 mostra a estratificação da amostra por faixa etária. Nota-se um baixo índice de adolescente (14 a 17 anos) e crianças (até 13 anos), Com relação aos adolescentes, este grupo não apresentou boa vontade para responder aos questionários, quanto às crianças, não foi esse o enfoque da pesquisa.



**Figura 6.1:** Distribuição da amostra por faixa etária

Com relação ao gênero dos entrevistados nota-se um equilíbrio nos dois níveis, masculino e feminino. A figura 6.2 ilustra a freqüência relativa do gênero dos entrevistados.



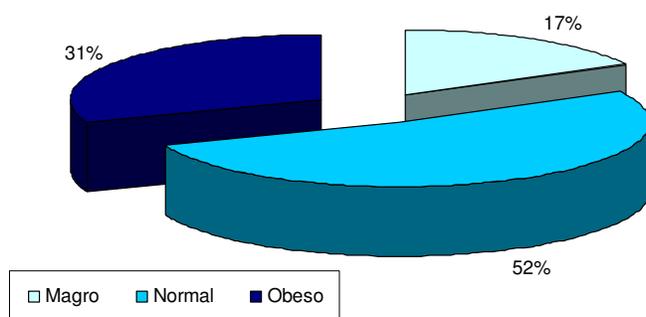
**Figura 6.2:** Distribuição da freqüência relativa do gênero dos entrevistados

Com o objetivo de verificar se o peso do indivíduo influencia na sensação de conforto térmico, foi calculado o índice de massa corpórea. Este índice estabelece uma relação entre a altura e o peso do indivíduo e indica um parâmetro de massa corporal. Para este estudo foi utilizado o IMC (índice de massa corpórea). Após o cálculo do índice a amostra foi dividida em 3 categorias: magro, normal e obeso como descrito abaixo:

$$\text{IMC} = \text{Peso}/\text{Altura}^2$$

- Se o  $\text{IMC} \leq 20$  a amostra recebe a classificação de magro.
- Se  $20 < \text{IMC} \leq 25$  a amostra recebe a classificação de normal
- Se  $\text{IMC} > 25$  a amostra recebe a classificação de obeso.

A figura 7.3 ilustra a freqüência dos entrevistados com relação ao índice de massa corpórea.



**Figura 6.3:** Distribuição da frequência relativa ao índice de massa corpórea

Quanto às outras variáveis, em todos os questionários aplicados foram anotadas as variáveis ambientais, vestimentas e atividade exercida no momento da entrevista, calculando-se posteriormente a média para cada período de coleta. As tabelas 6.3, 6.4 e 6.5 mostram a caracterização destas variáveis em todos os períodos de coleta.

**Tabela 6.3:** Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de verão.

	Ponto	1	2	3	4	5	12:30h /13:30h	16:30h /17:30h	Verão
<b>Vestimenta (clo)</b>									
média		0,44	0,35	0,44	0,47	0,43	0,43	0,42	0,43
desvio padrão		0,32	0,27	0,59	0,33	0,21	0,11	0,12	0,12
mínimo		0,20	0,20	0,10	0,10	0,40	0,15	0,20	0,15
mediana		0,45	0,35	0,45	0,48	0,43	0,44	0,43	0,43
máximo		1,60	1,00	2,00	1,50	1,00	0,74	0,79	0,79
<b>Taxa de Metabolismo (Met)</b>									
média		1,66	1,94	1,78	1,86	1,87	1,77	1,85	1,81
desvio padrão		0,37	0,76	0,31	0,17	0,21	0,41	0,43	0,42
mínimo		1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00
mediana		1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
máximo		1,90	3,40	2,40	1,90	2,40	3,40	2,80	3,40
<b>Temp. de Bulbo Seco (°C)</b>									
média		28,78	28,18	29,48	29,19	30,10	29,45	28,83	29,13
desvio padrão		0,70	1,28	1,40	0,76	0,54	1,17	1,08	1,17
mínimo		27,20	25,40	26,70	27,40	29,30	27,20	25,40	25,40
mediana		28,90	28,35	29,55	29,30	30,00	29,40	29,20	29,30
máximo		29,80	30,40	32,20	30,20	30,90	32,20	30,90	32,20
<b>Temp. Radiante Média (°C)</b>									
média		30,06	30,11	33,47	29,55	31,88	30,42	31,56	30,99
desvio padrão		3,54	3,67	5,63	1,88	2,76	3,41	4,45	4,01
mínimo		19,50	22,30	27,80	27,40	28,30	22,30	19,50	19,50
mediana		29,10	30,30	30,90	28,70	31,40	30,30	30,10	30,30
máximo		44,10	35,90	46,80	36,60	36,90	44,10	46,80	46,80
<b>Velocidade do ar (m/s)</b>									
média		0,64	0,53	0,73	0,46	0,65	0,51	0,70	0,60
desvio padrão		0,32	0,27	0,59	0,33	0,21	0,27	0,45	0,38
mínimo		0,20	0,20	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10
mediana		0,55	0,60	0,50	0,35	0,50	0,50	0,60	0,50
máximo		1,60	1,00	2,00	1,50	1,00	1,30	2,00	2,00
<b>Umidade Relativa (%)</b>									
média		33,21	50,89	50,32	35,52	35,83	40,41	41,38	40,90
desvio padrão		2,22	3,29	3,52	1,21	1,58	6,56	9,51	8,19
mínimo		29,20	41,90	41,90	33,00	32,90	32,90	29,12	29,20
mediana		33,00	50,80	50,38	35,20	36,40	36,40	36,60	36,50
máximo		36,80	59,20	55,40	39,40	37,60	36,50	36,60	36,50

**Tabela 6.4:** Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Período de inverno.

	Ponto	1	2	3	4	5	12:30h /13:30h	16:30h /17:30h	Verão
<b>Vestimenta (clo)</b>									
	<b>média</b>	0,84	0,66	0,84	0,69	0,73	0,76	0,75	0,76
	<b>desvio padrão</b>	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,15	0,14
	<b>mínimo</b>	0,43	0,38	0,27	0,38	0,43	0,38	0,27	0,27
	<b>mediana</b>	0,83	0,62	0,83	0,70	0,71	0,80	0,79	0,80
	<b>máximo</b>	1,30	0,88	1,15	0,88	1,03	1,15	1,30	1,30
<b>Taxa de Metabolismo (Met)</b>									
	<b>média</b>	1,74	1,68	1,76	1,82	1,73	1,74	1,75	1,75
	<b>desvio padrão</b>	0,30	0,44	0,29	0,23	0,34	0,35	0,30	0,33
	<b>mínimo</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>mediana</b>	1,90	1,90	1,90	1,90	1,090	1,90	1,90	1,90
	<b>máximo</b>	1,90	2,40	1,90	1,90	1,90	2,40	2,40	2,40
<b>Temp. de Bulbo Seco (°C)</b>									
	<b>média</b>	18,21	19,63	15,54	23,38	20,01	19,76	18,81	19,28
	<b>desvio padrão</b>	0,69	0,81	0,86	0,39	1,51	2,81	2,60	2,75
	<b>mínimo</b>	16,80	17,90	14,10	22,30	17,70	14,10	14,70	14,10
	<b>mediana</b>	18,45	19,60	15,50	23,40	19,50	20,00	18,45	18,90
	<b>máximo</b>	18,90	21,00	17,30	23,90	22,50	23,50	23,90	23,90
<b>Temp. Radiante Média (°C)</b>									
	<b>média</b>	21,20	21,00	18,43	24,36	22,90	22,82	20,27	21,55
	<b>desvio padrão</b>	3,81	2,01	3,65	1,49	3,08	3,16	3,58	3,60
	<b>mínimo</b>	15,10	17,60	13,00	21,50	18,10	16,20	13,00	13,00
	<b>mediana</b>	22,00	20,50	17,80	21,50	21,50	23,80	20,80	21,50
	<b>máximo</b>	27,00	24,00	26,70	27,30	31,00	31,00	27,00	31,00
<b>Velocidade do ar (m/s)</b>									
	<b>média</b>	1,90	0,23	0,68	0,05	0,32	0,63	0,69	0,66
	<b>desvio padrão</b>	0,30	0,20	0,21	0,16	0,18	0,68	0,74	0,71
	<b>mínimo</b>	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>mediana</b>	2,00	0,20	0,60	0,00	0,40	0,50	0,40	0,40
	<b>máximo</b>	2,00	0,60	1,00	0,60	0,70	2,00	2,00	2,00
<b>Umidade Relativa (%)</b>									
	<b>média</b>	55,31	50,06	58,15	48,12	63,57	54,84	55,62	55,23
	<b>desvio padrão</b>	1,83	1,48	3,26	2,63	3,48	5,15	6,99	6,14
	<b>mínimo</b>	53,60	47,30	54,20	43,20	57,30	47,30	43,20	43,20
	<b>mediana</b>	54,90	49,50	57,30	49,60	65,10	54,10	54,20	54,20
	<b>máximo</b>	59,70	54,10	63,30	52,00	68,30	63,30	68,30	68,30

**Tabela 6.5:** Caracterização das variáveis pessoais e ambientais. Total da amostra. Períodos de verão e inverno.

	Ponto	1	2	3	4	5	12:30h /13:30h	16:30h /17:30h	Total
<b>Vestimenta (clo)</b>									
	<b>média</b>	0,63	0,50	0,63	0,58	0,59	0,60	0,58	0,59
	<b>desvio padrão</b>	0,23	0,20	0,23	0,15	0,19	0,21	0,21	0,21
	<b>mínimo</b>	0,22	0,15	0,23	0,23	0,26	0,15	0,20	0,15
	<b>mediana</b>	0,61	0,51	0,56	0,55	0,59	0,56	0,55	0,55
	<b>máximo</b>	1,30	0,88	1,15	0,88	1,03	1,15	1,30	1,30
<b>Taxa de Metabolismo (Met)</b>									
	<b>média</b>	1,70	1,81	1,77	1,84	1,80	1,76	1,80	1,78
	<b>desvio padrão</b>	0,34	0,64	0,30	0,20	0,30	0,38	0,37	0,38
	<b>mínimo</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	<b>mediana</b>	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
	<b>máximo</b>	1,90	3,40	2,40	1,90	2,40	3,40	2,80	3,40
<b>Temp. de Bulbo Seco (°C)</b>									
	<b>média</b>	23,86	24,09	22,68	26,43	24,85	24,72	24,01	24,36
	<b>desvio padrão</b>	5,33	4,42	7,08	2,98	5,18	5,30	5,38	5,35
	<b>mínimo</b>	16,80	17,90	14,10	22,30	17,70	14,10	14,70	14,10
	<b>mediana</b>	27,55	25,50	26,70	27,40	22,25	27,40	26,20	26,70
	<b>máximo</b>	29,80	30,40	32,00	30,20	20,90	21,20	20,90	32,20
<b>Temp. Radiante Média (°C)</b>									
	<b>média</b>	25,94	25,75	26,13	27,09	27,21	26,71	26,13	26,42
	<b>desvio padrão</b>	5,74	5,45	8,91	3,11	5,36	5,03	6,95	6,07
	<b>mínimo</b>	15,10	17,60	13,00	21,50	18,10	16,20	13,00	13,00
	<b>mediana</b>	27,40	24,00	27,50	27,40	28,30	27,30	27,40	27,30
	<b>máximo</b>	44,10	35,90	46,80	36,60	36,90	44,10	46,80	46,80
<b>Velocidade do ar (m/s)</b>									
	<b>média</b>	1,22	0,39	0,70	0,27	0,48	0,57	0,70	0,63
	<b>desvio padrão</b>	0,70	0,28	0,45	0,33	0,26	0,52	0,61	0,70
	<b>mínimo</b>	0,20	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>mediana</b>	1,00	0,35	0,60	0,20	0,50	0,50	0,50	0,50
	<b>máximo</b>	2,00	1,00	2,00	1,50	1,00	2,00	2,00	2,00
<b>Umidade Relativa (%)</b>									
	<b>média</b>	43,49	50,50	54,14	41,50	50,27	47,46	48,23	47,85
	<b>desvio padrão</b>	11,24	2,61	5,18	6,62	14,17	9,33	11,00	10,20
	<b>mínimo</b>	29,20	41,90	41,90	33,00	32,90	32,90	29,20	29,20
	<b>mediana</b>	36,50	50,80	54,30	37,40	57,60	49,50	51,30	49,60
	<b>máximo</b>	59,70	59,20	63,30	52,00	68,30	63,30	68,30	68,30

