



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**MANUELA DE LUNA FREIRE DUARTE**

**Comportamento Microclimático Urbano:  
Estudo de caso de um recorte urbano em  
João Pessoa - PB**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**MANUELA DE LUNA FREIRE DUARTE**

**Comportamento Microclimático Urbano:  
Estudo de caso de um recorte urbano em  
João Pessoa - PB**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba como parte dos pré-requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**Orientadora: Prof. Dra. Solange Maria Leder**

*D812c Duarte, Manuela de Luna Freire.*

Comportamento microclimático urbano: estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa-PB/ Manuela de Luna Freire Duarte. -- João Pessoa: [s.n.], 2010.

*140 f. : il.*

*Orientadora: Solange Maria Leder.*

*Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT.*

*1.Urbanismo. 2.Clima. 3.Praças. 4.Vegetação. 5.Temperatura do ar.*

# **Comportamento Microclimático Urbano: Estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa - PB**

Manuela de Luna Freire Duarte

Dissertação defendida em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010 e aprovada pela banca  
examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dra. Solange Maria Leder (Orientadora)  
PPGAU/UFPB

---

Prof. Dr. Francisco de Assis Gonçalves da Silva  
PPGAU/UFPB

---

Prof. Dr. Homero Jorge Matos de Carvalho  
IFPB

João Pessoa, 2010



*A Deus, aos meus pais e a Daniel*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Deus, por toda força e discernimento que me foram dados em todas as etapas desta dissertação.

À professora Dra. Solange, pelas valiosas orientações, paciência e dedicação.

Ao professor Dr. Francisco, por fazer parte da banca examinadora, pelo empréstimo dos equipamentos, pela ajuda na montagem dos mesmos, contribuições e esclarecimentos.

Ao professor Dr. Homero, por aceitar compor a banca examinadora, pela disponibilidade de empréstimos de equipamentos e pelos comentários nos seminários e qualificação.

Ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba por todos os ensinamentos e colaborações. Estendendo-se a todos os funcionários, pelos serviços prestados.

À professora Dra. Angelina Costa, pela orientação e apoio no início desta pesquisa.

Ao professor Dr. Tarcisio Cabral, pelos comentários e colaborações.

À Rafael, pela troca de experiências na montagem e testes dos equipamentos de medição.

Ao Eng. Francisco Raimundo (Lampadinha), do INPE – RN, pela valiosíssima ajuda na calibração dos equipamentos de medição, ensinamentos no manuseio destes e nos *softwares* relacionados.

À todos que contribuíram nas medições de campo, Jorge, Rosângela, Mariana, Marcela, Daniel, Rossanna, Valério, Renato, Fábio, Fagner, Renata, Bruno e Raquel.

À Carlos Alberto, pela ajuda na produção das máscaras solares.

Aos seguranças Fernando Max e a Fator Segurança Armada pela guarda dos equipamentos de campo.

À Kaline, por ceder espaço para abrigar o console da Estação Meteorológica *Davis*.

À coordenação geral de Agrometeorologia, na pessoa da meteorologista Maria Cristina, pela disponibilidade dos dados da estação do INMET.

À Prefeitura Municipal de João Pessoa, pela concessão dos mapas, imagens e dados referentes ao recorte urbano do bairro de Manaíra.

Ao Programa REUNI de assistência ao ensino pelo apoio financeiro nos últimos seis meses de pesquisa.

E por fim não poderia deixar de agradecer aos que contribuíram na minha formação pessoal, sem os quais nada seria possível.

Aos meus queridos pais, Jorge e Rosângela, meus maiores exemplos de vida, por todo ensinamento pessoal, pelos incentivos e apoios em todos os momentos difíceis, pelo amor incondicional e principalmente por acreditarem na minha capacidade de vencer mais um desafio.

Às minhas irmãs e amigas, Mariana e Marcela, que sempre se fizeram presentes me apoiando acima de tudo, pela ajuda nas correções ortográficas e formatação do texto.

A minha vizinha, D. Zefinha, todo meu amor, por me fazer confiar ainda mais em Deus e acreditar que tudo é possível quando Ele esta presente.

A minha madrinha Tia Rita, por todo carinho, pelas correções ortográficas e textuais, pelo abstract e por todas as palavras de apoio e motivação.

Ao meu marido Daniel, pela incansável compreensão nas minhas ausências, pelo companheirismo, dedicação, pela indispensável ajuda na montagem dos equipamentos e nas medições de campo, por me ensinar a superar meus medos e receios, pelo amor, carinho e sorrisos que me dedica todos os dias.

À equipe de arquitetos do escritório Germano Romero Arquitetura, Germano, Rossanna, Valério, Adriana, Geórgia e Halline, por toda compreensão nas minhas ausências, pela amizade e carinho.

Aos meus caríssimos amigos, Giu, Carol, Marcus, Marcela, Fábio, Gi, Natália, Aline, Edd, Renata, Bruno, Raquel, Rodrigo, Juliana por todos os momentos de descontração.

Enfim, a toda minha família, tios, primos, cunhados, sobrinhos e etc. que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais esta etapa.

*“Vou te ensinar, dizeis, vou te mostrar o caminho  
que deves seguir; vou te instruir, fitando em ti os meus olhos”*

*Salmo 31, 8*

DUARTE, Manuela de Luna Freire. Comportamento microclimático urbano: Estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa – PB. João Pessoa, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

## **RESUMO**

A urbanização acelerada gera impactos sobre variáveis climáticas, como também favorece a ocorrência de problemas como ilhas de calor e inversões térmicas. O conhecimento das características climáticas do meio urbano é uma das formas de reverter ou amenizar as consequências resultantes desta urbanização. O trabalho visa verificar o comportamento microclimático de um recorte urbano que envolve a Praça Silvio Porto em João Pessoa - PB. Objetiva-se verificar se há correlação entre o comportamento da temperatura, umidade e velocidade do vento com a presença de vegetação e características morfológicas do meio urbano. Monitoraram-se estas variáveis utilizando uma estação fixa e o método de medições móveis, durante oito dias consecutivos, nos períodos matutino, vespertino e noturno. Os resultados ressaltam que variáveis morfológicas como o fator de céu visível, horas de insolação recebidas e velocidade do vento têm maior influência sobre o aumento da temperatura do ar que a proximidade com a vegetação existente na Praça Silvio Porto.

Palavras-chave: Clima, Urbanização, Praças, Vegetação, Temperatura do ar.

DUARTE, Manuela de Luna Freire. Urban microclimatic behavior: a case study of an urban section in Joao Pessoa - PB. João Pessoa, 2010. Dissertation (Master of Architecture and Urbanism) – Postgraduate Program in Architecture and Urbanism, Technology Center, Federal University of Paraíba.

## **ABSTRACT**

Rapid urbanization generates impacts on climatic variables favoring the occurrence of problems such as heat islands and temperature inversions. The knowledge of the climatic characteristics of the urban environment is one way to reverse or mitigate the effects caused by urbanization. The work aims at investigating the behavior of an urban microclimate area surrounding the Silvio Porto Square in João Pessoa - PB. It also tries to correlate the behavior of temperature, humidity and wind speed with vegetation and morphological characteristics of the urban environment. These variables were monitored by using a fixed station and a mobile measuring system for eight consecutive days in the morning, afternoon and at night. The results indicated that morphological variables as sky-view factor, the hours of solar radiation and wind speed have greater influence on temperature increase than the proximity to the existing vegetation in the Silvio Porto Square.

Keywords: Climate, urbanization, Squares, vegetation, air temperature.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Efeitos Aerodinâmicos dos ventos. ....	32
Figura 2: Reflexão e Absorção dos raios solares pelos materiais. ....	33
Figura 3: Ciclo hidrológico. ....	35
Figura 4: Configuração da relação entre a diferença de alturas na área urbana e do equilíbrio com vegetação com a trajetória dos ventos. ....	41
Figura 5: Esquema ilustrativo das ilhas de calor formado sobre áreas urbanas. ....	45
Figura 6: Estação Meteorológica <i>Davis</i> ....	51
Figura 7: Proteção de polietileno desenvolvida para a pesquisa. ....	52
Figura 8: Localização da Estação INMET – PB. ....	53
Figura 9: Mapa de localização dos pontos de medição. ....	54
Figura 10: Mapa da Região Nordeste e da Paraíba com destaque para a cidade de João Pessoa. ....	60
Figura 11: Gráfico de Número de habitantes de João Pessoa de 1872 a 2009. ....	61
Figura 12: Classificação Climática de Köppen para o estado da Paraíba. ....	62
Figura 13: Gráfico de Umidade em João Pessoa de 1961 a 1990. ....	64
Figura 14: Gráfico de Insolação em João Pessoa de 1961 a 1990. ....	64
Figura 15: Temperatura média em João Pessoa de 1961 a 1990. ....	64
Figura 16: Evaporação em João Pessoa de 1961 a 1990. ....	64
Figura 17: Temperaturas Máximas e Mínimas em João Pessoa de 1961 a 1990. ....	65
Figura 18: Localização do bairro de Manaíra na cidade de João Pessoa. ....	66
Figura 19: Praças existentes no bairro de Manaíra, com destaque para a Praça Silvio Porto. ....	67
Figura 20 - Mapa de uso do solo do entorno da Praça Silvio Porto. ....	71
Figura 21 - Mapa de gabarito das edificações da área de entorno da Praça Silvio Porto. ....	72
Figura 22 - Mapa de localização das massas vegetais arbóreas da área de entorno da Praça Silvio Porto. ....	73
Figura 23 - Mapa de recobrimento das vias da área de entorno da Praça Silvio Porto. ....	74
Figura 24 - Mapa de Topografia da área de entorno da Praça Silvio Porto. ....	75
Figura 25: Vista aérea da área de entorno da Praça Silvio Porto com a localização dos pontos de medição. ....	76
Figura 26 - Mapa de temperatura do ar pela manhã no verão. ....	108
Figura 27 - Mapa de temperatura do ar a tarde no verão. ....	109
Figura 28 - Mapa de temperatura do ar a noite no verão. ....	110
Figura 29 - Mapa de umidade do ar pela manhã no verão. ....	111
Figura 30 - Mapa de umidade do ar a tarde no verão. ....	112
Figura 31 - Mapa de umidade do ar a noite no verão. ....	113
Figura 32 - Mapa de velocidade do vento pela manhã no verão. ....	114
Figura 33 - Mapa de velocidade do vento a tarde no verão. ....	115
Figura 34 - Mapa de velocidade do vento a noite no verão. ....	116
Figura 35 - Mapa de direção dos ventos no verão. ....	117
Figura 36 - Mapa de temperatura do ar pela manhã no inverno. ....	118
Figura 37 - Mapa de temperatura do ar a tarde no inverno. ....	119
Figura 38 - Mapa de temperatura do ar a noite no inverno. ....	120
Figura 39 - Mapa de umidade do ar pela manhã no inverno. ....	121

Figura 40 - Mapa de umidade do ar a tarde no inverno .....	122
Figura 41 - Mapa de umidade do ar a noite no inverno .....	123
Figura 42 - Mapa de velocidade do vento pela manhã no inverno .....	124
Figura 43 - Mapa de velocidade do vento a tarde no inverno.....	125
Figura 44 - Mapa de velocidade do vento a noite no inverno.....	126
Figura 45 - Mapa de direção dos ventos no inverno .....	127
Figura 46: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 08h nos dois períodos de medição. ....	130
Figura 47: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 14h nos dois períodos de medição.....	130
Figura 48: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 20h nos dois períodos de medição. ....	130
Figura 49: Gráfico de Precipitação no mês de Fevereiro/2010 na estação de referência. ....	131
Figura 50: Gráfico de Precipitação no mês de Maio/2010 na estação de referência.....	131
Figura 51: Gráfico de Precipitação no mês de Junho/2010 na estação de referência.....	131
Figura 52: Gráfico de Insolação no mês de Fevereiro/2010 na estação de referência. ....	132
Figura 53: Gráfico de Insolação no mês de Maio/2010 na estação de referência. ....	132
Figura 54: Gráfico de Insolação no mês de Junho/2010 na estação de referência. ....	132



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Albedo de Algumas superfícies terrestres em % .....	34
Tabela 2: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano. ....	39
Tabela 3: Propriedades radioativas de materiais e .....	42
Tabela 4: Características do bioclima mediterrâneo ou nordestino sub-seco. ....	62
Tabela 5: Resumo das características analisadas para a escolha da praça para a pesquisa. ....	67
Tabela 6: Correlação de Pearson entre a temperatura do ar e demais variáveis a 5% de significância. ....	134
Tabela 7: Correlação de Pearson entre a temperatura do ar e demais variáveis por horário de medição. ....	135

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.2 JUSTIFICATIVA .....	21
1.3 ESTUDOS ANTECEDENTES .....	22
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>27</b>
2.1 CLIMA.....	27
<b>2.1.1 Variáveis Climáticas .....</b>	<b>28</b>
2.2 O CLIMA URBANO .....	35
2.3 ESCALAS CLIMÁTICAS.....	37
2.4 ELEMENTOS DA FORMA URBANA QUE INTERFEREM NO CLIMA .....	39
2.4.1 Topografia .....	40
2.4.2 Uso do Solo .....	40
2.4.3 Altura das Edificações .....	41
2.4.4 Recobrimento do solo (Permeabilidade).....	42
2.4.5 Áreas Verdes .....	43
2.4.6 Fator de céu visível.....	44
2.5 O FENÔMENO DAS ILHAS DE CALOR NO MEIO URBANO.....	45
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>48</b>
Etapa 02 – Caracterização da área de estudo. ....	48
Etapa 03 – Planejamento das medições .....	49
Etapa 04 – Escolha e caracterização dos pontos de medição .....	54
Etapa 05 – Análises dos dados obtidos .....	55
<b>4 UNIVERSO DE ANÁLISE.....</b>	<b>60</b>
4.1 A CIDADE DE JOÃO PESSOA.....	60
4.2 O CLIMA EM JOÃO PESSOA .....	62
4.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	65
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
5.1 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE QUALITATIVA DO RECORTE URBANO .	68
5.1.1 Caracterização morfológica da área de entorno da Praça Silvio Porto .....	68
5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO.....	76

5.3	ANÁLISE DOS DADOS OBSERVADOS NA MEDIÇÃO DE CAMPO .....	88
5.3.1	Análise descritiva do comportamento diário.....	88
5.3.2	Análise do dia representativo .....	88
5.3.2.1	<i>Análise por Período em cada horário de medição</i> .....	89
5.3.2.2	<i>Análise por ponto de medição</i> .....	99
5.3.3	Análise climática dos períodos de medição segundo o INPE/CPTEC .....	128
5.3.4	Análise Estatística.....	133
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>137</b>
	DISCUSSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	141
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>142</b>

# Capítulo 1



# 1 INTRODUÇÃO

O homem e o clima se afetam reciprocamente. O clima influencia o ser humano de diversas maneiras e o homem pode influenciá-lo por meio de suas atividades. Os efeitos das ações humanas sobre o clima podem ser vistos e sentidos principalmente nos grandes centros urbanos quando se provoca expansão de áreas construídas, alteração da paisagem natural, aumento do fluxo de automóveis, ampliação das atividades industriais, entre outros.