Nota-se que no período de verão, tanto a resistência térmica da vestimenta (clo), quanto a taxa de metabolismo (met) apresentaram pouca diferença na média entre os pontos de coleta. A temperatura de bulbo seco também não apresentou muita variação neste período, aproximadamente uma diferença de 1,92 °C, entre o ponto de menor temperatura (ponto 2; 28,18 °C) e o ponto mais quente (ponto 5; 30,10 °C). Vale ressaltar que o ponto 3 caracterizou-se por ser o ponto com maior valor de velocidade do vento, média aproximada de 0,73 m/s. Com relação à umidade relativa, os pontos 2 e 3 foram os mais úmidos.

No período de inverno, a vestimenta e metabolismo também apresentaram médias próximas. Já a temperatura de bulbo seco apresentou uma alta variação, aproximadamente 7,84 °C, entre o ponto 3 (15,54 °C), menor temperatura do ar, e o ponto 4 (23,38 °C), maior temperatura do ar. Neste período a umidade relativa apresentou pouca variação entre os pontos.

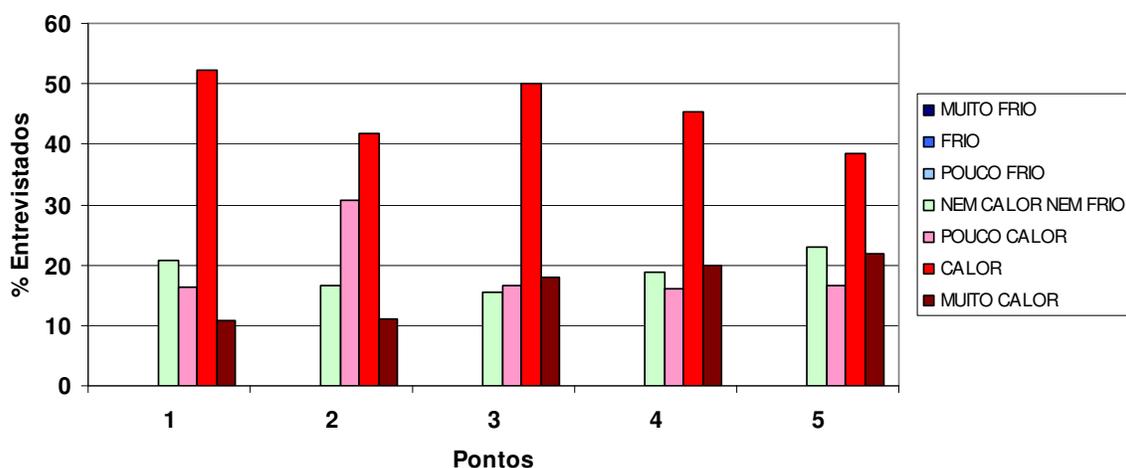
### ***6.1.1 Características gerais das variáveis respostas: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.***

Como um dos objetivos do trabalho é avaliar o conforto térmico dos pedestres em espaços urbanos abertos, o questionário aplicado contemplou três questões sobre este assunto. O quadro 6.1 mostra as questões do questionário direcionadas ao conforto térmico e suas variáveis relacionadas para as análises.

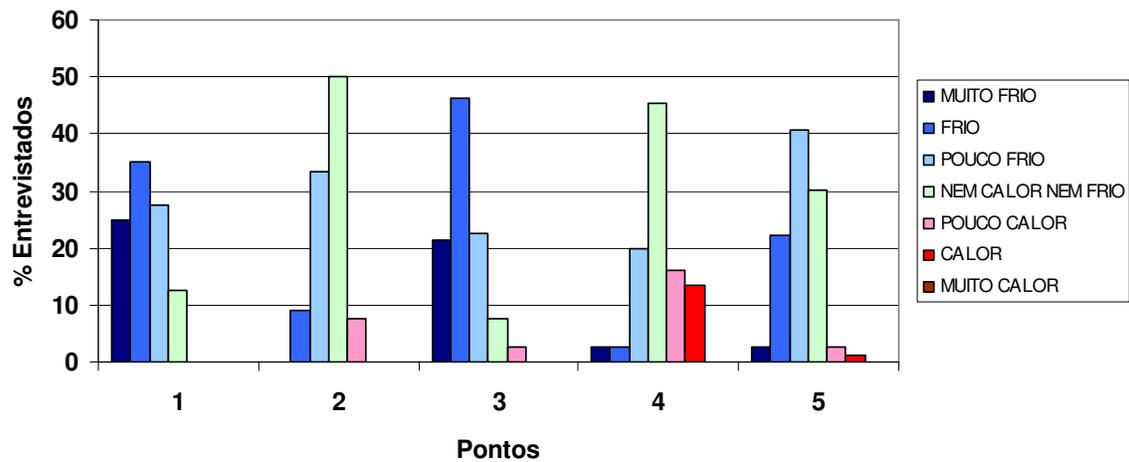
**Quadro 6.1:** Questões do questionário sobre conforto térmico e variável relacionada.

N	PERGUNTA	VARIÁVEL
1	No momento, você acha que está?	SENSAÇÃO TÉRMICA
2	Neste momento você prefere que este ambiente esteja?	PREFERÊNCIA TÉRMICA
3	Em relação à temperatura você está se sentindo?	GRAU DE SATISFAÇÃO

As figuras 6.4 e 6.7 mostram a distribuição da frequência da variável sensação térmica nos períodos de verão e inverno, respectivamente. Para esta análise foi feita a união dos dois períodos de aplicação do questionário, horário do almoço e final da tarde.



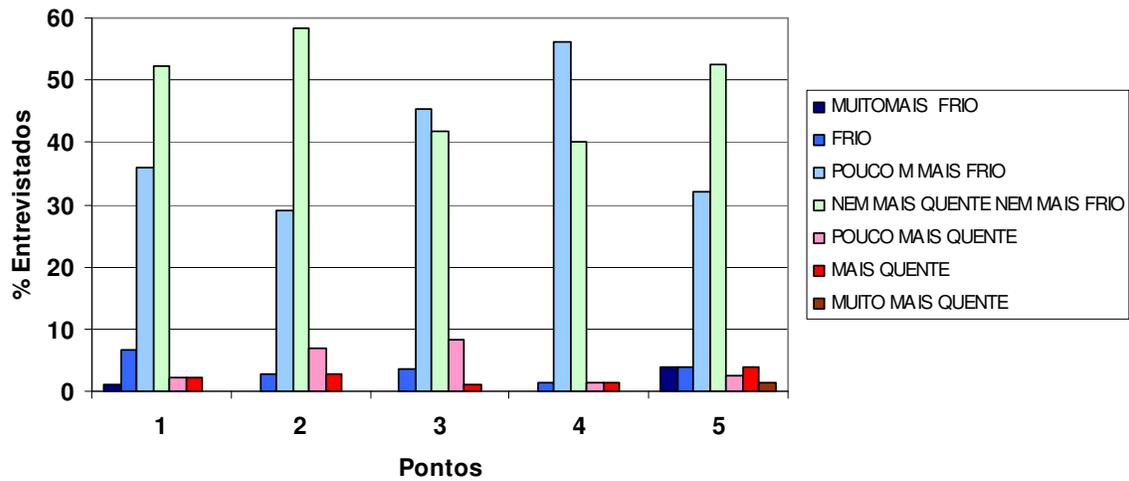
**Figura 6.4:** Distribuição da variável sensação térmica no período de verão



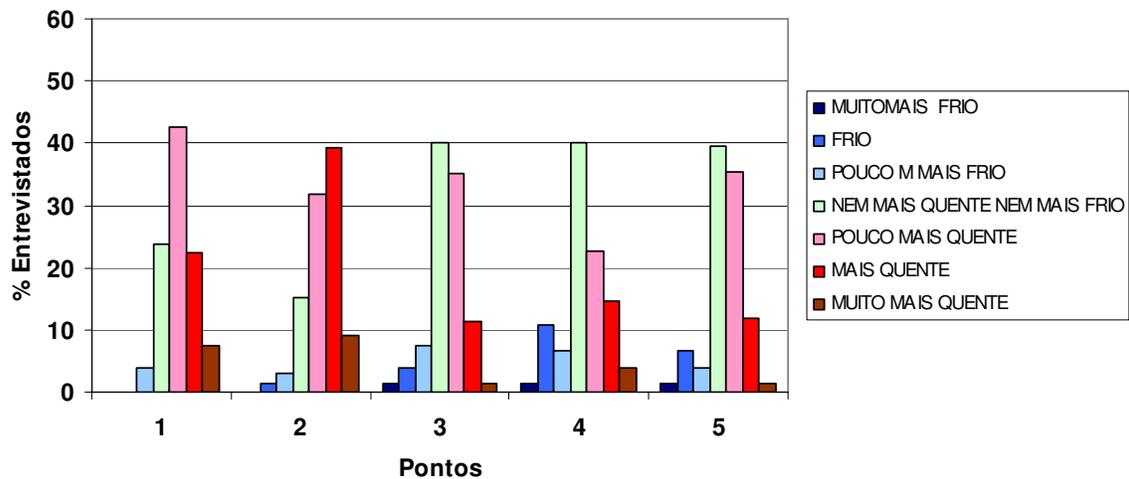
**Figura 6.5:** Distribuição da variável sensação térmica no período de inverno

Nota-se que a variável sensação térmica no verão não apresentou muita variação entre os 5 pontos de coleta. Já no período de inverno observa-se que o ponto 2 apresentou um índice mais elevado de conforto (nem calor nem frio, pouco frio, pouco calor) seguido dos pontos 4 e 5. O ponto menos confortável foi o ponto 3, com uma grande incidência de respostas em relação ao frio e muito frio.

A distribuição da frequência da variável preferência térmica é mostrada na figura 6.6, período de verão, e 6.7, período de inverno.