Resultante da urbanização, a alteração do comportamento térmico da superfície se torna uma preocupação atual e interdisciplinar no planejamento das cidades. Esta elevação da temperatura é decorrente da constante modificação da morfologia urbana, incluindo-se a diminuição de massas vegetais urbanas, encontradas em praças e parques, o adensamento desordenado (que altera a rugosidade urbana), a substituição de revestimentos permeáveis por impermeáveis e pela própria presença de atividades humanas que alteram os balanços de energia, modifica as trocas térmicas entre o meio e a superfície e produzem um clima específico com características diferenciadas para cada área urbana.

Além do desconforto ambiental, as mudanças climáticas resultantes da falta de planejamento de algumas estruturas urbanas podem gerar problemas físicos, econômicos, sociais e políticos. Fenômenos como formação de elevadas ilhas de calor, alto índice de poluição urbana, chuvas intensas, seguidas de inundações e desabamentos geram consequências indescritíveis aos habitantes.

O entendimento do clima então se torna fundamental na compreensão do espaço, aspecto relevante na produção da qualidade ambiental urbana. Com isso, a problemática que motiva esta pesquisa questiona quais os impactos existentes sobre o clima urbano que podem ser vistos nas estruturas urbanas atuais, modificadas pelo homem. Sabendo-se que compete aos planejadores e gestores urbanos adequar a expansão urbana às características físicas do meio para que sejam minimizados os efeitos adversos desse desenvolvimento. O conhecimento dos fatores climáticos, juntamente com as características físicas, como topografia, morfologia, presença de vegetação e corpos d'água é essencial que se desenvolvam pesquisas que possam basear a elaboração de diretrizes urbanísticas que visem melhorar as condições climáticas nas cidades.

## 1.1 OBJETIVOS

### **GERAL**

O objetivo geral dessa pesquisa é verificar a magnitude da influência de uma área verde urbana na condição climática do seu entorno, tomando-se como estudo de caso um recorte urbano, no caso uma praça, do bairro de Manaíra em João Pessoa – PB.

### **ESPECÍFICOS:**

- Contribuir para a caracterização do comportamento microclimático de um recorte urbano na cidade de João Pessoa - PB, verificando as variáveis ambientais temperatura do ar, umidade do ar e direção e velocidade dos ventos.
- Fornecer orientações para um planejamento urbano que promova adequação climática através da percepção das correlações existentes entre variáveis microclimáticas e morfológicas de alto impacto em um recorte urbano da cidade de João Pessoa - PB.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Os espaços verdes públicos das cidades brasileiras, na sua maioria, encontram-se desprovidos de ações vindas dos órgãos responsáveis pelo planejamento, projeto, construção, fiscalização e, principalmente, manutenção. A partir da década de 1980, o Estado procurou gerar estratégias de desconcentração industrial, aliadas a fatores como o deslocamento da oferta de empregos. A classe média, em especial, procurou residir e trabalhar perto das grandes cidades, e não mais nelas propriamente ditas. Já a população rural continuou a migrar para os grandes centros procurando “condições de vida”. Assim, enquanto as cidades médias cresciam em taxas expressivas, as metrópoles, que já haviam passado pela expansão, aumentam mais gerando assim malhas urbanas cada vez mais complexas.

Estudos relacionados ao clima urbano se intensificaram após a 2ª Guerra Mundial, com a crescente urbanização e a industrialização. Pesquisas sobre as variações termohigrométricas nas áreas urbanas são antigas, porém, a maioria está focada nas grandes cidades, por apresentarem mais variações evidentes no comportamento dos elementos climáticos. A caracterização do clima urbano para as cidades de médio, e principalmente de pequeno porte ainda é limitada.

Para Mills (1999) a evolução da climatologia urbana é evidente no sentido de fundamentação física, onde modelos muito complexos são aplicados a cenários urbanos simplificados (às vezes *urban canyons*<sup>1</sup> estereotipados). Este mesmo autor defende uma abordagem mais empírica, baseada em estudos de casos (áreas reais), com objetivos mais práticos e restritos, aplicados em suas pesquisas. Com base nisto, é real a necessidade de caracterização do comportamento climático em estruturas urbanas diferenciadas.

A importância de se estudar o comportamento térmico existente em praças e parques e no seu entorno residem no fato de que estes, como locais públicos e planejados, deveriam proporcionar, além de ações sociais de lazer, condições de bem-estar e conforto para os usuários e ruas adjacentes. Assim, entendendo o clima como uma variável relevante na situação de conforto do ser humano, pode-se justificar este estudo dando-se ênfase à importância da caracterização do comportamento microclimático de um recorte urbano mais específico na cidade de João Pessoa - PB.

### 1.3 ESTUDOS ANTECEDENTES

Pesquisas e as conseqüentes reflexões abordando a influência das áreas verdes urbanas, como as praças, sobre o clima da cidade são constantes atualmente. Nesse contexto, podem ser destacadas ações como o Estatuto da Cidade<sup>2</sup>, que propõe um novo enfoque aos Planos Diretores em busca da cidade sustentável, com a obrigatoriedade de elaboração ou revisão dos planos diretores municipais das cidades, o que se revelou um ‘convite’ para se repensar a forma urbana, tornando-se uma grande oportunidade para que as questões referentes à qualidade ambiental fossem incluídas no planejamento urbano.

Assim, os métodos do urbanismo bioclimático, desde a compreensão das condições ambientais (insolação, iluminação natural, ventos, vegetação) e urbanas (sistema viário, áreas livres, estrutura urbana) são importantes para dar subsídios técnicos às decisões do planejamento urbano que, por sua vez, devem considerar a capacidade de suportar o adensamento, amenizar a geração de ruído urbano, melhorar a demanda do sistema de transportes, contribuir para a melhoria das relações do homem com o ambiente natural e amenizar as implicações dos fatores morfoclimáticos.

---

<sup>1</sup> *Urban Canyons* – Elemento comum na estrutura urbana formado por ruas com fileiras de prédios altos em ambos os lados, análogo a um *canyon* de um rio.

<sup>2</sup> O Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257 de 2001, veio regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, referentes à política urbana, estipulando que as cidades com população acima de 20.000 habitantes deveriam elaborar seus Planos Diretores.

Não obstante, estudos do clima urbano vêm se tornando um importante fator de contribuição para que os aspectos relativos à qualidade ambiental sejam tratados mais adequadamente no que diz respeito à legislação. Apesar de existir esta importante relação entre a climatologia e o planejamento, sabe-se que a questão ‘prática’ ainda é limitada. Pesquisadores que estudam o clima urbano apresentam abordagens que buscam identificar os avanços das aplicações dos resultados de suas pesquisas na prática do planejamento e projeto urbanístico e arquitetônico.

Segundo Assis (2005), a influência da geometria urbana e da inércia térmica na variação dos parâmetros de temperatura e umidade do ar, da avaliação da ventilação urbana na dispersão de poluentes, e da consideração do conforto térmico do usuário em áreas externas estão em crescente desenvolvimento, porém a maior parte desses estudos é empírica, limitando assim sua aplicação em diferentes climas.

Para Andrade (2005), a relação existente entre os campos teórico e prático ainda é insuficiente, seja pela dificuldade dos climatologistas em integrar o seu trabalho numa perspectiva ambiental mais ampla, ou pela reduzida importância dada às temáticas ambientais nas abordagens sociológicas e econômicas do espaço urbano pelos planejadores. Autores como Lombardo (1985) e Duarte (2000) valorizam os estudos do clima urbano no planejamento, através das alternativas normativas orientadas para a melhoria da eficiência energética e construtivas por meio de criação de diretrizes de projeto comprometidas com o conforto ambiental, sendo a prática dessas ações menos onerosa do que os custos para solucionar problemas climáticos, como grande consumo energético, grandes enchentes e secas, entre outros problemas gerados pelos impactos ambientais da emergente urbanização atual.

Ao analisar áreas verdes, tais como parques e praças, pode-se chegar à conclusão que a presença da vegetação auxilia na amenização 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 100m.

Obviamente, as cidades são diferentes entre si, e embora apresentem alguns elementos em comum, como as zonas residenciais, industriais e comerciais, o sistema viário, as praças e espaços livres, e o fato de que com o desenvolvimento dos centros urbanos, as áreas construídas se expandem, ocupando espaços antes pertencentes à vegetação, e cada clima existente nessas estruturas urbanas tem sua especificidade.



Em estudo realizado por Lombardo (1985) ficou comprovado, para a cidade de São Paulo, a existência de uma relação entre os tipos de solo urbano e a variação das temperaturas superficiais. As temperaturas mais altas puderam ser observadas em áreas com alta densidade demográfica, crescimento vegetal intenso e pouca vegetação. Contudo, as regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação ou próximas a reservatórios de água, sofreram acentuados declínios de temperatura.

Sattler (1992) afirma que a vegetação pode ser utilizada para a interceptação da radiação difusa, direta e refletida pelo solo ou edificações próximas. Porém o desempenho de cada indivíduo arbóreo varia conforme a densidade de sua folhagem (ciclo fenológico de cada espécie), as condições de transparência do céu e a posição relativa do Sol. Segundo ele, as alterações no regime de ventos, produzidas pelos agrupamentos de edificações altas, em particular, produzem condições de desconforto tanto nas vias de circulação como nas áreas próximas das edificações e em seu interior. Embora a vegetação não possa controlar as condições de desconforto, ela pode eficientemente abrandar sua intensidade.

Estudos citados pelo referido autor apontam que as áreas desprovidas de vegetação tornam-se quentes de dia e frias à noite. Já áreas densamente vegetadas não apresentam grandes variações diurnas, sendo consideravelmente mais frescas que as anteriores, enquanto as áreas confinadas entre edifícios são as mais frias ao meio-dia e não variam significativamente em relação às anteriores, à noite. Configura-se, pois, uma variabilidade considerável nos climas urbanos que dependendo da quantidade de radiação solar recebida, bem como do regime de ventos e de precipitação da umidade, e, em consequência, da temperatura resultante, definirão climas mais ou menos confortáveis ao homem.

Furtado (1994) afirma que, ao se utilizar a vegetação para sombreamento, possibilita a economia de energia e criar espaços externos agradáveis à permanência humana. Além disso, praças ou parques fornecem uma forma de resfriamento passivo por meio de dois mecanismos. Primeiro, o sombreamento lançado pelas plantas que reduz a conversão de energia radiante em calor sensível, conseqüentemente diminui as temperaturas de superfície dos objetos sombreados e depois, a evapotranspiração da superfície da folha resulta em resfriamento da folha e do ar adjacente devido à troca de calor latente.

A vegetação, além de bloquear a incidência, absorve a maior parte desta radiação e contribui para o balanço energético nas cidades. De acordo com Rivero (1986), a vegetação absorve aproximadamente 90% da radiação visível e 60% da infravermelha, o restante é transmitido entre as folhas ou refletido. Nesta mesma direção, o grupo ABC da Escola de Arquitetura de Marselha desenvolveu, em 1997, pesquisas sobre influências entre a

vegetação, morfologia e climas urbanos utilizando-se de medições de temperatura, umidade, ventilação, da apreensão angular dos espaços e o registro fotográfico da radiação infravermelha. Em todas as técnicas utilizadas confirmou-se que a vegetação ameniza o microclima do ambiente.

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 3°C menor, na área arborizada, em horários de temperatura elevada e em tempo estável.

De Kauffman, Machado e Barroso (2001) realizaram um estudo de avaliação de conforto em áreas abertas de clima quente úmido, na cidade de Maracaibo, na Venezuela. Os resultados constataram que a vegetação, especialmente árvores de grande porte, desempenha 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.

Barbosa (2005) fez medições de variáveis climáticas em áreas verdes urbanizadas e em áreas desprovidas de vegetação, no ambiente urbano de Maceió - AL. Constatou que a presença da vegetação influenciou nos resultados dos valores de temperatura, umidade relativa do ar e direção dos ventos, de modo a determinar microclimas favoráveis ao conforto, confirmando o impacto positivo da vegetação urbana na melhoria das condições climáticas. O autor conclui ainda que esta amenização climática é proporcionada principalmente pelo efeito de sombreamento provocado pelas árvores.