**Figura 6.6:** Distribuição da variável preferência térmica no período de verão

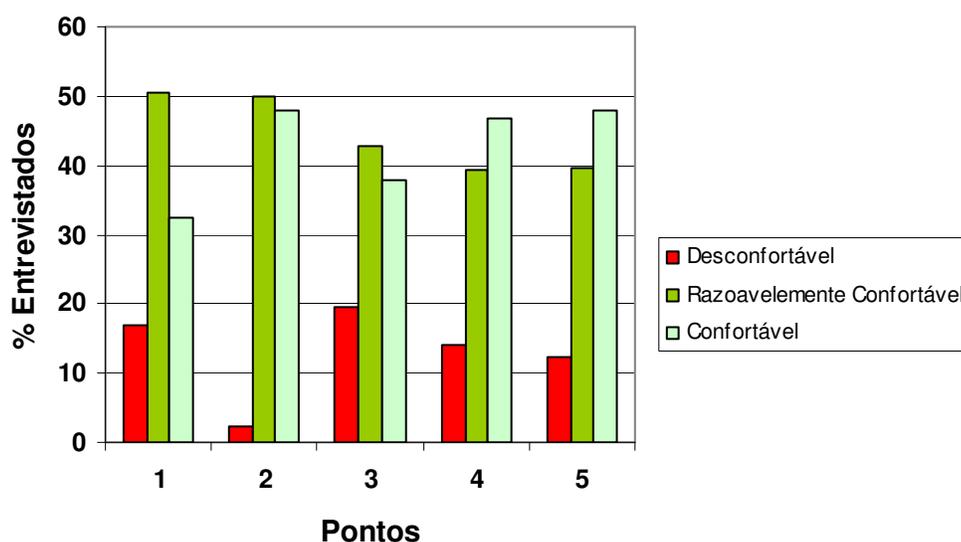


**Figura 6.7:** Distribuição da variável preferência térmica no período de inverno

Observa-se que a variável preferência térmica no verão não sofreu grandes variações entre os pontos de coleta, considerando as escalas para confortável e desconfortável. Este resultado é confirmado quando se avalia também a variável sensação térmica no verão. No entanto, no período de inverno a frequência da preferência térmica não foi equivalente à da variável sensação térmica. As variações da variável preferência térmica para o período de inverno

foram menos acentuadas que para a variável sensação térmica.

É interessante observar a união de todos os períodos (verão e inverno) para a variável grau de satisfação. Neste caso, o ponto 3 foi o que apresentou o maior índice de desconforto. Observa-se o mesmo resultado para a variável sensação térmica no período de verão.



**Figura 6.8:** Distribuição da variável grau de satisfação no período de verão e inverno

## 6.2 Análises das variáveis

Nesta seção é feita uma análise geral das respostas fornecidas pelos entrevistados para cada item do questionário. Inicialmente é feito o cruzamento das variáveis pessoais com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação. Posteriormente, é feito um teste de correlação entre o voto médio estimado e a sensação térmica dos entrevistados. Finalizando as análises,

foi encontrado um intervalo de conforto através das respostas dos entrevistados e também feita uma análise comparativa de todos os pontos de coleta de dados.

No questionário, os entrevistados expressaram sua opinião através de uma escala de 7 pontos, definida por Fanger (1970). A tabela 7.6 mostra a escala utilizada, bem como os valores relacionados para cada resposta.

**Tabela 6.6.** Escala utilizada no questionário. Variável sensação térmica e preferência térmica

VARIÁVEL			
ESCALA UTILIZADA	SENSAÇÃO	PREFERÊNCIA	VALOR
	TÉRMICA	TÉRMICA	
	Muito frio	Muito mais frio	-3
	Frio	Mais frio	-2
	Pouco frio	Pouco mais frio	-1
	Nem calor nem frio	Nem mais quente nem mais frio	0
	Pouco calor	Pouco mais quente	1
	Calor	Mais quente	2
	Muito calor	Muito mais quente	3

Assim, ao analisar as respostas dos pedestres, pode-se afirmar que o entrevistado afirmou que há presença de desconforto devido ao calor quando foram escolhidas as respostas calor ou muito calor e mais quente ou muito mais quente, e desconforto devido ao frio quando as respostas foram muito frio ou frio e muito mais frio ou mais frio. Assim, para as análises foram somadas as diversas categorias, de acordo com a seguinte codificação:

- **Desconfortável:** -3, -2, 2, 3
- **Confortável:** -1, 0, 1

Para o cálculo das respostas dos entrevistados sobre o grau de satisfação foi utilizado o seguinte critério:

- **Desconfortável: desconfortável**
- **Confortável: confortável + razoavelmente confortável**

A seguir são descritas as análises.

### ***6.2.1 Análise dos cruzamentos das variáveis pessoais com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.***

Nesta análise verificou-se a influência das variáveis pessoais (gênero, índice de massa corpórea e faixa etária) na variável resposta (sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação), através da análise de dados categóricos. Foi utilizado o teste de independência de variáveis do tipo qui-quadrado de verossimilhança, a um nível de significância 0,05 (5%), onde:

- **Ho (Hipótese nula):** a variável pessoal não influencia na resposta
- **H (Hipótese alternativa):** a variável pessoal influencia sim na resposta

Assim, quanto menor o p-valor mais evidências a favor da hipótese alternativa e vice-versa.

Para o teste a seguir a variável faixa etária foi dividida em dois grupos: até 33 anos e mais de 33 anos. Esta divisão foi baseada no valor da mediana (aproximadamente 33).

A tabela 6.7 mostra que, de acordo com o teste qui-quadrado de verossimilhança, a um nível de significância de 5%, não existem evidências de que o gênero influencia na sensação de conforto dos entrevistados. Porém, este resultado contraria a percepção geral subjetiva de que existe diferença entre a sensação térmica entre o gênero feminino e o masculino.

**Tabela 6.7:** Cruzamento do variável pessoal gênero com a variável resposta (grau de satisfação, sensação térmica e preferência térmica)

	Grau de satisfação		Sensação térmica		Preferência térmica	
<b>VERÃO</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>
<b>Confortável</b>	93	74	89	63	214	158
<b>Desconfortável</b>	138	96	142	107	17	12
	P valor = 0,512		P valor = 0,764		P valor = 0,909	
<b>INVERNO</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>
<b>Confortável</b>	89	72	129	106	158	125
<b>Desconfortável</b>	131	85	91	51	62	32
	P valor = 0,296		P valor = 0,078		P valor = 0,082	
<b>TOTAL</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>
<b>Confortável</b>	182	146	218	169	372	283
<b>Desconfortável</b>	269	181	233	158	79	44
	P valor = 0,232		P valor = 0,357		P valor = 0,123	

Pode-se verificar também, conforme mostra a tabela 6.8, que o índice de massa corpórea não apresentou nenhuma relação com as variáveis de conforto. É interessante ressaltar, que grande parte da amostra (52%) concentra-se em indivíduos com classificação de índice de massa corpórea normal.

**Tabela 6.8:** Cruzamento do variável pessoal índice de massa corpórea (IMC) com a variável resposta (grau de satisfação, sensação térmica e preferência térmica)

	Grau de satisfação			Sensação térmica			Preferência térmica		
	M	N	O	M	N	O	M	N	O
<b>VERÃO</b>									
<b>Confortável</b>	30	87	50	26	76	50	61	192	119
<b>Desconfortável</b>	37	120	77	41	131	77	6	15	8
	P valor = 0,758			P valor = 0,877			P valor = 0,794		
<b>INVERNO</b>									
<b>Confortável</b>	23	86	52	31	132	72	42	148	93
<b>Desconfortável</b>	34	119	63	26	73	43	18	57	22
	P valor = 0,789			P valor = 0,392			P valor = 0,209		
<b>TOTAL</b>									
<b>Confortável</b>	53	173	102	57	208	122	103	340	212
<b>Desconfortável</b>	71	239	140	67	204	120	21	72	30
	P valor = 0,989			P valor = 0,656			P valor = 0,201		

Para a análise da variável pessoal faixa etária (tabela 6.9), os resultados apresentaram evidências nas repostas da variável grau de satisfação. Nota-se nos dois períodos (inverno e verão) que o grupo de pessoas com até 33 anos de idade (divisão do grupo baseada no valor da mediana) sente maior desconforto, tanto com relação ao frio, quanto ao calor, que o grupo de pessoas com mais de 33 anos. A somatória dos dois períodos confirma esta hipótese ao evidenciar que 36,14 % das pessoas com até 33 anos sentem-se confortáveis e 63,86 sentem-se desconfortáveis, enquanto com mais de 33 anos 49,04 % sentem-se confortáveis e 50,96 % se sentem desconfortáveis. Neste aspecto, é importante lembrar a composição da amostra pesquisada, que é constituída por diferentes porcentagens de indivíduos em várias faixas etárias. Mais uma vez, o resultado contraria a percepção geral subjetiva de que existe diferença entre a sensação térmica entre os idosos e as demais faixas etárias.

**Tabela 6.9:** Cruzamento da variável pessoal faixa etária com a variável resposta (grau de satisfação e sensação térmica, preferência térmica)

	Grau de satisfação		Sensação térmica		Preferência térmica	
	Até 33 anos	+ de 33 anos	Até 33 anos	+ de 33 anos	Até 33 anos	+ de 33 anos
<b>VERÃO</b>						
<b>Confortável</b>	73	94	72	80	191	181
<b>Desconfortável</b>	132	102	133	116	14	15
	P valor = 0,012		P valor = 0,240		P valor = 0,750	
<b>INVERNO</b>						
<b>Confortável</b>	77	84	124	111	152	131
<b>Desconfortável</b>	133	83	86	56	58	36
	P valor = 0,008		P valor = 0,139		P valor = 0,175	
<b>TOTAL</b>						
<b>Confortável</b>	150	178	196	191	343	312
<b>Desconfortável</b>	265	185	219	172	72	51
	P valor = 0,000		P valor = 0,134		P valor = 0,207	

### ***6.2.2 Análise da correlação entre a variável voto médio estimado e a variável repostada sensação térmica***

A verificação da existência de correlação entre a variável resposta sensação térmica (referente ao questionário, ou seja, voto médio declarado) e o voto médio estimado (VME, calculado através do programa Conforto 2.03) foi realizada através do teste qui-quadrado de verossimilhança, a um nível de significância 0,05 (5%). Onde:

- **Ho (Hipótese nula):** as duas variáveis são diferentes
- **H (Hipótese alternativa):** as duas variáveis não tem diferenças estatisticamente significante.

Assim, quanto menor o p-valor, mais evidências a favor da hipótese alternativa e vice-versa.

Inicialmente, com o objetivo de corrigir as diferenças provenientes das duas escalas (voto médio estimado e voto da sensação térmica declarada) foi necessário estabelecer um critério de correção. O voto da sensação térmica, obtido através do questionário, não necessitou de correção, pois apresenta resultados inteiros (-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3). Já o VME, calculado através do software Conforto 2.03, varia continuamente no intervalo -3 a +3, com precisão centesimal. Assim, para a análise comparativa das duas variáveis foi adotado o critério de correção sugerido por GOUVEA (2004), que estabelece uma tolerância de  $\pm 0,5$ , nos votos extraídos dos questionários. Desta forma, adotou-se o seguinte critério de correção:

Se  $-3,0 \leq VME < -2,5$  -> -3

Se  $-2,5 \leq VME < -1,5$  -> -2

Se  $-1,5 \leq VME < -0,5$  -> -1

Se  $-0,5 \leq VME \leq 0,5$  -> 0

Se  $0,5 < VME \leq 1,5$  -> 1

Se  $1,5 < VME \leq 2,5$  -> 2

Se  $2,5 < VME \leq 3,0$  -> 3

Como anteriormente comentado, os votos provenientes das respostas -3, -2, 2 ou 3 foram considerados desconfortáveis e as respostas -1, 1 e 0 confortáveis.

**Tabela 6.10:** Variável sensação térmica. Período de inverno

		VME	
		Confortável	Desconfortável
Sensação térmica	Confortável	164	227
	Desconfortável	113	274
		p-valor = 0,000	

Verifica-se através do p-valor = 0,000 que a variável VME não é estatisticamente diferente da variável sensação térmica declarada. Ou seja, para este estudo seria viável utilizar o VME, calculado através do programa Conforto 2.03.

### **6.2.3 Análise do intervalo de conforto**

Nesta seção, foi utilizada a técnica de regressão logística binária com o objetivo de encontrar um intervalo de conforto através da combinação da variável sensação térmica (obtida através do questionário) em função da temperatura de bulbo seco (°C) e também em função da velocidade do ar. O intervalo foi definido a partir do cruzamento das duas retas de regressão do período de inverno e verão. Os dados utilizados para esta análise foram obtidos através da somatória de todos os pontos de coleta, para o período de verão, bem como para o período de inverno.

Como já comentado anteriormente, para a codificação da variável sensação térmica foi utilizado o seguinte critério:

- **Desconfortável:** -3, -2, 2, 3
- **Confortável:** -1, 0, 1

### **6.2.3.1 Intervalo de conforto através da combinação da variável sensação térmica e temperatura de bulbo seco (°C)**

Para definir o intervalo de temperatura de conforto foram ajustadas duas retas de regressão, uma do período de verão, outra no inverno e, posteriormente encontrados os limites de temperatura de conforto. A seguir serão descritas as análises desenvolvidas.

As tabelas 6.11 e 6.12 mostram a variável sensação térmica no período de verão e inverno, sendo desconfortável = 0 e confortável =1.

**Tabela 6.11:** Variável sensação térmica. Período de verão

Variável resposta: sensação térmica	<b>N</b>
1	152
0	249
Total	401

**Tabela 6.12:** Variável sensação térmica. Período de inverno

Variável resposta: sensação térmica	<b>N</b>
1	235
0	142
Total	377

Através da análise de regressão simples foram obtidas as seguintes equações:

$$Y = 6,86 - 0,25 X \text{ (período de verão)}$$

$$Y = -5,48 + 0,31 X \text{ (período de inverno)}$$

sendo:

**Y** = Sensação Térmica

**X** = Temperatura de Bulbo Seco (TBS)

onde:

- **Ho (Hipótese nula):** coeficiente da variável TBS é igual a zero
- **H (Hipótese alternativa):** coeficiente da variável TBS é diferente de zero

Verifica-se nas tabelas 6.13 e 6.14 o teste de importância da variável nessa reta de regressão.

**Tabela 6.13:** Regressão logística. Variável TBS, período de verão

	<b>Coeficiente</b>	<b>P-Valor</b>
Constante	6,86	0,009
TBS	-0,25	0,005

**Tabela 6.14:** Regressão logística. Variável TBS, período de inverno

	<b>Coefficiente</b>	<b>P-Valor</b>
Constante	-5,48	0,000
TBS	0,31	0,000

No período de verão, através do p-valor muito pequeno (0,005) pode-se afirmar, a um nível de significância 5%, que a variável TBS é diferente de zero, ou seja, evidência a favor da hipótese alternativa. A mesma evidência é confirmada para o período de inverno, quando se tem um p-valor igual a 0,000. Assim serão utilizadas tanto a equação do verão quanto a do inverno.

Através do teste de bondade de ajuste (tabelas 6.15 e 6.16) foi possível testar a adequação do modelo aplicado para os dois períodos, . onde:

- **Ho (Hipótese nula):** não foi possível um bom ajuste
- **H (Hipótese alternativa):** bom ajuste do modelo

**Tabela 6.15:** Teste de bondade de ajuste. Variável TBS, período de verão

<b>Método</b>	<b>p-valor</b>
Pearson	0,434
Deviance	0,160
Hosmer-Lemeshow	0,588

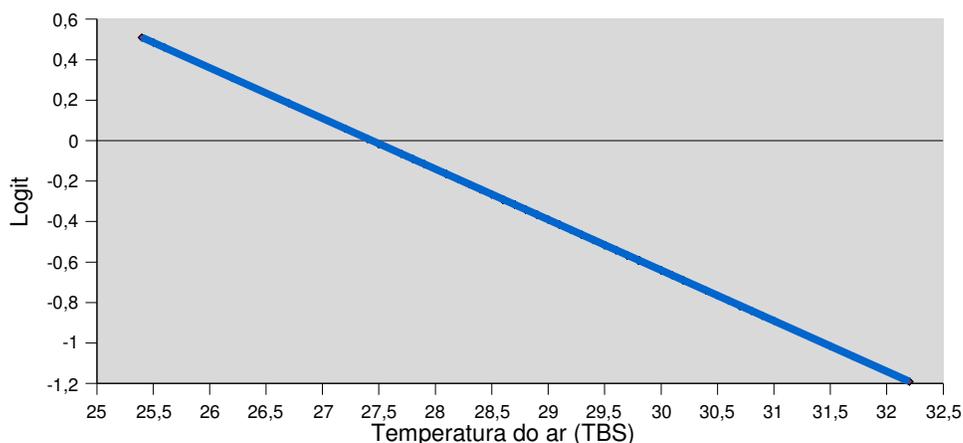
**Tabela 6.16:** Teste de bondade de ajuste. Variável TBS, período de inverno

<b>Método</b>	<b>p-valor</b>
Pearson	0,027
Deviance	0,001
Hosmer-Lemeshow	0,002

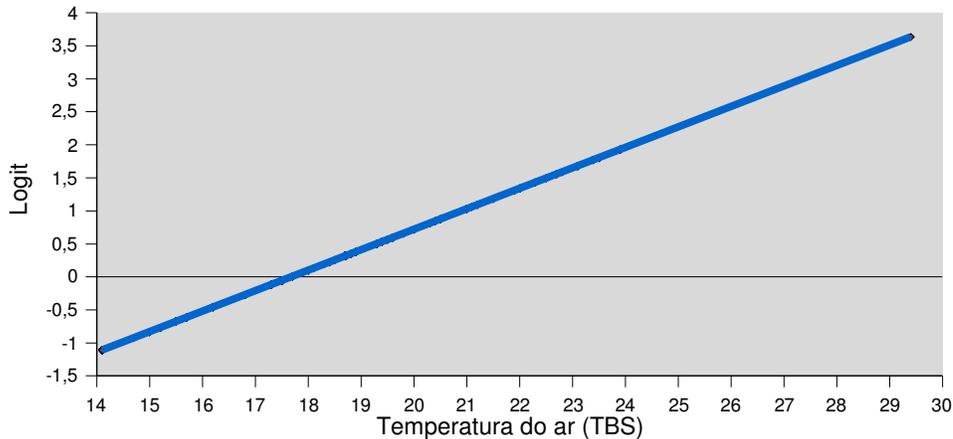
Através de um nível de significância 5%, nenhum dos testes de bondade de ajuste do período de verão rejeita a hipótese nula, ou seja, a variável TBS (temperatura de bulbo seco) não explica a variável sensação térmica no período de verão. Assim apesar de um bom ajuste para a regressão logística, não é a variável TBS que explica a variável sensação térmica no período de verão.

Já para o período de inverno os três testes de bondade de ajuste rejeitam a hipótese nula (p-valor baixo), a um nível de significância 5%. Ou seja, o modelo com a variável TBS é adequado para explicar a variável sensação térmica no período de inverno, na região de estudo.

As retas obtidas através da regressão logística binária estão representadas nas figuras 6.9.e 6.10.



**Figura 6.9:** Reta de regressão logística binária. Variável TBS, período de verão

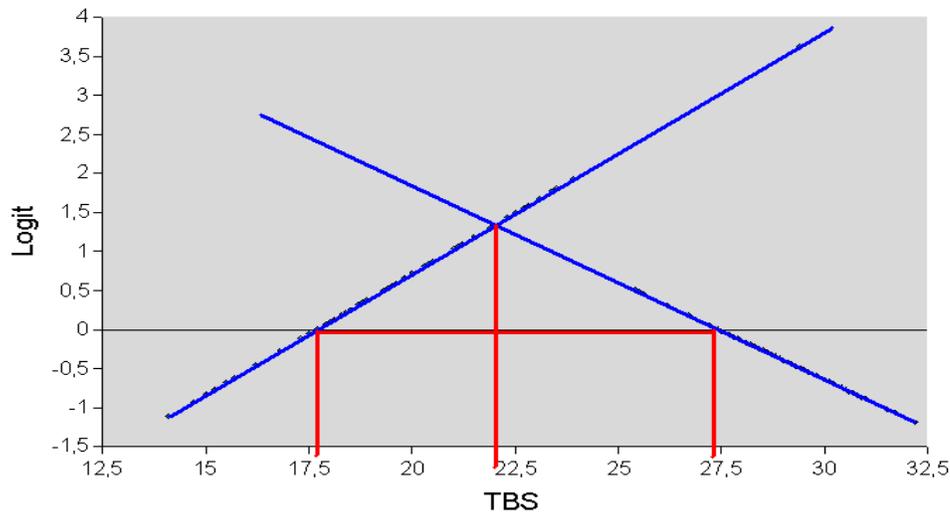


**Figura 6.10:** Reta de regressão logística binária. Variável TBS, período de inverno

Observa-se no período de verão que as temperaturas do ar acima do valor aproximado de 27,50 °C representam desconforto para o pedestre (função logit negativa), e temperaturas entre 25,50° C e 27,50 °C representam conforto (função logit positiva). Ou seja, o intervalo de verão confortável para a área de estudo está representado no intervalo de 25,50° C a 27,50 °C. No período de inverno observa-se que as temperaturas do ar menores que 17,60 °C aproximadamente são representadas como desconfortáveis.

Através da união das duas retas de regressão foi possível encontrar o intervalo de temperatura do ar de conforto para a região de estudo (figura 7.11). Assim, quando a reta cruza o eixo x ( $y=0$ ) tem-se a temperatura de conforto . Para o período de verão  $y=0$  quando o valor de temperatura é de 27,44 °C (substituição através da equação  $Y=6,86 - 0,25 X$ ). No período de inverno encontra-se a temperatura de 17,68 °C (substituição através da equação  $Y=-5,48 + 0,31 X$ ).

Assim, com 95 % de confiança, pode-se afirmar que o intervalo de temperatura do ar confortável para a região de estudo encontra-se entre 17,68°C a 27,44°C. As duas retas (inverno e verão) se cruzam na temperatura de conforto igual a 22,04°C.



**Figura 6.11:** Intervalo de conforto de temperatura de bulbo seco (TBS) . Períodos de verão e inverno, região de estudo.