No estudo realizado por Modma (2003), foram analisadas as diferenças de temperatura e umidade do ar em dois locais da região central de São Carlos, com características distintas, destacando-se pela diferença de vegetação arbórea. As medições realizadas nas áreas arborizadas mostraram menores valores de temperatura do ar e amplitudes térmicas em relação às observadas na praça sem vegetação.

Freitas (2008) afirma que a vegetação está diretamente associada às zonas climáticas, sendo globalmente determinada pelo clima em que se insere. Porém, na escala local, a vegetação influencia enormemente os elementos ambientais, podendo vir a ser a principal responsável pela formação de um determinado microclima.

Segundo Santamouris (2001), a evapotranspiração produzida pelas árvores contribui para criar espaços com temperaturas mais amenas dentro do ambiente urbano denominado “o

*fenômeno do oásis*”. O valor da redução da temperatura é relacionado ao contrapeso da energia total da área, mas, em geral, o oásis é caracterizado pela relação de *Bowen*, sensibilidade aos fluxos latentes do calor.

Tendo em vista o grande desenvolvimento de estudos de clima urbano, é primordial salientar os estudos locais que mostram as reais condições ambientais dentro da cidade de João Pessoa. Destacam-se os estudos de Silva, (1999); Ferraz (2003); Peregrino (2005); Queiroga (2005); Panet (2005), Carvalho (2006) e Santos (2007).

Segundo Quintans *apud* Ribeiro (2008), a área coberta por vegetação (arbórea, arbustiva e forrageira) em João Pessoa chega ao percentual de 59,15% (concentrados na mata do buraquinho e parque Arruda Câmara), quando em média e na maioria das áreas urbanas, esta cobertura vegetal varia entre 14% e 36%. Porém, morfologicamente falando, grande parte da cobertura arbórea da cidade de João Pessoa está localizada em lotes privados (Dieb, 1999).

Com dados da prefeitura municipal de João Pessoa, pode-se fazer uma comparação simples entre bairros da periferia, como Gramame ou Paratibe, atingindo um percentual de área verde maiores que 80% enquanto bairros ditos, ‘urbanizados’ têm baixos percentuais, não chegando a 30%. Além disto, suas áreas verdes são particulares, o que leva a concluir que, em determinado momento, a perda gradativa da cobertura vegetal está vinculada ao desaparecimento dos tais vazios urbanos.

Mesmo com constantes modificações da legislação urbanística na cidade de João Pessoa, como a atual revisão no Plano diretor, feita em Maio de 2009, faz-se necessário uma maior ênfase no incentivo à arborização de ruas urbanas, à elaboração de prescrições urbanísticas que levem em consideração o conforto ambiental urbano que uma praça bem planejada pode gerar, no sentido de tornar a cobertura vegetal mais ‘pública’, atribuindo-as uma utilização mais adequada em relação à melhoria paisagística e principalmente, microclimática dos espaços públicos urbanos.

# Capítulo 2



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são discutidos os conceitos adotados no estudo. Primeiramente, fez-se uma abordagem sobre o clima, suas definições, seus condicionantes e formadores e sua relação com a morfologia da cidade. Em seguida, busca-se entender a relação existente entre a vegetação e o microclima, procurando entender como as massas vegetais urbanas afetam a sensação térmica do usuário. E por fim, procurou-se observar quais os fatores que surgem como causas e conseqüências do aumento da temperatura do ar.

### 2.1 CLIMA

Clima é um dos componentes da variável natural que influencia as condições do meio urbano e é por este influenciado. Segundo a definição de *Sorre*, em 1937, o clima pode ser entendido como a sucessão habitual dos estados atmosféricos (tipos de tempo) sobre um determinado lugar. *Conti* (1993) explica que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1959, definiu o clima como sendo o conjunto das condições atmosféricas caracterizado pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo, em um domínio espacial determinado.

*Koenigsberger et al* (1977) conceituam clima como uma integração no tempo dos estados físicos do ambiente atmosférico característico do sítio. *Givoni* (1976) afirma que o clima de uma dada região é determinado pelo padrão de variação dos elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano.

O estudo do comportamento climático e sua aplicação ao ambiente construído desenvolvem-se na base teórica do enfoque bioclimático em arquitetura. *Romero* (2001) salienta que o estudo da bioclimatologia agrupa questões referentes à biologia, ecologia, climatologia, e também às interações com arquitetura e o desenho urbano. O envolvimento destas variáveis apresenta uma implicação direta na saúde humana, nas sensações de conforto térmico e na qualidade sanitária do ambiente. Dessa forma, o clima pode ser considerado como uma componente para a qualidade de vida.

Entende-se que os fatores climáticos globais são aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao clima, como a radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e massas de água e terra. E os elementos atmosféricos do clima que influenciam nas

condições da bioclimatologia são: a radiação solar, a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar, tidas como variáveis climáticas.

A interação dos elementos atmosféricos do clima com outros fatores geográficos globais configura os diversos tipos de climas regionais que podem ser agrupados em grandes grupos de acordo com suas características comuns e dão condições para a análise do conforto ambiental, sobretudo pelo que se denomina calor sensível.

Por sua vez, a combinação dos elementos atmosféricos com os fatores climáticos locais como topografia vegetação e tipo de recobrimento do solo dá origem ao microclima de cada local. As condições de conforto térmico exigem requisitos diferenciados para adaptar-se aos diversos tipos climáticos, o que requer a aplicação dessas condições bioclimáticas ao projeto e planejamento urbano.

Monteiro (1975) afirma que, caso as edificações não disponham de uma tecnologia de conforto especializada para anular completamente a realidade climática, haverá lugares onde o grau de desconforto será enorme. Assim, devem-se criar cidades que usem recursos e técnicas que limitem essas ações da natureza.

### **2.1.1 Variáveis Climáticas**

Aprofundam-se os conceitos de alguns elementos e fatores climáticos que serão considerados nesta pesquisa:

#### **a) Temperatura do ar**

A temperatura do ar é um índice que expressa a quantidade de calor sensível de um corpo, sendo um dos efeitos mais importantes da radiação solar. Para Ayoade (2002), a temperatura do ar em uma localidade pode variar com o decorrer do tempo conforme o local analisado. Em seu estudo, afirma que a quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, a distância a partir dos corpos hídricos, o relevo, a natureza dos ventos predominantes e as correntes oceânicas podem influenciar na temperatura sobre a superfície da Terra ou parte dela. Afirma ainda que o relevo tem um efeito atenuador sobre a temperatura, principalmente porque a temperatura do ar normalmente diminui com a altitude crescente, a uma taxa média de 0,6°C por 100 metros. Em área de topografia e inclinação variadas, o aspecto e o grau de exposição das localidades são fatores importantes que influenciam a temperatura.

Koenigsberger (1977) *apud* Romero (1988) diz que: “*uma diferença de 7 a 8m de altura podem produzir diferenças de 5 a 60°C na temperatura do ar sob condições de calmaria*”. A mesma autora complementa:

Normalmente verifica-se uma diminuição da temperatura a medida que aumenta a altura, mas pode acontecer também um fenômeno inverso, isto é, a temperatura aumenta com a altura. Isto acontece porque o calor que a terra absorveu durante o dia é reirradiado para o espaço durante a noite. O solo esfria rapidamente e sua temperatura fica inferior à das camadas de ar adjacentes. O fluxo calórico que durante o dia dava lugar a uma corrente ascendente do ar aquecido e leve, durante a noite é inverso, formando uma corrente descendente do ar para o solo. (Romero, 1988 p.16)

É relevante ressaltar as modificações constantes da superfície terrestre tornam os estudos de calor nos solos ainda mais complexos. Para Ometto (1981) *apud* Oliveira (2008), uma superfície do solo pode absorver maior ou menor quantidade de energia radiante. Esta absorção limita-se aos primeiros milímetros de sua superfície, tornando-se, portanto, tanto mais energética quanto maior a energia absorvida. Da radiação líquida disponível à superfície do solo, uma parcela sofre o processo de condução molecular, transferindo parte daquela energia da superfície para camadas mais profundas.

Outro aspecto igualmente importante para a temperatura é a urbanização exacerbada, conseqüência do mau planejamento do traçado urbano, do aumento da densidade populacional e da frota de veículos das cidades, da refletância dos materiais das construções atuais e da diminuição das áreas verdes urbanas.

A temperatura radiante média – TRM expressa a temperatura média dos corpos que trocam calor no ambiente e das trocas térmicas entre as superfícies e as pessoas tendo uma influência considerável nas condições de conforto térmico dos usuários da cidade. De forma geral, seu valor é um pouco maior ou um pouco menor do que o da temperatura do ar, pois promulga a presença de corpos em diferentes temperaturas, trocando calor através da radiação. Um exemplo disto ocorre no verão, quando a temperatura do ar baixa após o entardecer.

As áreas urbanas contemporâneas têm superfícies mais escuras e menos vegetação. Estas diferenças afetam o clima, o uso de energia e a habitabilidade das cidades. Superfícies escuras e vegetação reduzida aquecem a camada de ar acima das áreas urbanas, conduzindo à criação de ilhas de calor (AKBARI, 1997).

Assis (1990) afirma que o conceito da ilha de calor se limita, dentro de uma visão sistêmica, a compreender o fenômeno meteorológico e sua modelagem, observando e

analisando os processos de transformação de energia a partir da interação entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído.

#### b) Umidade do ar

A umidade do ar é a água, na fase de vapor, existente na atmosfera. Suas fontes são as superfícies de água, gelo e neve, a superfície do solo e as superfícies vegetais e animais. A sua concentração é pequena, chegando ao máximo a 4% em volume com grande variabilidade.

Segundo Romero (1988), a capacidade do ar para conter o vapor d'água é diretamente proporcional a temperatura. A média de umidade não é uniforme sobre a terra, sendo maior nas zonas equatoriais e menores nos pólos, acompanhando os padrões de radiação e temperatura. Ainda de acordo com a autora, a quantidade e a proporção de vapor d'água na atmosfera são expressos de várias maneiras, dentre as quais se tem a umidade absoluta, umidade específica, pressão de vapor e umidade relativa.

A umidade absoluta expressa o peso de vapor d'água por unidade de volume de ar ( $\text{g/m}^3$ ) e a umidade específica, o peso do vapor d'água por unidade de peso de ar ( $\text{g/Kg}$ ). A pressão de vapor do ar é a parte da pressão atmosférica global que é devida ao vapor d'água ( $\text{mm/Hg}$ ). Quando o ar contém todo vapor d'água se diz que o ar está saturado e que a umidade relativa é de 100%. Quando o vapor contido é menor que o conteúdo potencial na mesma temperatura a umidade relativa é menor que 100%. (Romero, 1988. p.16)

Segundo Ayoade (2002), apesar do vapor de água representar uma pequena parcela na atmosfera, é o componente mais importante na determinação do tempo e do clima, devendo-se aos seguintes fatores:

- O vapor d'água é a origem de todas as formas de condensação e de precipitação;
- O vapor d'água pode absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre e, assim, desempenha o papel de regulador térmico no sistema Terra-atmosfera, exercendo em particular um grande efeito sobre a temperatura do ar;
- O vapor d'água contém calor latente que é importante fonte de energia para a circulação atmosférica e para o desenvolvimento de perturbações atmosféricas. A energia absorvida é liberada enquanto o vapor se condensa;
- A quantidade de vapor d'água no ar influencia a taxa de evaporação e de evapotranspiração sendo um importante fator que determina a temperatura sentida pelo homem e, conseqüentemente, o conforto térmico.



Para Mascaró (1996), em meios urbanos, a relação entre temperatura e umidade relativa do ar sofre interferência das características da área. A quantidade de vapor de água na massa de ar é diretamente afetada pela temperatura local do ar. Se as superfícies que formam o recinto urbano armazenam e irradiam muito calor, como nos centros urbanos, a temperatura local e a umidade absoluta se elevam e a umidade relativa decresce. O teor de umidade local dependerá, então, da interação existente entre a temperatura do ar e a temperatura superficial do recinto.

Para Givoni (1976) a concentração de vapor d'água cai na medida em que o nível de altura local aumenta, sendo a quantidade de vapor presente nas camadas superiores de ar menores que nas mais próximas da terra. A umidade relativa pode variar conforme as horas do dia e épocas do ano, mesmo quando a pressão de vapor permanece constante. Isto acontece devido às mudanças diurnas e anuais na temperatura do ar que determinam a capacidade potencial do ar em conter determinada quantidade de vapor d'água (ROMERO, 1988).

Em função das estações, a umidade absoluta do ar (quantidade de vapor de água/volume) geralmente diminui na estação fria e aumenta na estação quente, ao contrário da umidade relativa do ar que diminui com o aumento de temperatura, uma vez que, para o ar quente, o ponto de saturação é mais alto, isto é, a tensão máxima de vapor é maior.

### c) Ventos

O movimento do ar é determinado pela diferença de pressão atmosférica entre uma zona de pressão mais alta para outra mais baixa. O movimento vertical do ar é quantitativamente pequeno, e a componente horizontal do movimento do ar (vento) é mais sensível. Segundo Assis (1990), o vento é o principal agente responsável pela dispersão de poluentes na atmosfera convergindo ainda para o transporte em grande quantidade, modificando, desta forma, outros parâmetros como a temperatura do ar e a precipitação.