### ***6.2.3.2 Intervalo de conforto através da combinação da variável sensação térmica e velocidade do ar (m/s)***

A mesma análise aplicada para definir o intervalo de temperatura do ar confortável foi aplicada para encontrar o intervalo de velocidade do ar confortável.

Como já demonstrado anteriormente nas tabelas 6.11 e 6.12, a variável sensação térmica foi representada como desconfortável = 0 e confortável =1. O teste de importância da variável velocidade do ar (Var) na reta de regressão está

descrito nas tabelas 6.17 e 6.18.

**Tabela 6.17:** Regressão logística. Variável velocidade do ar (m/s), período de verão

	<b>Coeficiente</b>	<b>P-Valor</b>
Constante	-0,58	0,002
Var	0,14	0,583

**Tabela 6.18:** Regressão logística. Variável velocidade do ar (m/s), período de inverno

	<b>Coeficiente</b>	<b>P-Valor</b>
Constante	1,18	0,000
TBS	-0,970	0,000

Para essa regressão tem-se:

- **Ho (Hipótese nula):** coeficiente da variável Velocidade do ar (Var) é igual a zero
- **H (Hipótese alternativa):** coeficiente da Velocidade do ar (Var) é diferente de zero

Para o período de verão, a um nível de significância 5%, tem-se que a variável Var não é diferente de zero (p-valor 0,58), ou seja, não se deve utilizar a mesma para a equação do período de verão. Já no período de inverno a variável é diferente de zero (p-valor 0,000), ou seja, é adequado utilizar a equação.

Portanto, para o período de inverno, através da análise de regressão simples foi obtida a seguinte equação:

$$Y = 1,18 - 0,97 X \text{ (período de inverno)}$$

sendo:

Y = Sensação Térmica

X = Velocidade do ar (Var)

Onde:

- **Ho (Hipótese nula):** coeficiente da variável Var é igual a zero
- **H (Hipótese alternativa):** coeficiente da variável Var é diferente de zero

Para testar a adequação do modelo foi aplicado o teste de bondade de ajuste (tabelas 6.19 e 6.20) para os dois períodos, onde:

- **Ho (Hipótese nula):** não foi possível um bom ajuste
- **H (Hipótese alternativa):** bom ajuste do modelo

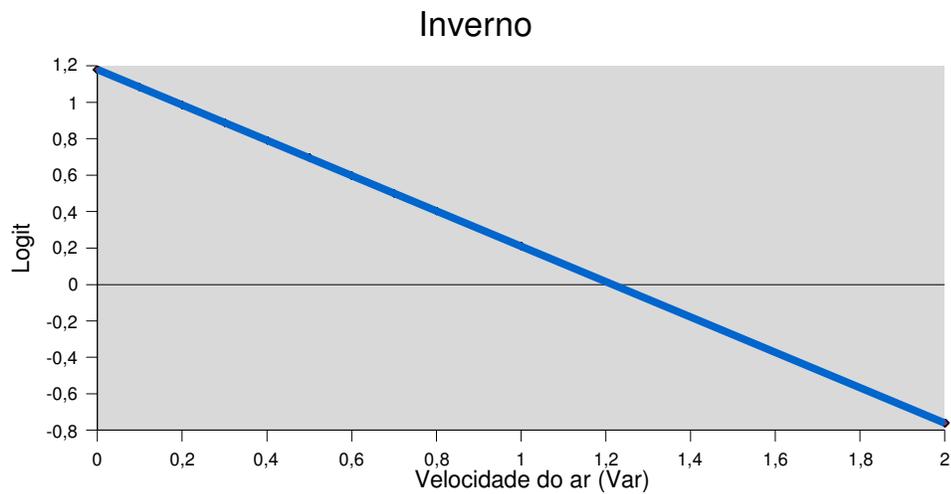
**Tabela 6.19:** Teste de bondade de ajuste. Variável Var, período de verão

<b>Método</b>	<b>p-valor</b>
Pearson	0,035
Deviance	0,030
Hosmer-Lemeshow	0,027

**Tabela 6.20:** Teste de bondade de ajuste. Variável Var, período de inverno

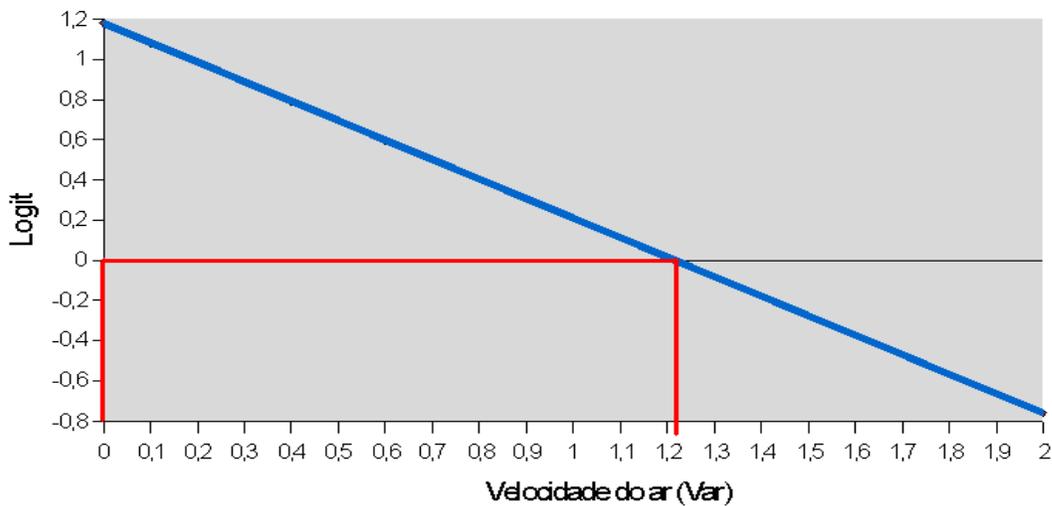
<b>Método</b>	<b>p-valor</b>
Pearson	0,000
Deviance	0,000
Hosmer-Lemeshow	0,000

Para o período de verão, apesar da variável Var demonstrar um bom ajuste (todos os p-valores próximos de zero), observa-se pela regressão logística que a velocidade do ar no período de verão não é significativa no modelo. Ou seja, a variável Var não influencia na sensação térmica no período de verão, na região de estudo. Isto pode ser explicado ao verificar que a média da velocidade do ar nos pontos de coleta apresentou um valor baixo, 0,6 m/s (tabela 6.3). Em contrapartida, no período de inverno, apesar do valor também baixo, tanto os testes de ajuste, quanto a regressão logística apresentaram p-valor igual a 0,000. Neste caso, a um nível de significância 5%, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, o modelo com a variável Var (Velocidade do ar) é adequado para explicar a sensação térmica no período de inverno para a região de estudo. A reta de regressão ajustada para o período de inverno encontra-se na figura 6.12.



**Figura 6.12:** Reta de regressão logística binária. Variável Var, período de inverno

Observa-se que os valores de velocidade do ar acima de 1,2 m/s aproximadamente apresentam sensação térmica desconfortável (função logit negativa). Assim, para se encontrar o intervalo de velocidade do ar confortável será utilizada somente a regressão logística do período de inverno, pois no verão a variável não apresentou influência na sensação térmica. A figura 6.13 mostra o intervalo de velocidade do ar confortável.



**Figura 6.13:** Intervalo de conforto de velocidade do ar (Var). Região de estudo.

Como no período de verão a variável velocidade do ar não influencia na sensação térmica, serão utilizados para análise do intervalo de conforto somente os resultados do período de inverno. Assim, tem-se que o intervalo de conforto será entre zero e a velocidade máxima de conforto encontrada pela reta de regressão no inverno. Ou seja, quando a reta de regressão cruza o eixo x, obtemos o valor de velocidade do ar máxima de conforto, igual a 1,22 m/s (quando  $y=0$  através da equação  $y = 1,18 - 0,97 X$ ).

Portanto, com 95% de confiança, tem-se que o intervalo de velocidade do ar confortável para a região de estudo está entre 0 m/s e 1,22 m/s.

### 6.3 Análise comparativa entre os 5 pontos de coleta de dados

O objetivo desta análise é verificar se existe diferença de sensação térmica entre os 5 (cinco) pontos de coleta de dados. Para avaliar a consistência das diferenças entre as repostas de cada ponto de coleta foi utilizado o teste qui-quadrado de verossimilhança, a um nível de significância 5%.

As análises foram feitas tanto para o período de inverno como de verão. As hipóteses são:

- **Ho (Hipótese nula):** todos os pontos são iguais
- **H (Hipótese alternativa):** pelos menos um dos pontos é diferente dos demais pontos

sendo:

- Desconfortável = 0
- Confortável = 1

Como já comentado anteriormente, para a codificação da variável sensação térmica foi utilizado o seguinte critério: desconfortável para as repostas referentes aos valores -3, -2, 2, 3; e confortável para -1, 0, 1. A tabela 6.21 descreve os resultados do teste.

**Tabela 6.21:** Teste qui-quadrado. Comparação entre os pontos de coleta. Período de inverno e verão

		<b>Sensação térmica</b>				
		<b>Inverno</b>		<b>Verão</b>		
		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	
<b>Pontos</b>	<b>1</b>	48 60,00%	32 40,00%	58 63,04%	34 36,96%	
	<b>2</b>	6 9,09%	60 90,91%	38 52,78%	34 47,22%	
	<b>3</b>	54 67,50%	26 32,50%	57 67,86%	27 32,14%	
	<b>4</b>	14 18,67%	61 81,33%	51 61,45%	32 38,55%	
	<b>5</b>	20 26,32%	56 73,68%	45 62,29%	25 35,71%	
			<i>p-valor = 0,000</i>		<i>p-valor = 0,407</i>	

De acordo com p-valor 0,407 para o período de verão, a um nível de significância 5%, não se rejeita a hipótese nula. Assim, ao analisar as respostas dos pedestres sobre a sensação térmica no período de verão, tem-se que todos os pontos de coleta são estatisticamente iguais. No entanto, no período de inverno o p-valor 0,000 indica que pelo menos um dos pontos é diferente dos demais (evidência a favor da hipótese alternativa).

Ao analisar as proporções das repostas no período de inverno observa-se que o ponto 2 (localizado próximo a um parque urbano) é o mais confortável. E os pontos 1 e 3 menos confortáveis, ambos localizados em regiões de uso misto com edificações de 1 a 2 pavimentos, com exceção de algumas edificações acima de 8 pavimentos.

Estes resultados podem ser confirmados através da análise de frequência da variável sensação térmica nas figuras 6.4 (período de verão) e 6.5 (período de inverno), como comentado anteriormente.

Assim, para verificar detalhadamente a diferença entre os pontos no período de inverno, foi feita uma análise através da técnica do teste e intervalo de confiança para duas proporções. Esta técnica avalia se duas proporções, ou seja, dois pontos são estatisticamente diferentes ou não. Para tanto, cria um intervalo de confiança para a diferença entre as duas proporções de interesse. Se o valor zero pertencer ao intervalo, significa que, neste caso, os pontos não são estatisticamente diferentes. Para tal análise foi novamente utilizada a variável sensação térmica (declarada através do questionário).