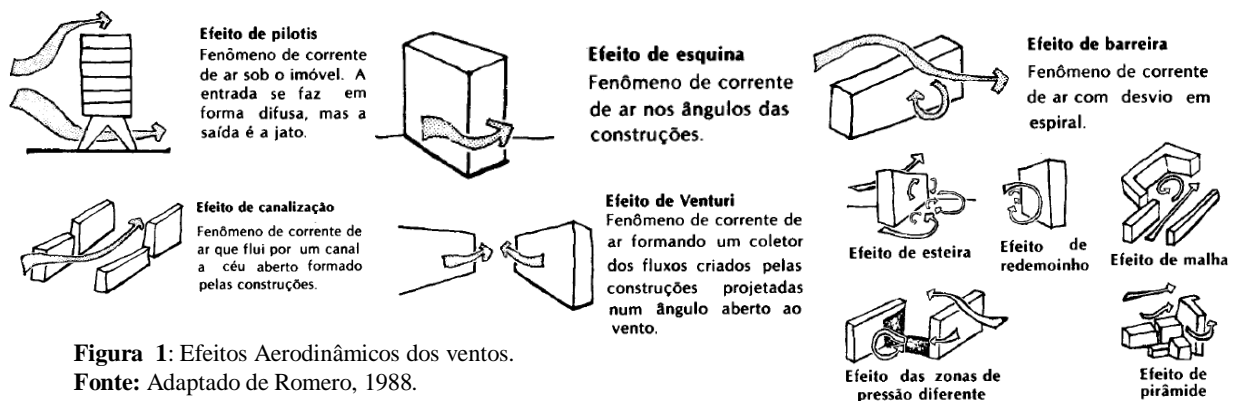
Conforme Frota e Schiffer (2003), a variação da temperatura do ar no globo provoca deslocamentos de massas de ar, pois, se a terra não girasse sobre si mesma, o movimento do ar seria constante e ascendente dos pólos para o Equador. O movimento de rotação da terra provoca uma força que desvia destas direções (denominada Força de Coriolis).

Segundo Brown e Dekay (2000) *apud* Abreu (2008), existem três princípios que definem a movimentação do ar: o resultado do atrito, onde o ar se movimenta mais lentamente próximo à superfície da terra do que na atmosfera; o resultado da inércia, onde o ar tende a se

movimentar na mesma direção que seguia antes de encontrar um obstáculo; e o resultado da pressão, onde flui das zonas de alta para as de baixa pressão.

Os ventos possuem a propriedade de modificar as condições microclimáticas locais, onde uma estratificação do ar faz com que os movimentos turbulentos próximos à superfície modifiquem sua configuração. Para Mascaró (1996), as cidades apresentam formas complexas de respostas aos ventos. A ação do vento nas cidades está ligada à rugosidade de cada conformação arquitetônica, podendo interferir na sua direção e velocidade, diferenciando as variadas formas de ocupação do solo urbano. O movimento do ar numa escala microclimática afeta especificamente os pedestres e as edificações (aumentando as perdas de calor por convecção ou levando calor e poeira).

Romero (1988) apresenta uma série de efeitos aerodinâmicos do vento sobre as massas construídas, como:



**Figura 1:** Efeitos Aerodinâmicos dos ventos.  
**Fonte:** Adaptado de Romero, 1988.

Dentre os elementos do clima, o vento é o que melhor pode ser controlado e modificado pelo desenho urbano; já que elementos do desenho urbano como a densidade da área urbana, a altura e o tamanho dos edifícios, a orientação das ruas, o tamanho e a distribuição das áreas livres e os cinturões verdes podem ser alterados (GIVONI, 1998).

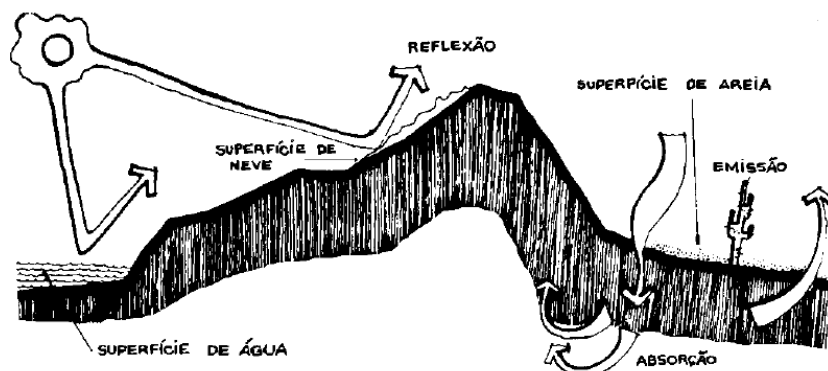
Em estudos realizados na cidade de Salvador, Nery *et al.* (2006) observaram que as áreas de alta densidade reduzem a circulação do ar e modificam a direção dos ventos dominantes. Em outro estudo realizado na Alemanha, Nobile (2003) concluiu que as áreas verdes e parques lineares servem para conduzir o ar mais fresco dos arredores para os centros, contribuindo para o balanço da energia térmica nos centros das cidades.

#### d) Radiação Solar

Radiação solar é toda radiação eletromagnética que incide na Terra proveniente do Sol. Esta radiação é de extrema importância para vida na Terra, pois é responsável pela maioria dos processos biológicos e fisiológicos dos animais e vegetais. A circulação atmosférica, que é responsável pelas condições meteorológicas num certo instante, também é regida pela disponibilidade de energia proveniente do Sol.

O sol emite energia constantemente na forma de radiação eletromagnética, sendo parte desta interceptada e captada pela Terra e sua atmosfera, formando a principal fonte de interferência nas características climáticas das diversas regiões do planeta. No entanto, a energia solar não é distribuída igualmente sobre a Terra; a desigualdade desta distribuição é causada principalmente pelos movimentos da Terra em relação ao Sol e também por variações da superfície terrestre e da atmosfera.

Para Mascaró (1996), as temperaturas superficiais da Terra estão amplamente relacionadas com latitude. À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar. Romero (1988) relata que a radiação solar pode ser absorvida e refletida pelas superfícies opacas sobre as quais incide, sendo o fluxo incidente igual à soma dos fluxos absorvidos e refletidos. Cada revestimento do solo, como água, areia, grama, apresenta um coeficiente de reflexão e absorção diferenciado, como se vê na figura 2:



**Figura 2:** Reflexão e Absorção dos raios solares pelos materiais.  
**Fonte:** Romero, 1988

A energia disponível no local é determinada pela combinação de fatores dos quais o albedo<sup>3</sup> é um dos principais. De acordo com LINCH *apud* ROMERO (1988), se a superfície do solo tem um albedo baixo e o poder de condução alto, o microclima originado desta combinação é suave e estável, considerando-se que o excesso de calor é absorvido e é armazenado de forma rápida, e quando as temperaturas decrescem, este calor é devolvido, também de modo rápido. Os materiais das superfícies que têm alto albedo e baixo poder de condução provocam a criação de microclimas extremos, pois não há equilíbrio dos contrastes (Tabela 1). O percentual de drenagem do solo contribui para aumentar seu albedo e diminuir seu poder de condução, o que ocasiona a existência de climas instáveis e reduz também a umidade, provocando ação refrescante devido à evaporação que se perde.

ALBEDO (%)	
Terra negra seca	14
Terra negra úmida	8
Terra removida úmida	14
Areia fina brilhante	37
Neve seca limpa	86-95
Gelo no mar, ligeiramente poroso e de cor azul leitoso	36
Campos cultivados com árvores, cobertos com neve	26
Bosques sem folhagem	17
Mata de Carvalhos	18
Monte baixo, desértico	20-29
Zona Pantanosa	10-14
Pradarias	12-13
Trigais no inverno	16-23
Romeral	10

**Tabela 1:** Albedo de Algumas superfícies terrestres em %.

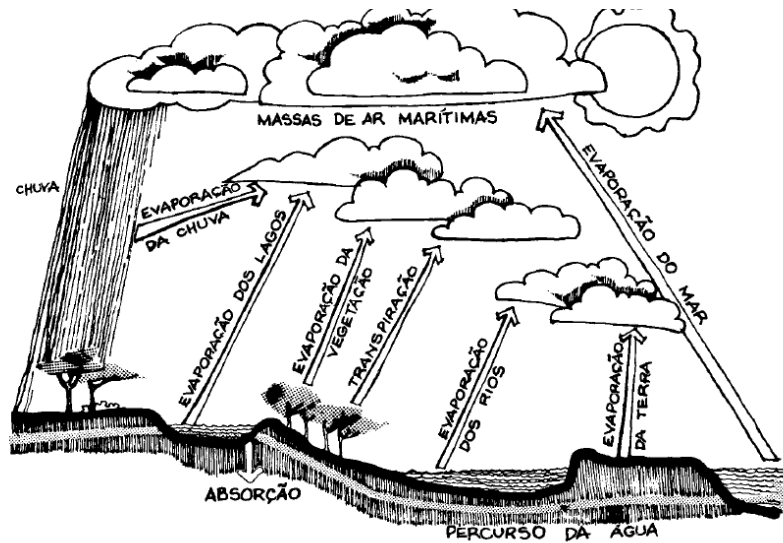
**Fonte:** Ramon *apud* Oliveira (1988).

As massas vegetais absorvem aproximadamente 90% de energia no espectro solar entre as frequências ultravioleta e visível. Este fato não acontece para as frequências infravermelhas, principalmente durante o período no qual a radiação solar é mais intensa, chegando ao seu nível mais baixo de absorção (MOTA, 1983 *apud* OLIVEIRA, 2008).

#### e) Precipitações

A precipitação pluvial ou a chuva é o fenômeno pelo qual a nebulosidade atmosférica se transforma em água e retorna para a atmosfera terrestre após processos de evaporação e condensação, completando o ciclo hidrológico como mostra a Figura 3.

<sup>3</sup> O albedo é a capacidade que cada superfície possui de refletir radiação solar, cujos valores variam com as características de cada superfície, radiação solar direta e difusa que chega a superfície e o ângulo de incidência dos raios. A diferença no albedo da superfície pode ser explicada por alguns fatores, como a coloração, o tipo (lisa ou rugosa) e a condição de umidade, pois superfícies úmidas apresentam coloração mais escura ao passo que superfícies mais secas apresentam uma cor mais clara.



**Figura 3:** Ciclo hidrológico.  
**Fonte:** Adaptada de Romero (1988)

## 2.2 O CLIMA URBANO

Para WMO - Organização Mundial de Meteorologia o clima é tido como o conjunto das condições atmosféricas caracterizado pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo, em um domínio espacial determinado.

O clima urbano resulta das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento. (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987; 1988 e KUTTLER, 1988).

Lowry (1977) expressa à natureza do clima urbano segundo a equação:

Onde  $M$  é o valor assumido por cada variável climática no local urbano  $x$ , no momento  $t$  e com o tipo de tempo  $i$ , sendo  $C$  a componente regional,  $L$  a componente local devido aos elementos não urbanos e  $U$  a componente urbana propriamente dita. Reiterando assim, que o clima urbano é a resultante da interação de fatores urbanos com o clima regional e com o meio físico existente.

Chandler *apud* Vidal (1991) afirma que:

Com a substituição das superfícies e formas naturais pelas unidades artificiais urbanas, o ser humano tem modificado as propriedades físicas e químicas e os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de intercâmbio de massas que ocorrem na camada limite atmosférica<sup>1</sup>. Em consequência disso, as propriedades meteorológicas do ar dentro e imediatamente acima das áreas urbanas ficam

profundamente modificadas, criando um distinto tipo climático local chamado clima urbano. (CHANDLER apud Vidal, 1991, p. 20-21)

Assim, adota-se para esta pesquisa que clima urbano é aquele resultante do crescimento e adensamento da malha urbana que intensifica transformação no comportamento climatológico e meteorológico da camada limite atmosférica (CLA)<sup>4</sup>. Seu estudo constitui uma importante ferramenta para a arquitetura e para o planejamento urbano porque a forma como a ocupação da cidade ocorre influencia na condição climática.

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

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, tomando a temperatura do ar como a principal variável de estudo. Nesse período, destacam-se o estudo de Landsberg e Chandler (1956 e 1965 respectivamente *apud* Monteiro e Mendonça 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 que o autor designa como *towns*. O trabalho de Chandler, uma monografia sobre as modificações climáticas da cidade de Londres, obteve grande destaque naquela ocasião.

Na 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 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 objetos de investigações, a maioria delas localizadas na região centro-sul. A partir da década de 90, as investigações intensificaram-se em todo o território nacional. Dentre os

---

<sup>4</sup> A Camada Limite Atmosférica (CLA) ou Camada Limite Planetária (CLP), tem altura típica de 1 km e situa-se na baixa troposfera, assim sofre diretamente a influência da superfície.

estudos, destacam-se os trabalhos de Monteiro (1976), Sampaio (1981), Lombardo (1985) e Dani (1987).

A climatologia urbana é uma área interdisciplinar onde se cruzam contribuições de especialistas de diferentes domínios como a Geografia, a Arquitetura, o Urbanismo, a Engenharia e Meteorologia com abordagens de trabalho distintas. Neste sentido, Duarte (2000) expõe:

Do ponto de vista do climatologista, o principal interesse é estudar o impacto da área urbana na atmosfera. Para o planejamento urbano e o projeto de edifícios o interesse maior está na direção oposta, ou seja, estudar os impactos da atmosfera urbana nos aspectos funcionais, econômicos e de segurança do ambiente edificado na saúde e bem-estar de seus ocupantes. (DUARTE, 2000, p. 35)

Sendo assim, alterações na superfície urbana resultam em diversos microclimas. Edifícios, pavimentação, vegetação e outros elementos físicos do tecido urbano são as interfaces termais ativas entre a atmosfera e a superfície da terra. Sua composição e estrutura dentro da camada de cobertura urbana, que se estende a partir do solo até o nível mais elevado (cobertura, teto), determinam amplamente o comportamento térmico de diferentes lugares dentro da cidade (OKE, 1993).

Monteiro e Mendonça (2003) afirmam que o clima urbano mantém relações intrínsecas com o ambiente regional no qual se insere. Os autores destacam 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.