As hipóteses para esta análise são:

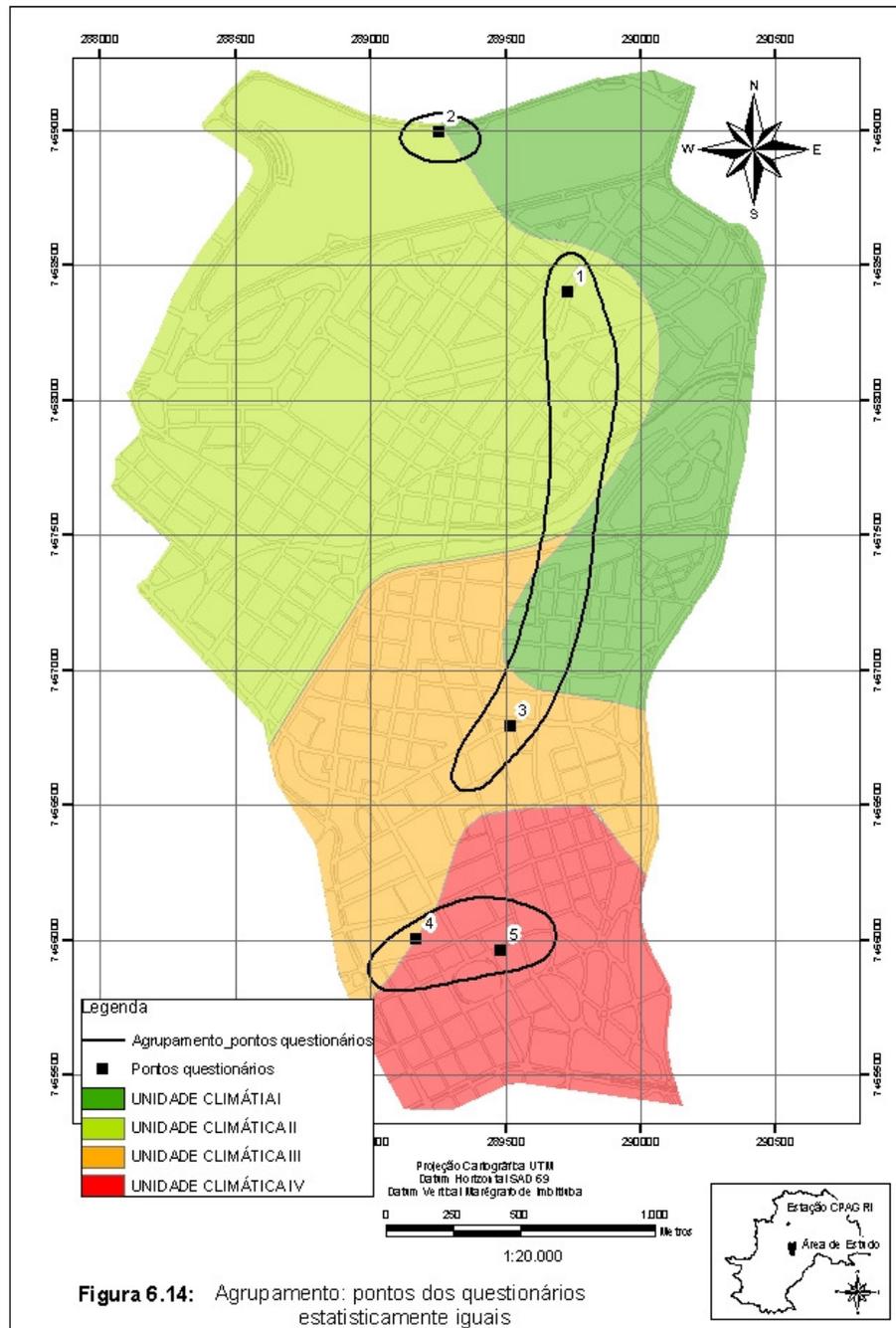
- **Ho (Hipótese nula):** os pontos são iguais
- **H (Hipótese alternativa):** os pontos são estatisticamente diferentes

A tabela 6.22 mostra o resultado do teste e intervalo de confiança para duas proporções.

**Tabela 6.22:** Teste e intervalo de confiança para duas proporções. Todos os pontos de coleta, período de inverno

		<b>Amostra</b>	<b>N Amostra</b>	<b>P-valor</b>		<b>Amostra</b>	<b>N Amostra</b>	<b>P-valor</b>
	<b>1</b>	48	80	0,600000	<b>2</b>	6	66	0,090909
	<b>2</b>	6	66	0,090909	<b>3</b>	54	80	0,675000
<b>Diferença = p (1)- p (2)</b>			0,509091				-0,584091	
<b>IC 95% para a diferença</b>			(0,381284; 0,636898)				(-0,707963; -0,460219)	
<b>Teste para a diferença</b>			<b>p-valor = 0,000</b>				<b>p-valor = 0,000</b>	
	<b>1</b>	48	80	0,600000	<b>2</b>	6	66	0,090909
	<b>3</b>	54	80	0,675000	<b>4</b>	14	75	0,186667
<b>Diferença = p (1)- p (2)</b>			-0,075				-0,0957576	
<b>IC 95% para a diferença</b>			(-0,223521; 0,0735206)				(-0,207947; 0,0164320)	
<b>Teste para a diferença</b>			<b>p-valor = 0,324</b>				<b>p-valor = 0,104</b>	
	<b>1</b>	48	80	0,600000	<b>2</b>	6	66	0,090909
	<b>4</b>	14	75	0,186667	<b>5</b>	20	76	0,263158
<b>Diferença = p (1)- p (2)</b>			0,413333				-0,172249	
<b>IC 95% para a diferença</b>			(0,274407; 0,552260)				(-0,293126; -0,0513716)	
<b>Teste para a diferença</b>			<b>p-valor = 0,000</b>				<b>p-valor = 0,008</b>	
	<b>1</b>	48	80	0,600000	<b>3</b>	54	80	0,675000
	<b>5</b>	20	76	0,263158	<b>5</b>	20	76	0,263158
<b>Diferença = p (1)- p (2)</b>			0,336842				0,411842	
<b>IC 95% para a diferença</b>			(0,190810; 0,482874)				(0,269241; 0,554443)	
<b>Teste para a diferença</b>			<b>p-valor = 0,000</b>				<b>p-valor = 0,000</b>	
	<b>3</b>	54	80	0,675000	<b>4</b>	14	75	0,186667
	<b>4</b>	14	75	0,186667	<b>5</b>	20	76	0,263158
<b>Diferença = p (1)- p (2)</b>			0,488333				-0,0764912	
<b>IC 95% para a diferença</b>			(0,353018; 0,623649)				(-0,209071; 0,0560883)	
<b>Teste para a diferença</b>			<b>p-valor = 0,000</b>				<b>p-valor = 0,261</b>	

Nota-se que os pontos 1 e 3 são estatisticamente iguais (p-valor 0,324). Vale ressaltar que os dois pontos estão localizados em áreas de uso misto, com edificações predominantemente de 1 a 3 pavimentos e pouca vegetação. Os pontos 4 e 5 também são semelhantes (p-valor 0,261). Estão localizados em regiões de uso misto, com edificações predominantemente acima de 8 pavimentos. Porém o ponto 4 tem uma tendência a ser igual ao ponto 2 (p-valor 0,104). Ou seja, o ponto 2 é estatisticamente diferente de todos os pontos, mostrando somente esta tendência de semelhança com relação ao ponto 4. É interessante notar que os pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais. Se analisarmos as proporções das respostas (tabela 6.21) nota-se que os pontos 1 e 3 são os menos confortáveis, ou seja, 60,00% e 67,50% respectivamente dos pedestres responderam que se sentem desconfortáveis. Em contrapartida, apenas 9,09% dos pedestres do ponto 2 indicaram desconforto. A figura 6.14 mostra os agrupamentos dos pontos estatisticamente iguais, no mapa base da área de estudo.



**Figura 6.14:** Agrupamento: pontos dos questionários estatisticamente iguais

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados provenientes do monitoramento do campo térmico da cidade de Campinas- SP demonstraram que a formação dos ambientes térmicos urbanos está diretamente associada aos aspectos da morfologia do seu entorno. Neste aspecto a hipótese de que existe uma relação direta entre os padrões de uso do solo urbano e a temperatura do ar foi confirmada.

As medições de temperatura do ar nos pontos urbanos demonstraram que o período de inverno apresentou maiores contrastes que no período de verão. No inverno, os valores mínimos de temperatura do ar registraram uma variação máxima de aproximadamente 5,00 °C, entre pontos localizados em região verticalizada (maior registro) e região próxima a fundo de vale (menor registro). Neste sentido, os pontos também apresentaram grande variação na amplitude térmica, 12,88 °C (ponto próximo ao fundo de vale) comparado com 5,31 °C (região verticalizada). Destaca-se que

no período de verão os mesmos pontos apresentaram as maiores diferenças térmicas das temperaturas mínimas, porém com menores contrastes, aproximadamente 3,51 °C. Desta vez, a variação da amplitude foi de 11,26 °C no ponto próximo ao fundo de vale, comparado com 5,92 °C na região verticalizada.

Ao analisar o fenômeno de ilha de calor através do método de medidas móveis os contrastes também foram menores no período de verão. A configuração da ilha de calor no período de verão apresentou intensidade moderada no período da manhã e tarde, e fraca no período noturno. Já no inverno, o período da manhã registrou intensidade moderada e, o período matutino e noturno, intensidade forte.

Assim, a partir do pressuposto que o período de inverno apresentou os maiores contrastes de temperatura do ar nos pontos de coleta, foi possível elaborar mapas temáticos de ocorrência de ilha de calor associados às características dos padrões de uso do solo urbano. Verificou-se que os atributos urbanos que mais influenciaram na diminuição da temperatura do ar foram a morfologia do entorno, a presença de mata nativa, a presença de superfícies de grama, a proximidade a corpos d'água, a densidade populacional e habitacional e a presença de solos permeáveis.

Outro fator a ser mencionado foi a delimitação das Unidades Climáticas Urbanas a partir da interpolação dos dados climáticos associados aos padrões de uso de ocupação do solo. Foram definidas na área de estudo 4 (quatro) unidades. A Unidade Climática I com categoria de fraca intensidade de ilha de calor e predominância edificações de 1 a 2 pavimentos, alto índice de áreas sem construção, presença de mata nativa, baixo índice de densidade populacional e alto índice de áreas permeáveis. A Unidade Climática II e III com categoria de intensidade moderada de ilha de calor. A primeira com elevado índice de edificações de 1 a 2 pavimentos e predominância de baixa densidade populacional. A segunda, região com alta concentração de edificações de mais de 6 pavimentos, alto índice de impermeabilidade e alta densidade populacional. E a Unidade Climática IV apresentando forte intensidade de ilha de calor,

com predominância de alta densidade de edificações de mais de 6 pavimentos, alto índice de impermeabilidade do solo e densidade populacional.

Neste estudo, constatou-se que a sensação térmica do usuário no período de verão, em espaços urbanos abertos com diferentes configurações, também não sofreu grandes variações. Porém, mesmo apresentando respostas estatisticamente igual, nota-se que o ponto localizado próximo ao parque urbano apresentou o maior índice de conforto (47,22%). Em contrapartida, no período de inverno os pedestres apresentaram sensação térmica diferente nos diversos pontos de coleta. Neste caso, é interessante mencionar que os pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais. Mais uma vez, o ponto localizado próximo ao parque, destacou-se como a região mais confortável, 90,91% dos usuários relataram sensação de conforto.