### 2.3 ESCALAS CLIMÁTICAS

Para analisar a maneira como os elementos da superfície urbana interagem com as camadas atmosféricas adjacentes, é fundamental entender o conceito de escala. Cada escala possui unidades de balanço energético distintas que representam mais do que a soma das médias das temperaturas de cada área considerada e cada unidade interage por adição com as adjacentes, na mesma categoria de escala.

A distinção da Camada de Cobertura Urbana (*Urban Canopy Layer – UCL*) e a Camada Limite Urbana (*Urban Boundary Layer – UBL*), originalmente aplicada a ilhas de

calor urbano, é fundamental na definição das escalas no ramo da climatologia urbana (OKE, 1976). A microescala e as propriedades locais específicas controlam os processos de circulação de ar e trocas de energia. Abaixo da Camada Limite Urbana (*Urban Boundary Layer – UBL*), ocorre um fenômeno de escala local ou mesoescala, onde os processos operantes são controlados em escalas temporais e mais amplas; acima dela as características são afetadas pela presença da superfície urbana.

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.

Oke (2005) estuda o impacto do vento, temperatura e umidade sobre o clima local em relação às diferentes formas urbanas, classificando-as em Zona Climática Urbana (*UCZ – Urban Climate Zona*), e compara a escala de análise com o raio de influência da vegetação no vento, temperatura do ambiente e umidade.

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. 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.

Monteiro (1976) relaciona o clima urbano às características taxonômicas da organização geográfica do clima, articulando espaços climáticos e urbanos, definindo as escalas macroclimáticas, mesoclimáticas e microclimáticas (Tabela 2). Na escala Macroclimática estaria inserida a megalópole, definida por grandes conurbações, incluindo-se as metrópoles, formando um clima sub-regional. Na escala Mesoclimática, as grandes cidades ou regiões de metrópoles, originando os topoclimas. E na escala Microclimática seriam verificados o entorno ou mesmo o interior de grandes edificações, habitações de menor porte e/ou setores de habitações.

Segundo Freitas (2008), a climatologia referida pela arquitetura e urbanismo considera que um grande número de variáveis compõe os microclimas urbanos, que podem abranger uma cidade, um bairro ou uma rua, dependendo do objetivo da investigação feita. Mascaró (1996) define o microclima:

Microclima é um conceito impreciso, porém significativo. Pode-se usar a palavra com referencia a fenômenos atmosféricos próprios de um vale profundo, abrigado



dos elementos climáticos como a radiação solar ou os ventos, de uma bacia rodeada por montanhas, mas também de uma rua ou uma praça. Equivale a um desvio climático de características singulares e reconhecíveis – um recinto atmosférico de limites físicos identificáveis, como uma rua, por exemplo. (MASCARÓ, L. , 1996. Pg. 39)

Sendo assim, acredita-se que os princípios norteadores do planejamento urbano e o projeto arquitetônico devem partir de verificações de dados micro e topoclimáticos locais a fim de serem bem embasados tecnicamente.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meio de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	10 <sup>6</sup> - Milhares de Km <sup>2</sup>	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10 <sup>4</sup> - Milhares de Km <sup>2</sup>	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	10 <sup>2</sup> - Centenas de Km <sup>2</sup>	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-Regional	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
V	10 - Dezenas de Km <sup>2</sup>	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede Complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 <sup>-2</sup> - Centenas de Km <sup>2</sup>	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou Subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de m <sup>2</sup>	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fáceis de bairro/subúrbio de cidade	Detalhe	Arquitetura	
-	M <sup>2</sup>	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

**Tabela 2:** Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.  
**Fonte:** Monteiro, 1975

## 2.4 ELEMENTOS DA FORMA URBANA QUE INTERFEREM NO CLIMA

À medida que se modificam os espaços exteriores naturais pelas áreas pavimentadas, cobertas vegetais por vias, características naturais do solo pelo parcelamento dele de forma agressiva e desordenada geram-se mais condições de desconforto ao próprio homem.

Para Romero (1988), as principais mudanças climáticas provocadas por esta urbanização desordenada são as alterações através da densa construção e pavimentação da superfície física do solo, impermeabilizando-a, aumentando sua capacidade térmica e sua rugosidade, ao mesmo tempo em que transforma o movimento de ar, o aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo e a modificação da transparência da atmosfera devido à emissão de poluição.

Oliveira (1988) afirma que a forma urbana existente nas cidades é fruto das relações entre a morfologia das edificações e dos espaços abertos e da paisagem, todas estabelecidas

pelo homem. As principais características físicas de uma área urbana refletidas em seu clima são: A localização da cidade dentro da região (a topografia); o tamanho da cidade; a densidade da área construída (uso da área); a cobertura da terra (o recobrimento); a altura das edificações; a orientação e largura das ruas; a subdivisão dos lotes para construção e o detalhe de desenho especial dos edifícios que afetam as condições externas.

#### **2.4.1 Topografia**

De acordo com Romero (1988), qualquer estudo de clima urbano deve observar a topografia, assim como os modelos de morfologias urbanas existentes que compõe a superfície da área estudada.

Lombardo (1985) ressalta que a variação da inclinação das vertentes de relevo de um determinado local desempenha um importante papel na distribuição da energia calorífero-luminosa quando associada à sua variação altimétrica e sua orientação. A fricção produzida pelo ar em movimento, quando em contato com obstáculos, faz com que sua velocidade de deslocamento inicial seja reduzida, devido à perda de energia no atrito, e seu modelo de circulação seja alterado. Neste caso, quanto mais rugoso é o solo maior o atrito e menor a velocidade do ar próxima à superfície.

Estes fenômenos se verificam na camada limite atmosférica, tendo-se então que, a altura da camada-limite aumenta com o incremento da rugosidade do solo e as velocidades do ar aumentam com a altitude, até a camada limite, a partir da qual permanecem mais ou menos constantes.

#### **2.4.2 Uso do Solo**

Quanto ao uso do solo, Oliveira (1988) destaca que quanto maior a concentração de elementos contendo atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços, maior a transmissão de calor e de poluentes atmosféricos, e conseqüentemente maiores as alterações climáticas. Já em praças, parques e reservatórios estudos apontam que a temperatura é menor. Porém, Duarte (2000) deixa claro que independente do modelo de ocupação do solo ser vertical ou horizontal, é importante que ele esteja adequado às condições de conforto térmico de cada região.

Tarifa e Azevedo (2001) defendem o uso do solo como sendo um dos controles climáticos definidores dos espaços em seus estudos. Mostram que essa “realidade concreta” que compõem as cidades é algo indissociável, sendo o uso do solo uma caracterização

importante para uma análise geográfica mais precisa, podendo ser considerado, dependendo o foco do estudo, o albedo e a emitância de cada superfície existente.

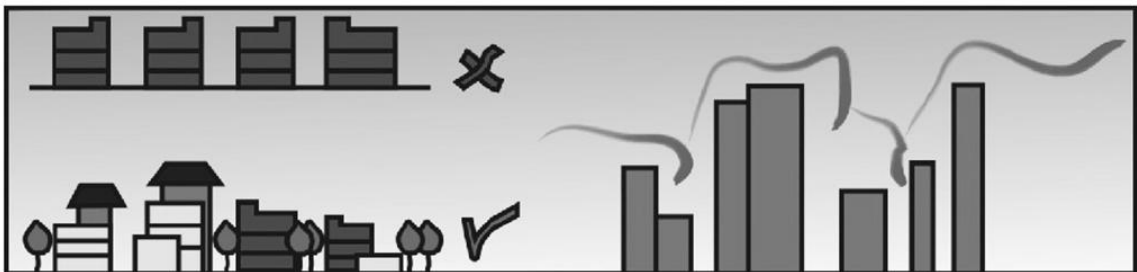
### 2.4.3 Altura das Edificações

Partindo do precedente que a verticalização é uma das ‘necessidades’ urbanas atuais, alguns autores consideram que este efeito não seria um vilão para o clima, principalmente para cidades de climas tropicais.

Carvalho (2006) comprova em seus estudos para João Pessoa, que não é possível estabelecer como regra o aumento da densidade construída (e assim, a verticalização das construções) provoque a elevação da temperatura. Os resultados apresentados por ele indicaram exatamente o contrário, o que remete à hipótese de que até certo limite, e com afastamentos adequados, a verticalização das edificações contribui para a redução da temperatura, pois aumenta o sombreamento das ruas e, em alguns casos, provoca a aceleração dos ventos.

Segundo a teoria de Givoni (1998) “*edifícios altos com um amplo espaço aberto entre eles terão condições de ventilação melhor que edifícios baixos com pouco espaço entre si*” e os estudos de Oliveira (1988) mostram que quanto maior o contraste entre a altura dos elementos da massa edificada, melhor é a ventilação se combinada à porosidade, maior a velocidade dos ventos em parte da massa edificada próxima dos volumes mais altos; e maiores serão as trocas térmicas com o ambiente atmosférico, ocasionando menores ganhos térmicos e, conseqüentemente, menores temperaturas do ar.

Trinta (2007) também afirma que a verticalização não é o grande agente no clima urbano e acrescenta que o maior problema é o desequilíbrio da densidade construída com a vegetação e os corpos d’água (Figura 4).



**Figura 4:** Configuração da relação entre a diferença de alturas na área urbana e do equilíbrio com vegetação com a trajetória dos ventos. **Fonte:** Adaptada de Trinta, 2007.

#### 2.4.4 Recobrimento do solo (Permeabilidade)

De acordo com Araújo (2004), o índice de permeabilidade do solo é um dos atributos que mais condicionam o clima urbano e a melhoria das condições microclimáticas dos diversos espaços que formam as cidades.

Garcia (1999) afirma que a impermeabilização das cidades, com as superfícies edificadas e os pavimentos das ruas, faz com que a evacuação da água de precipitação seja muito rápida, e por haver poucas superfícies com solo natural e vegetação, a evapotranspiração seja reduzida, alterando de alguma maneira as condições de umidade do ar.

Cada material tem uma diferente capacidade de armazenar e emitir calor. Nas áreas rurais (sem revestimentos de asfalto ou concreto), este potencial de armazenar energia é maior e, conseqüentemente a possibilidade de aumentar a temperatura noturna do ar, através da irradiação do calor armazenado durante o dia. De acordo com Santamouris (1997), o armazenamento de calor é significativamente maior para o asfalto que para os solos de concreto e sem pavimento. Esta porcentagem é dada pelo albedo de cada material, que explicita a taxa de calor que a superfície reflete de volta para a atmosfera. A tabela 3, utilizada por grande parte de pesquisadores, apresenta os materiais mais encontrados no meio urbano.

Superfície	Albedo em %	Emitância em %
1. Ruas		
Asfalto	5-20	95
2. Paredes		
Concreto	10-35	71-90
Tijolo	20-40	90-92
Pedra	20-35	85-95
Madeira	40	90
3. Coberturas		
Betumen e Cascalho	8-18	92
Telhas	10-35	90
Ardósia	10	90
Chapa Metálica	10-16	13-28
4. Janelas		
Vidro Comum		
- com altura do sol -40 graus	8	87-94
- com altura do sol +40 graus	9-52	87-92
5. Pinturas		
Branças ou Claras	50-90	85-95
Vermelha, Marrom e verde	20-35	85-95
Preta	2-15	90-98
6. Áreas urbanas		
Variação	10-27	85-95
Média	15	-

**Tabela 3:** Propriedades radioativas de materiais e superfícies urbanas típicas.

**Fonte:** Oke, 1974 *apud* Mascaró, 1996

A troca da cobertura vegetal pela pavimentação e pelas construções tem trazido problemas, como o desconforto, stress e danos, tanto para a saúde física quanto mental dos habitantes, repercutindo na salubridade das populações urbanas (ROMERO, 1988).

Além de favorecer a qualidade térmica do ambiente as áreas permeáveis contribuem na condição de desenvolvimento da vegetação, auxiliando na retenção da água da chuva. Os pavimentos permeáveis possibilitam que toda ou parte da água infiltre no solo, reduzindo o escoamento superficial e abastecendo os lençóis freáticos.

#### **2.4.5 Áreas Verdes**

Os espaços livres são áreas não edificadas, com possibilidades de se transformarem em áreas verdes, quando predominantemente não impermeabilizados e/ou com significativa cobertura vegetal. Assim, toda área verde se enquadra como espaço livre, não sendo verdadeira a recíproca.

Neste estudo, as áreas verdes consideradas são formadas por massas vegetais que disponham de indivíduos arbóreos formando massas vegetais consideráveis. As áreas verdes têm o papel fundamental para o meio urbano: o de amenizar problemas ambientais enfrentados pelos usuários de áreas externas em cidades de clima quente-úmido, como João Pessoa. Um fato importante a se ressaltar é até que ponto essas massas vegetais amenizam realmente o microclima urbano. Vários estudos comprovam que as áreas verdes influenciam as temperatura e umidade do ar, absorvendo energia em forma de calor e utilizando-as no processo de fotossíntese para liberá-la em forma de oxigênio e gás-carbônico, renovando o ar atmosférico e produzindo vapor d'água, como será melhor detalhado nas seções seguintes.

Para Spirn (1995) e Duarte (2000) o efeito climático de um parque sombreado estende-se às ruas adjacentes, suas folhas filtram a poeira do ar e executam a evapotranspiração.<sup>5</sup> Givoni (1991) diz que a influência dos parques urbanos e espaços abertos no clima urbano se prolongam somente a uma distância curta em ambientes densamente construídos, mas que estas áreas proporcionam lazer e descanso com clima agradável para os usuários. Garcia (1999) afirma que o impacto dos grandes espaços, os chamados “pulmões verdes”, só são aplicáveis a si mesmos e têm pouco efeito na qualidade total do ar da cidade como um todo, e que uma mistura de pequenos espaços verdes, distribuídos uniformemente por toda a cidade, como as praças, é mais efetiva que a concentração em uns poucos lugares muito grandes.

---

<sup>5</sup> SANTAMOURIS (2001) conceitua evapotranspiração como “*the combined loss of water to the atmosphere by evaporation and transpiration, is the major mechanism through witch trees contribute to decreasing urban temperatures.*”

#### 2.4.6 Fator de céu visível

O fator de visão do céu (*sky view factor*) é a razão entre a porção de céu visível de um determinado ponto e o céu potencialmente disponível a partir deste ponto (CHAPMAN, 2007). Para a climatologia urbana é a relação entre a largura da rua e a altura dos edifícios que a delimitam. Esta indica o quanto de céu se pode ver a partir de um ponto à altura de seu piso. O valor do fator de céu visível (FVC) varia de 0 a 1, sendo o valor 1 correspondente a uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu. Para Souza, Rodrigues e Mendes (2003) "*qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano, pertencente ao plano do observador posicionado na camada intra-urbana*" interfere no grau de obstrução da abóboda celeste do ambiente. Quanto menor o fator de visão do céu, maior é a obstrução do ângulo de visão do céu, maior será a dificuldade de o ambiente dispersar energia térmica armazenada para a atmosfera. Pois, em se tratando de clima urbano, as alturas das edificações interferem diretamente na quantidade de radiação solar que atinge a superfície urbana.

O FVC tem sido comumente utilizado em estudos de balanços (trocas) de energia. Ribeiro, Fidelis e Carvalho (2008) relatam que o fator de visão do céu exerce influência, também, no ganho de radiação solar direta, influenciando a ilha de calor diurna ou estresse térmico diurno. E chamam a atenção para que estudos relacionados ao clima urbano levem em consideração a orientação das ruas ao se tratar com o FVC, que podem fazer com que determinadas vias recebam maior quantidade de horas de insolação.

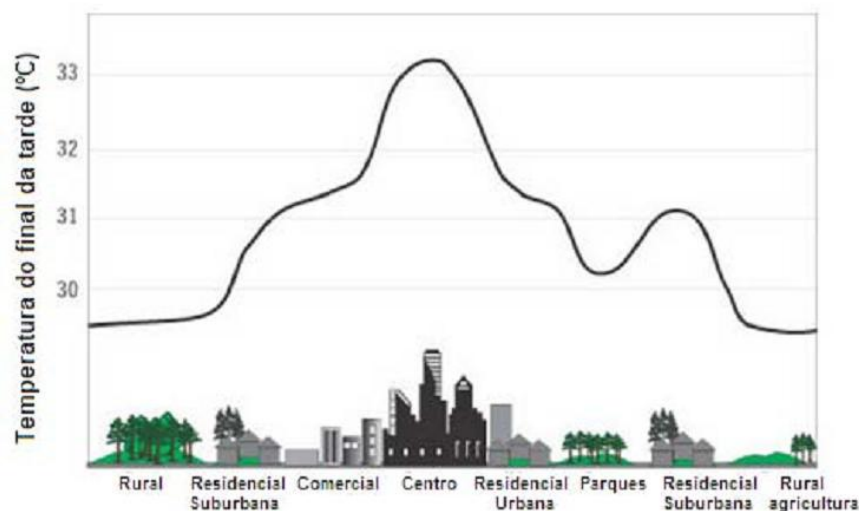
Abordando ainda a relação entre a altura e a largura nos *canyons* urbanos é importante comentar que alguns autores têm usado como referência para a determinação destes dois parâmetros a idéia do "envelope solar". Este pode ser entendido como o maior volume que uma edificação pode ocupar de forma a permitir o acesso ao sol, luz natural da vizinhança imediata. Em termos operacionais, o "envelope solar" parte do princípio de absorção e dispersão da radiação solar em determinadas áreas da edificação e seu entorno, tendo em vista a garantia de insolação e iluminação natural, em níveis adequados para obter os seus benefícios ideais.

O fator de céu visível é uma parametrização e o cálculo para a sua obtenção pode ser feito de diferentes métodos. Basicamente, por métodos analíticos, fotográficos - uso de programas específicos, por sistemas com dados de base 3D acoplados a um Sistema de Informações Geográficas - SIG, sistemas que utilizam GPS e mais recentemente, imagens com um dispositivo que mostra as diferenças térmicas entre as obstruções e o céu.

## 2.5 O FENÔMENO DAS ILHAS DE CALOR NO MEIO URBANO

As cidades são formadas por agrupamentos de edificações e equipamentos urbanos, com usos do solo diferenciado por áreas mais adensadas do que outras. Estas diferentes situações urbanas, acrescidas às fontes de calor antropogênico, geram uma vasta gama de microclimas, como visto anteriormente. Devido às alterações térmicas nas zonas mais adensadas, percebe-se um aumento da temperatura do ar em relação às áreas rurais circundantes fenômeno chamado de ilha de calor (*urban heat island - UHI*). De acordo com Landsberg (1981), a ilha de calor é o fenômeno climático mais óbvio da urbanização e, segundo Oke (1978), é o exemplo mais claro e bem documentado da modificação climática urbana.

O processo de urbanização produz alterações no balanço de energia das cidades, gerando bolsões térmicos sobre as áreas urbanizadas, formando assim a ilha de calor urbana (LOMBARDO, 1984). Recebe este nome devido ao seu aspecto visual, no qual se observa um núcleo mais quente (área urbana) rodeado por regiões mais frias (áreas rurais), de modo que as isotermas desenham uma ilha com contornos fechados ao redor deste núcleo (Figura 5).



**Figura 5:** Esquema ilustrativo das ilhas de calor formado sobre áreas urbanas.  
**Fonte:** Santamouris, 2001

O alcance vertical da ilha de calor é de três a cinco vezes a altura média das edificações, altura próxima a abóbada urbana (GIVONE, 1998). O fenômeno da ilha de calor é mais visível no período noturno com ausência de ventos fortes. Erell e Williamson (2007) realizaram um estudo em Adelaide na Austrália, e, ao compararem dados de dois *canyons* urbanos adjacentes com dados de duas estações meteorológicas, durante 134 dias (abrangendo os meses de maio, junho, novembro, janeiro e março), relataram que, no período noturno, a

intensidade da ilha de calor foi de 6 a 8 °C, enquanto no período diurno, os valores variaram de 3 a 4 °C. Em relação à velocidade do vento, quando esta era maior que 2 m/s, a intensidade da ilha de calor raramente chegava a 2 °C, mas quando a velocidade estava abaixo deste limiar, era de 5 a 6 °C.

As principais causas da formação da ilha de calor nas cidades são (OKE *et al*, 1991):

1. Aumento da entrada de radiação de ondas longas devido à absorção e reemissão das mesmas pelos poluentes da atmosfera urbana;
2. Menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e *canyons* urbanos devido à redução do fato de céu visível pelos prédios e edifícios;
3. Maior absorção da radiação de ondas curtas pela superfície urbana devido ao efeito das construções no albedo;
4. Grande estocagem de calor durante o dia devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e grande emissão de radiação durante a noite;
5. Adição de calor antropogênico na área urbana devido à utilização de aquecedores e refrigeradores, transportes e operações industriais;
6. Menor evaporação devido à retirada da vegetação e à diminuição de superfícies líquidas, o que diminui o fluxo de calor latente ou evapotranspiração e aumenta o fluxo de calor sensível.

Oke (1982), em pesquisa sobre a variação horizontal da ilha de calor, concluiu que o fenômeno é localizado e segue regularmente o perímetro da área construída. Na área central, onde as ruas são geralmente mais estreitas e as edificações mais altas e próximas uma das outras, constituindo os chamados *canyons* urbanos, a ilha de calor atinge sua intensidade máxima (pico). Porém, na medida em que se caminha em direção à periferia, as temperaturas do ar decaem, com oscilações entre temperaturas mais altas ou mais baixas devido à heterogeneidade das paisagens intra-urbanas. Um parque ou um lago, por exemplo, apresenta temperaturas relativamente inferiores em relação às áreas industriais, comerciais e residenciais ou mesmo centrais. Na fronteira entre a área urbana e a área rural, a ilha de calor proporciona uma declividade mais acentuada. Neste local, tem-se a formação das chamadas ilhas de frescor devido à influência da vegetação e da menor densidade populacional e de edificações, resultando naquilo que Oke (1982) denominou *cliff* no perfil da ilha de calor.

Resumidamente, o ciclo diário de uma ilha de calor se desenvolve, em dias típicos, da seguinte forma: durante o dia, as estruturas urbanas absorvem a maior parte do calor irradiado pela atmosfera, enquanto os solos rurais refletem a maior parte da energia incidente. Após o meio-dia, as temperaturas nas áreas rurais começam a se elevar enquanto nas cidades passam



a atingir o pico. Durante a noite, os solos das áreas rurais se esfriam mais rapidamente e formam o orvalho, enquanto nas cidades, o calor absorvido durante o dia é liberado para a atmosfera. Com o nascer do sol, o orvalho do campo é evaporado enquanto, nas áreas urbanas, a energia solar é armazenada, iniciando novamente o ciclo.

Ainda segundo Oke (1982), a UBL apresenta uma extensão vertical maior durante o dia devido à circulação de ar quente que é produzido no centro da cidade. Esta ao se elevar, forma a chamada “pluma de calor” que pode ser deslocada para sotavento (transição urbano-rural) da área urbana, pela ação dos ventos dominantes. À noite, a camada limite atmosférica é menor, porém o calor mantém-se na transição urbano-rural, o que pode levar à inversão térmica, ou seja, temperaturas nas áreas rurais superiores às das áreas urbanas.

Variáveis ambientais como nebulosidade, velocidade do vento e umidade específica, também influem na intensidade da ilha de calor. No entanto, Givoni (1998) ressalta que, do ponto de vista de desenho urbano, os fatores de interesse são aqueles que podem ser controlados pelas ações humanas, como o albedo, a presença e distribuição de vegetação urbana, a densidade das áreas construídas, as tipologias de edificações e as orientações das ruas.

# Capítulo 3



### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos estão estruturados em cinco etapas. Após o embasamento teórico sobre o tema, foi feita a escolha do local geográfico e pesquisa documental, em seguida a caracterização da área, o planejamento e a execução das medições das variáveis climatológicas, depois análise e discussão dos dados observados.

#### **Etapa 01 – Pesquisa documental e escolha do local geográfico**

O levantamento dos dados para elaboração dos mapas baseou-se na cartografia existente da área, aerofotogrametrias, imagens de satélites, disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de João Pessoa e Universidade Federal da Paraíba, e observações *in loco*. Em seguida, procedeu-se a coleta de dados de parâmetros climatológicos para se compreender a formação do clima da cidade nos últimos anos. Para tal, foram consultadas análises da abordagem dinâmica do comportamento climático, com base em estudos antecedentes sobre a climatologia urbana e dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Como o propósito era trabalhar a influência da vegetação no microclima urbano, a escolha da área a ser estudada baseou-se no pré-inventário de arborização urbana (que levou em consideração apenas árvores localizadas em calçadas, canteiros centrais das avenidas e praças - ver anexo A), produzido pela SEMAM<sup>6</sup> que indicou a quantidade e especificidade das espécies encontradas em 941 ruas de 37 bairros e 15 Praças da cidade de João Pessoa. Deste, pôde-se extrair a informação de que o bairro de Manaíra apresentara maior número percentual de arborização urbana, devido à presença de duas grandes praças existentes no bairro.

Procedeu-se a pesquisa documental e cartográfica do bairro de Manaíra bem como atualização de alguns dados dos mapas, através de observações *in loco*. Assim, mapearam-se todas as praças do bairro escolhido. Por uma questão funcional, atribuiu-se critérios de seleção, a fim de se identificar qual seria a mais representativa para o estudo, escolhendo assim a Praça Silvío Porto.

#### **Etapa 02 – Caracterização da área de estudo.**

Esta etapa destinou-se à delimitação e descrição da área escolhida para o estudo, um recorte espacial do bairro de Manaíra que abriga a praça selecionada anteriormente.

---

<sup>6</sup> Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de João Pessoa – PB.

Para a delimitação do recorte espacial da área de entorno da praça, viu-se que não existe consenso na literatura. Assim, optou-se por adotar um raio de 350m do centro da Praça, de modo que atendesse uma distância passível de ser percorrida a pé para a realização das medições.

Após isto, produziram-se mapas de topografia, de uso do solo, da altura das edificações, das áreas verdes e do tipo de recobrimento do solo da área baseados em Katzschner (1997). Para a elaboração destes, foram utilizadas imagens de satélites, registros iconográficos e cartográficos da Prefeitura Municipal, além de observações e levantamentos *in loco* e recursos de geoprocessamento com a finalidade de atualizar as informações contidas nos mapas.

Segundo a metodologia de Katzschner (1997), para cada atributo da forma urbana propõe-se um mapa, utilizados na análise qualitativa e estabelecidos a partir dos seguintes parâmetros:

- Topografia – Aplicando-se uma legenda com curvas de nível a cada metro.
- Uso do Solo – Localização dos usos a que se destina o lote. Classificado em uso residencial, comercial, misto, institucional e terrenos vazios.
- Altura das edificações – Identificação do número de pavimentos de cada edificação.
- Área Verde - Localização das grandes massas vegetais arbóreas existentes no recorte urbano escolhido.
- Tipo de Recobrimento do solo – Identificação dos tipos de revestimento do solo, como pavimento asfáltico, em concreto (paralelepípedo), solo natural e área construída.