É interessante destacar a forte correlação entre a variável resposta sensação térmica (referente ao questionário, ou seja, voto médio declarado) e o voto médio estimado (VME, calculado através do programa Conforto 2.03), ou seja, nas análises as duas variáveis são estatisticamente iguais. Desse modo, conclui-se que o índice Voto Médio Estimado foi satisfatório para a avaliação do conforto térmico em espaços urbanos abertos.

A hipótese de que a temperatura do ar explica a sensação térmica dos pedestres da área de estudo também foi confirmada. Assim com base na combinação da variável sensação térmica e temperatura de bulbo seco foi possível definir o intervalo de conforto para a região de estudo. Assim, com 95 % de confiança, tem-se que o intervalo de temperatura do ar confortável para a região de estudo encontra-se entre 17,68°C a 27,44°C. E que tanto para o inverno, como para o verão a temperatura de conforto é igual a 22,04 °C..

Já com relação a variável velocidade do ar observou-se que esta não influencia na sensação térmica dos pedestres no período de verão, na região de estudo. Em contrapartida, para o período de inverno tem-se que o intervalo de conforto para a

variável velocidade do ar na região de estudo está entre 0m/s e 1,22 m/s. Ou seja, os valores de velocidade do ar acima de 1,2 m/s aproximadamente apresentam sensação térmica desconfortável para os pedestres na região de estudo

Também se constatou que as temperaturas do ar dos pontos urbanos foram sempre superiores às temperaturas da estação meteorológica rural circunvizinha (estação CEPAGRI, UNICAMP), comprovando a influência da urbanização no clima local. Desta forma observa-se que as alterações climáticas provocadas pela urbanização são significativas. Ou seja, o clima nas cidades sofre influência do conjunto complexo da estrutura urbana.

## **7.1 Recomendações para trabalhos futuros**

Durante o desenvolvimento deste trabalho, verificou-se que algumas variáveis que poderiam ter peso significativo na distribuição da temperatura do ar no ambiente urbano (como o fator de visão do céu, a velocidade do vento e a topografia), não haviam sido incluídas nesta pesquisa. Sugere-se que, numa eventual continuação desta pesquisa, elas sejam consideradas.

É necessário também ampliar o universo da pesquisa de modo que se tenha uma amostra mais representativa da cidade como um todo. Neste sentido sugere-se também a avaliação da cidade através do uso das imagens de satélites, na faixa do infravermelho, para o estudo da ilha de calor.

Sugere-se também que o método de medidas móveis seja objeto de uma pesquisa mais detalhada, com a confecção de um equipamento direcionado especificamente para as medições de transectos em áreas urbanas. Este equipamento pode vir a ser um método em potencial para áreas urbanas.

Por fim, espera-se que o presente estudo possa contribuir para o desenvolvimento de um planejamento urbano mais integrado com as questões climáticas, pois contribuirá para um ambiente urbano com melhor qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, K. S. Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. **Energy and Buildings**. n. 35., p. 103-110, 2003.

ALI TOUDERT, F. ; BENSALÉM, R. (2001) A methodology for a climatic urban design. In: In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Brasil, 2001, p. 469-474.

ASSIS, E. S. Avaliação da influência do uso de ocupação do solo urbano sobre formação da ilha de calor na cidade de Belo Horizonte – MG, In: I ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Gramado - RS, 1990, pp. 53-55.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

AZEVEDO, T. T. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2001, p. 71-93.

BARBIRATO, G. M. **Aplicação do modelo de balanço de energia para a análise do ambiente térmico Urbano de Maceió, AL**. 1998. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos.

- BARBIRATO, G. M.; MATTOS, A. Microclimas urbanos em Maceió - AL. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.
- BARBUGLI, R. A. Influência do ambiente construído na distribuição das temperaturas do ar em Araranguara/SP. 2004, Dissertação (Mestrado), São Carlos: Universidade Federal de São Carlos,
- BARTHOLOMEI, C. L. B; LABAKI, L. C. Environmental parameters and thermal comfort provided by different tree species. In: 19<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, Anais...France, 2002, p. 341-344.
- BERGER, X. Human thermal comfort at Nimes in summer heat. **Energy and Buildings**. n. 33, p. 283-287, 2001.
- BERTACCHI, M. L.; FARIA, J. R. G. Ilhas de calor na cidade de Bauru (SP): as diferenças de temperatura e a configuração do solo local. In: VIII ENCONTRO NACIONAL e VI EM CONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Maceió, AL, 2005.
- BROWN, R. D.; GILLESPIE, Terry J. (1995) Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency. New York: John Wiley & Sons.
- CAMPINAS, Plano Diretor 2006. Prefeitura Municipal de Campinas, 2006.
- CARLO, J. C.; ASSIS, E. S. Métodos climatológicos aplicados ao planejamento urbano – Estudo de caso: Campus de Pampulha UFMG. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.
- CHANDLER, T. J. The climate of London. London, Hutchinson University Library Publisher, 1965. apud MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 09-68.
- CHAVTAL, M. S. K. **A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima**, 1998. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- COHEN, P.; POTCHTER, O. BITAN, O. The correlation between climatic conditions in different designed urban parks and their pattern of use. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, 262-265 p., 2006.
- CORBELLA, O. D.; CÖRNER, V. N.; YANNAS, S. Outdoor spaces and urban design case studies of two plazas in Rio de Janeiro. In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Brasil, 2001, p.655-660.

CORREA, E. et al. Impact of Urban Parks on the Climatic Pattern of Mendoza's Metropolitan Area, in Argentina. . In: 23<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais... Geneva, Switzerland,2006.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN.** 2003, Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CPTEC. Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 1, n.6, jul. 2004a, Disponível em [http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago\\_2004.shtml](http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago_2004.shtml). Consultado em 16/11/2004.

CPTEC. Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 1, n.7, jul. 2004 b, Disponível em [http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago\\_2004.shtml](http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago_2004.shtml). Consultado em 16/11/2004.

CPTEC. Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 1, n.8, ago. 2004c, Disponível em [http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago\\_2004.shtml](http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago_2004.shtml). Consultado em 16/11/2004.

CPTEC. Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 1, n.9, set. 2004d, Disponível em [http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago\\_2004.shtml](http://www.cptec.inp.br/infoclima/2004/ago_2004.shtml). Consultado em 16/11/2004.

CPTEC. Boletim de Prognóstico Climático CPTEC / INPE e INMET, ano 2, n.3, mar. 2005, Disponível em [http://www.cptec.inp.br/infoclima/2005/mar\\_2005.shtml](http://www.cptec.inp.br/infoclima/2005/mar_2005.shtml). Consultado em 10/04/2005.

DANI, I. M. Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa em Porto Alegre em janeiro de 1982: contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.

DE KAUFFMAN, M. G.; MACHADO, M. V.; BARROSO, H. Quantifying incidence of the vegetation on the microclimatic Variables in hot-humid climates: “the cují tree”. In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Brasil, 2001, p.577-582.

DESSI, V. Evaluation of microclimate and thermal comfort in open urban space. In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Brasil,2001, pp. 611-614.

DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**. n. 35, 69-76 p., 2003.

DOUSSET, B.; GOURMELON, F, Surface temperatures of the Paris basin during summertime,using satellite remote sensing data. In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.

DUARTE, D. ; MAITELLI, G. Clima urbano e planejamento em regiões continentais. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.

ELIASSON, I. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use, **Atmospheric Environment**. v. 30. n.3, p. 379-392, 1996.

FANGER, O. **Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970. 244 p.

FARIA, J. R. G. Cálculo da temperatura do ar na camada intra-urbana a partir de balanço unidimensional de energia com entrada de dados via imagens de satélite. In: 1º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTÁVEL - PLURIS, Anais...São Carlos, 2005.

FONTES, M. S. G. C. **Efeito climático das áreas de fundo de vale no ambiente urbano: o caso de São Carlos – SP**. 1998. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S. A qualidade climática dos espaços públicos urbanos: um estudo de caso na cidade de Bauru – SP, In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTURÍDO, Anais... São Pedro, SP, 2001.

FONZAR, B. C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta-Sorocabana: Um teste aplicado a Presidente Prudente /SP**. 1981, Dissertação (Mestrado), São Paulo: FFLCH/USP.

FRANCISCO FILHO, L. L. **Distribuição espacial da violência em Campinas, uma análise por geoprocessamento**. 2003. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

GAGGE, A. P.; FOBELETS, A. P.; BERGLUND, L. G. A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Trans, 92, p. 709-31., 1986.

GAITANI, N.; STATHOPOULOS, M. Thermal comfort in outdoor space. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT - PALENC. Anais...Greece, 761-765 p., 2005.

GALLEGO, L. P. **Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: Um ensaio em climatologia urbana**. 1972. Tese (Doutorado), FFLCH/USP São Paulo.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

GIVONI, B. The influence of work and environmental conditions on the physiological responses and thermal equilibrium of man. In: SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL PHYSIOLOGY AND PSYCHOLOGY IN ARID CONDITIONS, Lucknow, Índia. Anais...Lucknow: UNESCO, 1962, p. 199-204. apud LOIS, E.; LABAKI, L.C. Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTURÍDO, Anais... São Pedro, SP., 2001.

GIVONI, B. **Urban design in different climates**. Geneva, WMO, December. 1989.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. Issues in outdoor comfort research. In: PLEA, Anais... Cambridge, 2000, p. 562-564.

GOMEZ, A. L. et al. **El clima de la ciudades españolas**. Madrid, Editora Cátedra, 1993, 267 p. apud BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro, In: MONTEIRO, C. A. F. , MENDONÇA, F. Clima urbano, 2003, p. 121 –154.

GOTOH, T. O. Relation between heat islands and NO<sub>2</sub> pollution in some japonese cities. Great Britain. **Atmospheric Environmental**, v. 27 B, n.1, 1993, p. 121-128.

GOUVEA, T. C. **Avaliação do conforto térmico: Uma experiência na indústria da confecção**. 2004, Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

HASEBACK, H. ; BECK, V. L., Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS, utilizando o método de medidas móveis, in I ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Gramado, RS, 1990, p. 139-145.

HEISLER, G.; et al. Land-cover influences on air temperatures in and nerar Baltimore, MD. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, 2006. p. 392-395.

HOFFMAN, M. E.; SHASHU-BAR, L. Vegetation as climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Journal Energy and Buildings**. v. 31, p. 221-235, 2000.

HOPE, P. R. The physiological equivalent temperature: a universal index for the assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, n. 43, p. 71-75, 1999.

HOWARD, L. **The climate or London deduced from meterological observations made in metropolis and at varios places around it**. 2 e., 3 vol. London, J & A. Arch, Cornhill, Longman & Co, 1833. apud LANDSBERG, H. E. The Urban Climate. New York, Academic Press, 1981.

HUMPHREYS, M.A., NICOL, J.F. Understanding the Adaptative Approach to Thermal Comfort.In: ASHRAE Technical Data Bulletin, v.14, nº 1, 1998.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC), Dados climáticos da região de Campinas: Período: 1998 a 2005 . Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2000/ resultados do universo, Rio de Janeiro, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO DIS 10551**: 1995, Assesment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730**; Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, IPCC, 2007.