### **Etapa 03 – Planejamento das medições**

A escolha dos períodos e horários de medição baseou-se na análise dos resultados encontrados em Silva (1999) e Carvalho (2001). Os estudos verificaram que o clima da cidade de João Pessoa tem uma pequena amplitude térmica, podendo ser observados períodos chuvosos e secos e o aumento da incidência dos ventos de nordeste no verão. Em “*Parâmetros Climatológicos para o estudo do balanço termoenergético de edificações da cidade de João Pessoa*”, Carvalho (2001) identificou os meses de inverno e verão, assim como o comportamento de todas as variáveis climáticas mês a mês, a partir de dados medidos no aeroporto local de 1985 a 1994. Estes estudos conduziram à definição do período das medições: fevereiro, como característico da estação seca e maio, da estação chuvosa. Utilizou-

se nesta pesquisa um sistema de medições móveis (transectos móveis), com percursos urbanos delimitados pelos pontos escolhidos, durante oito dias consecutivos, em três horários específicos: 8h às 9h – 14h às 15h – 20h às 21h.

Considerando o número de equipamentos disponíveis e o de pontos de medições, adicionando alguns minutos de deslocamento de um ponto a outro entre as tomadas das medidas, determinou-se o número de pontos para cada transecto, correspondendo a quatro. Tendo as medições um tempo determinado de 10 minutos por ponto, acrescentaram-se mais cinco minutos de deslocamento, de cada ponto a outro, já que este seria feito a pé, atingindo-se assim uma hora de medição em cada horário. Garcia (1999) afirma que nas cidades costeiras, como é o caso de João Pessoa onde as amplitudes diárias tornam-se reduzidas devido à influência do mar (termo-regulador), as medições efetuadas durante certo intervalo de tempo, como dentro de uma hora, podem ser consideradas simultâneas. Uma estação meteorológica fixa instalada no interior da praça, munida de *datalogger*, registrava medidas de temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento de dez em dez minutos.

Simultaneamente às medições nos pontos selecionados na área de estudo, foram tomados os registros medidos em uma estação de referência. A estação mais próxima da área de estudo, se situa no Ministério da Agricultura, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

#### a) Equipamentos e Planejamento das medições

Foram utilizadas três estações climatológicas, da marca La Crosse/Technology que possuem um termohigrômetro interno e outro externo, um sensor de precipitação e um anemômetro acoplado a um cata-vento que geram dados de velocidade e direção dos ventos, além de uma Estação Davis, do tipo WeatherLink® for Vantage Pro®. Das primeiras foram utilizados os termohigrômetros e os cata-ventos nas medições móveis de temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos. A segunda foi instalada no interior da Praça Silvio Porto para a coleta das mesmas variáveis, de dez em dez minutos.

Para a instalação e uso dos equipamentos pertencentes às estações *La Crosse*, nas medições móveis, fez-se necessário a montagem de um tripé portátil que pudesse ser transportado nos percursos estabelecidos. Sendo assim, adaptou-se um tripé para câmeras fotográficas em alumínio, instalando-se os equipamentos em seu mastro a 1,50m de altura. Como a proteção original das estações *La Crosse* disponíveis não se adequava às medições em ambientes externos, foi necessário o desenvolvimento de uma proteção que abrigasse os

sensores das intempéries e da radiação solar direta, mantendo a passagem da ventilação. A solução desenvolvida consiste em uma proteção confeccionada em polietileno, seguindo o modelo utilizado na estação meteorológica *Davis*.



**Figura 6:** Estação Meteorológica *Davis*  
**Fonte:** [www.davis.com](http://www.davis.com). Acesso em Janeiro de 2010.

Para testar esta proteção, foram realizados testes em ambiente externo, comparando as medições da proteção proposta com a proteção da estação *Davis*, nas mesmas condições físicas e ambientais e verificando o comportamento das variáveis que seriam utilizadas na pesquisa: temperatura e umidade do ar e velocidade e direção dos ventos. Primeiramente, fizeram-se testes com as proteções à sombra para verificar a confiabilidade das medições, tendo como base a estação *Davis*, calibrada uma semana antes da realização desse experimento, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE – RN). Após as medições de calibração na sombra, foram realizadas medições com os equipamentos expostos à radiação solar. Com o conjunto de testes, foi possível verificar que a proteção atingiu o seu objetivo. Cabe salientar que, os testes realizados com os três equipamentos utilizados nas medições móveis tiveram também o objetivo de verificar o fator de correção dos dados das variáveis coletadas pelas estações climatológicas *La Crosse*. Em seguida, apresentam-se alguns registros das proteções que foram desenvolvidas e o tripé utilizado nas medições.



**Figura 7:** Proteção de polietileno desenvolvida para a pesquisa.

Nas medições das variáveis microclimáticas, em cada ponto do transecto, foram registradas dez medidas de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos. Foram também observados: a condição de céu no momento da medição e se o ponto encontrava-se exposto à radiação solar direta ou à sombra de algum elemento urbano. A temperatura e umidade do ponto em cada período foram obtidas pela média das dez medidas coletadas. A direção e velocidade do vento foram observadas pela moda dentre os dados coletados durante os dez minutos.

Para o posicionamento dos tripés, nos pontos de medição, o norte foi marcado no piso da rua, com ajuda de uma bússola. A marcação, realizada antes do período das medições, visava facilitar a locação dos equipamentos através do alinhamento do norte geográfico do cata-vento da estação (instalada nos tripés) sobre o vetor indicado no piso de cada ponto do transecto. Desta forma, tem-se garantida a precisão da orientação e da repetição da medição no ponto. Para a estação fixa, o mesmo procedimento foi adotado no momento de sua instalação. O uso da bússola em todas as medições móveis demandaria um tempo maior para cada ponto, o que inviabilizaria a tomada de medições de todos os pontos em uma hora. Assim, sob orientação de pesquisadores do INPE-RN, calculou-se a declinação para a localidade no período das medições pelo site <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/>, usando assim o valor obtido para locar o norte geográfico da estação fixa e de cada tripé.

É relevante ressaltar que a coleta das variáveis no transecto é iniciada sempre pelo ponto de medição mais afastado em relação à praça. Medida esta tomada por uma questão de logística, para que todos os pesquisadores envolvidos pudessem terminar a coleta no mesmo

local, na Praça Silvio Porto. Para assegurar a permanência da estação meteorológica *Davis* que se encontrava fixa no interior da praça, considerando o índice de criminalidade no bairro estudado, foram contratados seguranças diários e uma empresa de segurança armada para o período da noite.

b) Medições na estação de referência (INMET)

Simultaneamente às medições nos pontos selecionados na área de estudo, foram tomados os registros dos dados medidos na estação de referência. A mais próxima do recorte urbano escolhido se situa no Ministério da Agricultura, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram solicitados à coordenação geral de Agrometeorologia do INMET, em Brasília onde há o arquivamento de todos os dados nacionais.

A estação está situada em área densamente edificada com gabaritos térreos. Localiza-se paralela à BR 230 (Figura 8), principal via de acesso entre a cidade de Cabedelo e João Pessoa, o que gera um fluxo intenso de veículos ao longo do dia. No entorno da estação meteorológica, encontram-se árvores de grande e médio porte com recobrimento permeável (grama) no entorno de aproximadamente 5 metros de raio. As demais áreas são predominantemente impermeáveis, a exemplo de vias em concreto (paralelepípedo), calçadas, estacionamentos e edificações térreas.



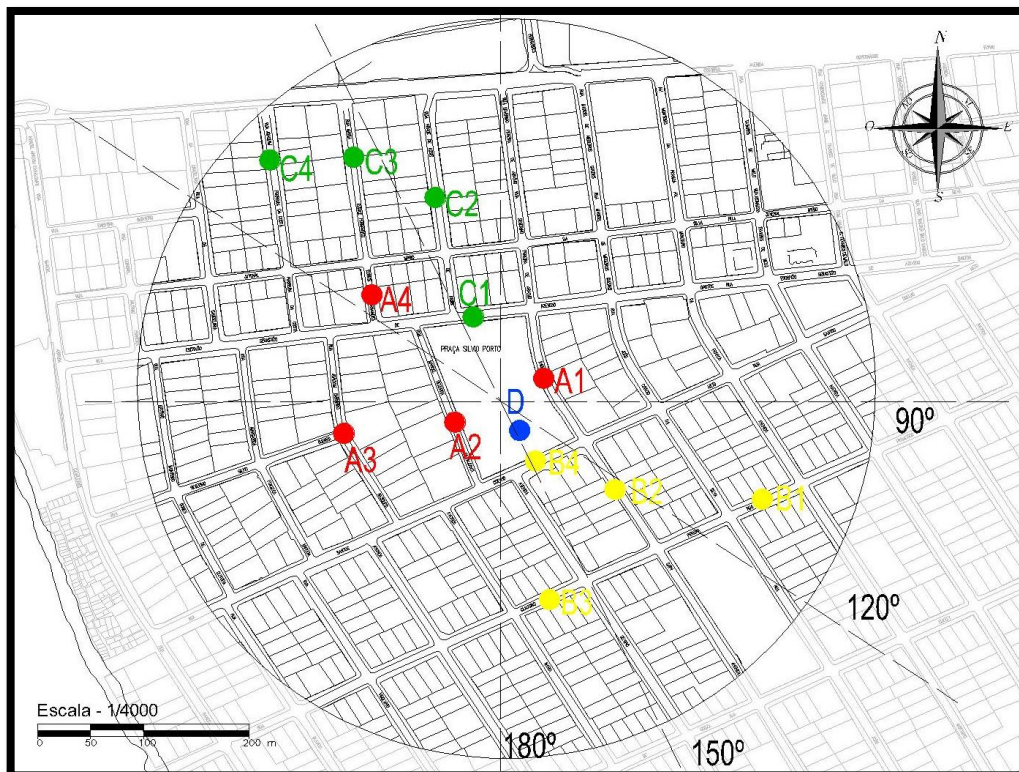
**Figura 8:** Localização da Estação INMET – PB.  
**Fonte:** Google Earth, 2009.



#### Etapa 04 – Escolha e caracterização dos pontos de medição

A partir da definição das características da área de estudo e com os dados obtidos em campo, procedeu-se a escolha dos pontos. Para a seleção dos pontos os seguintes critérios foram adotados: localização nos vetores de ventilação predominante – barlavento e sotavento, características similares de piso (concreto no revestimento da via) e configuração do entorno.

Treze pontos de medição foram escolhidos, sendo um fixo com as estações *Davis* no interior da Praça Silvio Porto, denominado ponto D e doze pontos em três transectos móveis. Os pontos móveis foram nomeados de acordo com seu transecto (Figura 9). O percurso A, composto pelos pontos A1, A2, A3 e A4, representa os pontos que estariam geograficamente posicionados no mesmo alinhamento da praça. O transecto B, composto pelos pontos B1, B2, B3 e B4, representa os pontos a barlavento da praça e ficando para o transecto C, composto pelos pontos C1, C2, C3 e C4, a representação dos pontos a sotavento da praça. Procurou-se localizar os pontos de forma que eles apresentassem distâncias similares em relação à praça, comparando-os os dois transectos que foram posicionados a barlavento e a sotavento.



**Figura 9:** Mapa de localização dos pontos de medição.  
**Fonte:** Baseada em cartografia PMJP.

Para a caracterização dos pontos escolhidos, reuniram-se numa ficha as principais características dos mesmos. Tais como localização, distância que se encontra da Praça Silvío Porto, uso predominante no entorno imediato do ponto, revestimento da via e do muro mais próximo, nível do fluxo de veículos e pedestres, influência direta de massa vegetal arbórea, largura e o sentido da via na malha urbana, fator de céu visível e quantidade de horas de insolação que o ponto recebe.

Para a determinação das horas de insolação, foram construídas máscaras de sombra com a sobreposição da carta solar referente à cidade de João Pessoa. Estas foram obtidas através de um sistema com dados de base 3D acoplados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), mais precisamente pelo software *ArcView 3.2*, com a extensão *3DSkyView*.

Ressalta-se que o procedimento ideal de cálculo do fator de céu visível e horas de insolação para este estudo seria extraído por *software* que se baseasse em fotografias obtidas a partir de câmeras fotográficas dotadas de lente tipo olho de peixe. Porém, devido a dificuldades na aquisição do equipamento para gerar estas imagens com a lente olho de peixe, optou-se pelo uso do método das máscaras, com a representação dos edifícios do entorno, para cada um dos pontos. Sabendo-se, entretanto, que a inclusão da vegetação no entorno dos pontos reduziria o fator de céu visível e, conseqüentemente, as horas de insolação, calculado pelo método utilizado, fato que foi considerado na análise teórica.

Ainda para uma melhor visualização e entendimento do comportamento (caminho percorrido) das sombras provocadas pelas edificações em cada ponto de medição produziu-se mapas de sombras nos horários das 08:00h, 09:00h, 10:00h, 11:00h, 12:00h, 13:00h, 14:00h e 15:00h, obtidos utilizando-se o software *Sketchup 6.0* e uma base de dados 3D da área estudada.

## **Etapa 05 – Análises dos dados obtidos**

### a) Registro e tabulação dos dados

As medições realizadas foram registradas em planilha eletrônica no *software Excel 2007*, formando um banco de dados que serviu de base para os gráficos das etapas de análises. Destes dados, gerou-se uma série de resultados gráficos que facilitaram a leitura e as relações feitas nas análises dos dados obtidos.

### b) Tratamento dos dados

Após a tabulação digital dos dados das medições de campo, procederam-se três maneiras de tratamento das variáveis apreendidas nas análises qualitativas e quantitativas feitas anteriormente, por observações dedutivas e tratamentos estatísticos, a saber:

- Análise descritiva do comportamento diário;
- Análise teórica dedutiva do dia representativo;
- Análise estatística.

Segue-se a descrição dos procedimentos adotados para a execução de cada uma das análises dos dados aplicadas a pesquisa.