JARDIM, C. H. Os microclimas e o uso do solo no vale do Rio Aricaduva. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2001, p. 188-199.

JAUREGUI, E., Aspects of heat-island development in Guadalajara, México. **Atmospheric Environmental**, 1992, 26 B (3), p. 391-396.

JIANG, W. et al. Study on the impact of anthropogenic heat on urban boundary layer characteristics. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, p. 627-630, 2006.

JOHANSSON, E.; GRUNDSTRÖM, K.; ROSENlundSTREET, H.;Canyon microclimate in traditional and modern neighbourhoods in a hot dry climate – a case study in Fez, Morocco. In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Florianópolis- PR, Brazil,2001, p. 661-665.

JOHNSON,G.T;WATSON,I.D..The determination of view-factors in urban canyons. **Journal of Climate and Applied Meteorology** ,v.23, 1984, p.329-335.

KAISER, I. M.; FARIA, J. R. G. Validation of transects for air temperature and moisture profiles measurements in urban areas under high diurnal air temperatures variation. In: 18<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais...Florianópolis- PR, Brazil, 2001, p. 571-575

KATZSCHNER L. et al., Urban climate study of Salvador: thermal comfort pattern. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.

KATZSCHNER, L. Urban Bioclimate and open space planning. In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; RÖTTGEN, M. Behaviour of people in open spaces independency of thermal comfort conditions. In: PLEA Anais...France, 2002, pp. 411-415.

KIYOTA, N. et al.. Observations research on the heat island countermeasure with the land and sea breeze of coast city. Part 1 The research on the effect of geometry urban canyon on the city temperature. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, p. 474-477, 2006.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Fundação Calouste Gulbenkian. Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1993.

- LANDSBERG, H. E. **The climate of towns**. In: THOMAS, W. E., Man's role in changing the face of earth. Published for The WennerGren Foundation Anthropological Research and National Science Foundation, The University of Chicago Press, p. 585,601, 1956. apud MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 09-68.
- LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate**. New York, Academic Press, 1981.
- LEME, F.T., PEDROTTI, F.S. e SOUZA, L.L.C. Desempenho térmico urbano em função da geometria gerada pelas edificações. In: 1º CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL INTEGRADO SUSTENTÁVEL, PLURIS, Anais...São Carlos, 2005.
- LEVERATTO, M. J., Propuesta de un metodo para analizar las condiciones microclimaticas en espacios urbanos. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Fortaleza - CE, 1999.
- LINDBERG, F. ; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Urban geometry and temperature variations, In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.
- LOIS, E.; LABAKI, L.C. Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais... São Pedro, SP., 2001.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópolis. O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec. 1985. 244 p.
- MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina. Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 93-120.
- MILLER, J. A.; et al.. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, p. 366-369, 2006.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Tese de livre docência. Departamento da FFLCH-USP, São Paulo, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F. e MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo, Contexto, 2003, p. 09-68.
- MONTEIRO, L. M., ALUCCI, M. P. Índices de conforto térmico em espaços abertos parte 2: estado da arte. . in: VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Maceió - AL, 2005b.
- MONTEIRO, L. M., ALUCCI, M., Índices de conforto térmico em espaços abertos parte 1: revisão histórica. . In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Maceió - AL, 2005a.

- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Calibration of outdoor thermal comfort models. . In: 23<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais... Geneva, Switzerland, 2006.
- MORERO, A. M. ; SANTOS, R. F. ; FIDALGO, E. C. C. . Planejamento Ambiental de Áreas Verdes: Estudo de Caso em Campinas-SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, p. 19-30, 2006.
- NAGARA, K.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space. **Atmospheric Environment**. v. 30. n.3, p. 497- 505, 1996.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. **Solar Energy**. n. 3, 227-235 p., 2001.
- OCHOA, J. M. I.; MARINCIC, I. Thermal comfort in urban space: The case of very warm and dry climate. In: INTERNATIONAL CONFERENCE: PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT - PALENC. Anais...Greece, 785-789, 2005.
- OKE, R. T. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations, **Journal of Climatology**, n. 1, 1981 p. 237-254.
- OKE, T. R. The Energetic Basis of Urban Heat Island, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108, 1982.
- OKE. T. R. **Boundary Layer climates**. 2 ed. London, Methuen & Ltda. A. Halstede Press Book, 372 pp 1987.
- OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. 1996, Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos- SP.
- OLIVEIRA, P. M. P., **A cidade apropriada ao clima – a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. 1988, Dissertação (Mestrado) – IAU – Universidade de Brasília, Brasília.
- ORLANSKY, I. A rational subdivision of scale for atmospheric processes. **Bulletin of Amedrican Meteorological Society**, 56, p.527-530, 1975.
- PARK, H. S. Features of the heat island inSeoul and surrounding cities. **Atmospheric Environment**, v. 26, n. 10, p. 1859-1865, 1986.
- RAJA, I. A.; VIRK, G. S. Thermal comfort in urban spaces: A review. In: MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO THE XXI CENTURY, Proceedings: Windsor., 2001, p. 342-352.
- ROMERO, M. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto editores Associados Ltda., 1988, 128 p.
- ROMERO, M. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: UnB, 2001.
- RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Fundacentro, 1999, 92 p.

SAARONI, H.; et al. Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island in Tel-Aviv, Israel, **Landscape and Urban Planning**, n. 48, 1-18 p., 2000.

SALVI SAKAMOTO, L. L. Os microclimas e a “configuração do céu na area central. In: TARIFA, J.R., AZEVEDO, T. R. **Os climas na cidade de São Paulo. Teoria e prática** São Paulo, Geousp, 2001, p. 165-187.

SAMPAIO, A.H.L. – Correlações entre uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador. 1981, Dissertação (Mestrado) – Departamento de Geografia, FFLCH – Universidade de São Paulo.

SANTANA, A. M. S.; LOMBARDO, M. A. O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Salvador, BA, p. 140-143, 1997.

SARTORI, M. G. B. O clima de Santa Maria, RS: Do Regional ao Urbano., 1979, Dissertação de Mestrado, FFLCH/USP, São Paulo.

SERRA, G. **O espaço natural e a forma urbana**.São Paulo. Nobel, 1987.

SHPIRT, S. et al. Micro-climate behaviors in various urban parks located at a hot, arid climate zone. The case of Beer-Sheva, Israel. . In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE. Anais...Göteborg, Sweden, 250-253 p., 2006.

SOUZA, L. C. L. Identificação de ilhas urbana de calor através da interpretação de imagem de satélite. In: II ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais...Florianópolis, SC, pp. 227-231, 1993.

SOUZA, L. C. L. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre**. 1996. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação da Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

SOUZA, I. C. L ; SILVA, A. N. R. Applying GIS tools for analysing urban thermal environment. . In: 23TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais... Geneva, Switzerland,Switzerland,,2006.

SOUZA, L. C. L. ; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. The 3DSkyView extension: an urban geometry access tool in a geographical information sistem In FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, Anais...Poland, 2003.

TAESLER, R. Urban climatological methods and data. Technical Conference on Urban Climatology and Its Applications with Special Regard to Tropical Areas: Proceedings...Geneva, WMO n. 652, 1986, 199-236. apud ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.

TARIFA, J. R.. Análise comparativa da temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP), Brasil. Geografia, V.2 (4), p. 59-60, Rio Claro, 1977.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J.R., AZEVEDO, T. R. **Os climas na cidade de São Paulo. Teoria e prática** São Paulo, Geousp, 2001, p. 47-70.

TSO, C. P. A survey of urban heat island studies in two tropical cities, **Atmospheric Environment**. v. 30. n.3, p. 507-519, 1996.

YAMASHITA, S. Detailed structure of head island phenomena from moving observations from electric tram-cars in metropolitan Tokyo. **Atmospheric Environment**. v. 30. n.3, p. 429-435, 1996.

ZAMBRANO, L.; MALAFAIA, C.; BASTOS, L. E. G. Thermal comfort evaluation in outdoor space of tropical humid climate. In: 23TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, Anais... Geneva, Switzerland,Switzerland,2006.

ZANG, C. Urban climate and pollution in Shanghai. **Energy and Buildings**, v. 16, n-2, p. 1991, 647 -656.

**APENDICE**

<b>Local:</b>	<b>Horário:</b>	<b>Data:</b>
<b>TEMPERATURA GLOBO:</b>	<b>TEMPERATURA AR:</b>	
<b>UMIDADE:</b>	<b>VEL. VENTO:</b>	
<b>Pesquisador:</b>		
<b>A entrevista foi?</b>		
<input type="checkbox"/> sombra	<input type="checkbox"/> meia sombra	<input type="checkbox"/> pleno sol
<b>O entrevistado estava exercendo qual atividade antes da entrevista?</b>		
<input type="checkbox"/> sentado	<input type="checkbox"/> em pé parado	<input type="checkbox"/> exercício
<input type="checkbox"/> andando no plano	<input type="checkbox"/> andando na subida	<input type="checkbox"/> andando na descida
<b>Sexo</b>	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Feminino
<b>Roupa</b>		<input type="checkbox"/> calça jeans
<input type="checkbox"/> camisa manga longa	<input type="checkbox"/> casaco algodão	<input type="checkbox"/> sapato
<input type="checkbox"/> camisa manga curta	<input type="checkbox"/> casaco lã	<input type="checkbox"/> sandália
<input type="checkbox"/> blusa lã	<input type="checkbox"/> jaqueta	tecido.....
<input type="checkbox"/> camiseta	<input type="checkbox"/> regata	.....
<input type="checkbox"/> outros. Qual?		<input type="checkbox"/> tênis
		<input type="checkbox"/> chinelo
		<input type="checkbox"/> bermuda
		<input type="checkbox"/> meia
<b>Acessório</b>		
<input type="checkbox"/> boné /chapéu	<input type="checkbox"/> sombrinha	
Vc estava aqui a 5 minutos atrás?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
<b>Idade</b>		
<input type="checkbox"/> 0-13 anos	<input type="checkbox"/> 14-17 anos	<input type="checkbox"/> 18 A 25 anos
<input type="checkbox"/> 36-45 anos	<input type="checkbox"/> > de 46 anos	<input type="checkbox"/> 26-35 anos
<b>Altura</b>	<b>Peso</b>	
<b>No momento, vc acha que está?</b>		
<input type="checkbox"/> muito calor		
<input type="checkbox"/> calor		
<input type="checkbox"/> pouco calor		
<input type="checkbox"/> nem calor nem frio		
<input type="checkbox"/> pouco frio		
<input type="checkbox"/> frio		
<input type="checkbox"/> muito frio		
<b>Neste momento você prefere que este ambiente esteja?</b>		
<input type="checkbox"/> muito mais quente		
<input type="checkbox"/> mais quente		
<input type="checkbox"/> pouco mais quente		
<input type="checkbox"/> nem mais quente nem mais frio		
<input type="checkbox"/> pouco mais frio		
<input type="checkbox"/> mais frio		
<input type="checkbox"/> muito mais frio		
Em relação a temperatura. Você esta se sentindo?		
<input type="checkbox"/> desconfortável		
<input type="checkbox"/> razoavelmente confortável		
<input type="checkbox"/> confortável		