#### I. Análise descritiva do comportamento diário

Com o banco de dados finalizado, foi possível a construção de gráficos e mapas que representassem as curvas de comportamento diário das variáveis ambientais nas quais a pesquisa se deteve. Extraíram-se gráficos nos três horários de medição (manhã, tarde e noite), nos dois períodos observados (verão e inverno), para as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos e mapas de direções dos mesmos e, assim, procedeu-se uma análise descritiva do comportamento encontrado em cada um dos dias observados que se encontra no apêndice B deste volume.

#### II. Análise teórica dedutiva do dia representativo

Para se fazer uma análise teórica mais aprofundada e objetiva do comportamento microclimático do recorte urbano escolhido, entende-se que a transformação dos dados mensurados em mapas temáticos é a opção mais relevante e didática. Diante da quantidade de dados registrados nos dois períodos de medição, tornou-se inviável transpor para a cartografia os dados das três variáveis ambientais analisadas nos dezesseis dias e em três horários diferentes.

O resultado desta somatória produziria exatamente 144 mapas para serem avaliados. Diante deste elevado número, optou-se pela escolha de um dia representativo do período de verão e um de inverno para que se pudesse produzir uma análise mais densa da relação existente entre as variáveis climáticas, obtidas nas medições de campo e a morfologia urbana, caracterizada pelos mapas temáticos produzidos anteriormente.

Para escolha do dia representativo do período, partiu-se da premissa que se deveria eleger um dia real pertencente ao conjunto da amostra, uma vez que as práticas atuais de tratamento de dados climáticos têm usado metodologia, como as de desígnio do Ano Típico

de Referência e/ou Dia Típico de Projeto, onde se escolhe um ano ou dia característico dentre a amostra de dados. Se entendendo que, o uso de médias aritméticas ou modas, sobre um conjunto de dados observados, gera situações ‘irreais’, não sendo indicada para avaliação do comportamento climático de uma determinada cidade ou porção urbana. Tal situação não é indicada por alguns pesquisadores como Akutsu, Lopes e Sousa (2005).

Segundo Goulart (1993), para a determinação do dia típico no Brasil aplica-se dois estudos de tratamento de dados climáticos. Um estudo desenvolvido por Sattler (1989), em Porto Alegre – RS e outro pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) na mesma cidade, disponível em Akutsu e Vittorino (1991).

Optou-se, então, pela utilização da metodologia adotada pelo IPT. Como os dados eram reduzidos, foi aplicada apenas uma parte desta metodologia. O detalhamento das etapas que envolvem este tratamento de dados climáticos está descrita em Akutsu, Lopes e Sousa (2005). Descreve-se aqui somente a etapa utilizada neste estudo.

Sendo assim, de acordo com a metodologia aplicada, o dia representativo é definido como um dia real que mais se aproxima da média dos valores caracterizado pela velocidade média predominante do vento e pelos valores horários de cada uma das seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar incidente em superfície horizontal. Neste estudo, somente foram utilizadas somente as duas primeiras variáveis.

Então, para se encontrar o dia real que mais se aproximasse do valor médio no tratamento dos dados climáticos, utilizou-se o seguinte método:

- Para cada dia real medido, determinou-se a diferença entre o valor real e a média aritmética, hora a hora. Esse valor é tido como o erro entre o valor real e a média.
- Determinou-se o quadrado destes valores.
- Fez-se a soma de todos os erros quadráticos.
- Analisou-se qual o dia que apresentou menor valor para o somatório dos erros quadráticos. Este foi escolhido como o dia representativo do período.

Após este procedimento, para os oito dias dos dois períodos de medição, obteve-se o dia 17 de Fevereiro, como representativo de verão e o dia 01 de Junho, como de inverno. A partir daí, foram produzidos mapas temáticos para cada uma das variáveis ambientais monitoradas, com o intuito de correlacioná-los com os mapas que registravam a morfologia do recorte urbano escolhido.

### III. Análise estatística

Diante da complexidade e heterogeneidade do meio urbano, acrescido a inúmeras variáveis climáticas que compõem o clima urbano, tratar das relações entre todas estas variáveis, torna-se cada vez mais complicado. Estudos que levam em consideração grande número de variáveis têm apresentado tratamentos estatísticos com resultados satisfatórios, sendo o coeficiente de correlação de *Pearson* ( $r$ ) um dos mais utilizado neste universo. Optou-se então pela aplicação do pacote estatístico *R 2.11.1*, a fim de se obter relações lineares múltiplas e testes de significâncias, tomando-se a temperatura do ar como variável principal. Foram feitos testes de associação de *Pearson* com nível de significância de 5%, para as correlações que consideraram um dia por vez e quando se considerou todos os dias medidos juntos organizando-os por período. Ainda não há na literatura pesquisas que relatem o *P\_valor* adequado para estudos de clima urbano, porém o nível de significância de 5% é o mais comumente utilizado em estudos desta natureza.

Na estatística descritiva, o desvio padrão por si só tem grandes limitações. Além disso, o fato do desvio padrão ser expresso na mesma unidade dos dados limita o seu emprego ao compararem-se duas ou mais séries de valores, relativamente à sua dispersão ou variabilidade, quando expressas em unidades diferentes. Para contornar estas dificuldades e limitações, pode-se caracterizar a dispersão ou variabilidade dos dados em termos relativos ao seu valor médio, medida essa denominada de coeficiente de variação de *Pearson*, que é a razão entre o desvio padrão e a média referentes aos dados de uma mesma série.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Onde  $x$  e  $y$  são as médias de amostra média do conjunto de variáveis dependentes ou independentes.

Neste modelo estatístico, as relações podem ser simples ou múltiplas. No sistema de clima urbano estas são classificadas como múltipla, pois envolve fenômenos que dependem de mais de uma variável independente. As relações entre as variáveis podem ser classificadas também como diretas ou inversas, ou seja, positivas ou negativas, respectivamente. A relação direta indica que ao aumentar-se o valor de  $x$ , o valor de  $y$  também é elevado. A inversa aponta que ao elevar-se o valor de  $x$ , o valor de  $y$  diminui. O coeficiente de correlação de *Pearson* pode variar de -1 a +1. Quanto mais próxima de -1 ou de +1, mais forte será a

correlação entre as variáveis observadas. Para a classificação da correlação existente entre as variáveis, considerou-se a escala de classificação de Costa (1998).

Analisou-se a relação existente entre a temperatura e quatro variáveis mensuradas nos três horários, durante os oito dias de medição em cada período. As variáveis utilizadas nas correlações usando o modelo de correlação de *Pearson* foram: velocidade do vento, umidade relativa do ar, fator de céu visível e quantidade de horas de radiação solar (ou horas de insolação) recebidas pelo ponto.

# Capítulo 4



## 4 UNIVERSO DE ANÁLISE

### 4.1 A CIDADE DE JOÃO PESSOA

Geograficamente situada entre os meridianos de 34° 45' 54'' e 38° 45'54'' de Longitude Oeste e entre os paralelos de 6° 02' 12'' e 8° 19'18'' de Latitude Sul, a Paraíba localiza-se na porção oriental do Nordeste e tem o seu espaço físico definido, segundo o IDEME<sup>7</sup>, pelos seguintes limites estaduais: ao Norte com o Estado do Rio Grande do Norte; Pernambuco, ao Sul; Ceará, a Oeste; e a Leste com o Oceano Atlântico, onde está situado o ponto mais oriental das Américas (Figura 10). Possui uma área de 56.341,00 Km<sup>2</sup>, representando 3,62% da Região Nordeste e 0,66% de todo o território brasileiro, distribuindo-se em 23 microrregiões, 4 mesorregiões, 12 regiões geoadministrativas e 223 municípios.<sup>8</sup>



**Figura 10:** Mapa da Região Nordeste e da Paraíba com destaque para a cidade de João Pessoa.

**Fonte:** [www.oguiageografico.files.wordpress.com](http://www.oguiageografico.files.wordpress.com). Acesso em Janeiro, 2009.

Fundada em 5 de agosto de 1585, a capital do estado da Paraíba nasceu às margens do Rio Sanhauá, crescendo em direção ao mar. João Pessoa localiza-se no extremo Leste do Estado da Paraíba, entre as coordenadas 7°14'29'' de Latitude Sul / 34°58'36'' de Longitude Oeste e 7°03'18'' de Latitude Sul / 34°47'36'' de Longitude Oeste. Limita-se, ao Sul, com o município do Conde, ao Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita, ao Norte com o município de Cabedelo e ao Leste com o Oceano Atlântico. Tem uma área total de 210,45 km<sup>2</sup>, atualmente com 64 bairros com uma área bruta de 160,76 km<sup>2</sup> e 49,69 Km<sup>2</sup> de área verde e preservação ambiental.

<sup>7</sup> Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba.

<sup>8</sup> Dados do Censo Demográfico 2000 do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

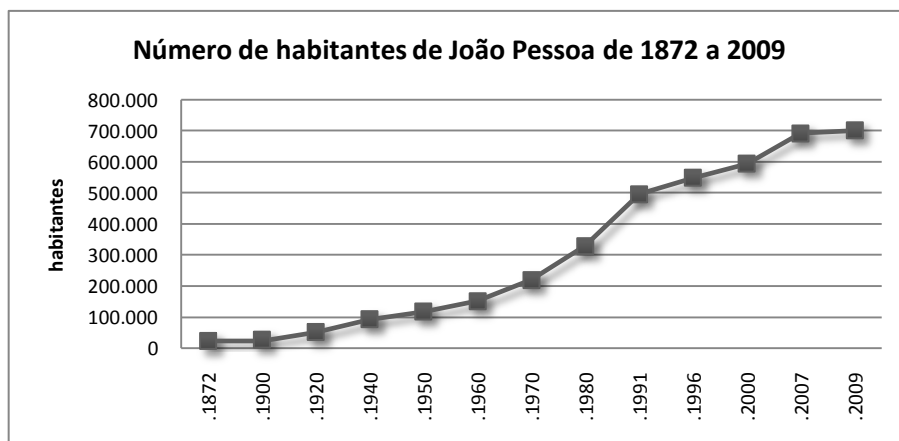


Ainda que não seja uma megalópole, João Pessoa tem passado por uma profunda modificação em sua malha urbana. Estas transformações são ocasionadas, em grande parte, pela especulação no setor imobiliário. Segundo Gonçalves *et al* (1999), a urbanização em João Pessoa iniciou-se a partir do final do século XIX, com o desenvolvimento da produção de algodão e o colapso do trabalho escravo que fez com que os senhores de engenho e fazendeiros passassem a ter residência permanente na cidade.

Aproximadamente trinta anos depois da abertura da Avenida Eptácio Pessoa e da incorporação urbana dos bairros litorâneos, em 1960, algumas intervenções públicas, de órgãos federais em João Pessoa, marcaram um momento importante de reestruturação urbana da cidade. A implantação do Campus da Universidade Federal, do Distrito Industrial e de conjuntos habitacionais, por exemplo, foram atos decisivos para a expansão em direção ao sul e sudeste do município, principalmente por parte da população de renda média e média-baixa.

Já no setor litorâneo, bairros à beira-mar com unidades habitacionais destinadas à população com maior poder aquisitivo, começaram a se consolidar, contribuindo para valorização e processo de ocupação permanente da orla da cidade. Também na década de 60, o território de João Pessoa foi perdendo gradativamente a sua produção agrícola e toda a área do município foi se urbanizando. Hoje em dia, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) considera todo o município como urbano.

Nas três últimas décadas, a cidade praticamente triplicou a quantidade populacional. Em 1970, a população era de 221.052 habitantes, e em 2009, segundo dados do IBGE, há 702.235 habitantes (Figura 11).



**Figura 11:** Gráfico de Número de habitantes de João Pessoa de 1872 a 2009.  
**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

## 4.2 O CLIMA EM JOÃO PESSOA

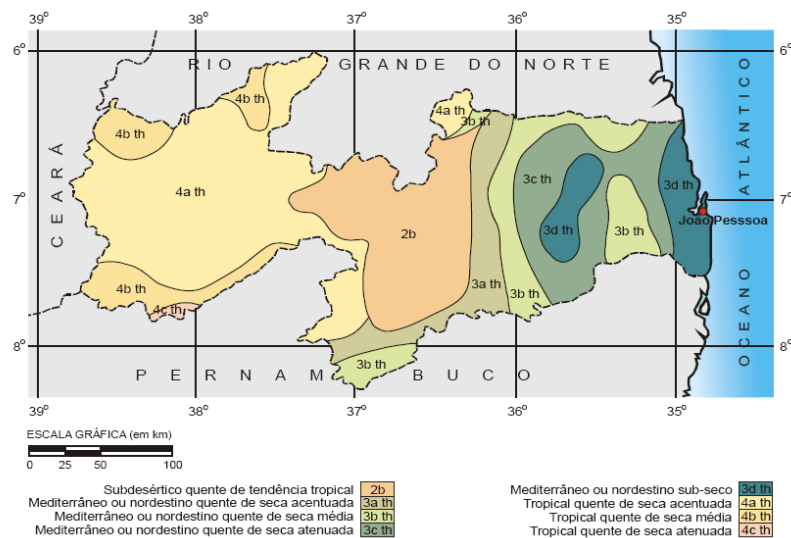
Segundo a Classificação Bioclimática de *Köppen* (1884, atualizada para os dias atuais), o clima de João Pessoa é do tipo 3dth (Tabela 4 e Figura 12) que, no Brasil, recebe a denominação de mediterrâneo ou Nordeste subseco. (Silva, 1999)

O clima da cidade de João Pessoa caracteriza-se por temperaturas médias anuais elevadas, sem estações térmicas, mas com estação úmida definida, com índice pluviométrico acentuado, concentrado nos meses de maio, junho e julho, possuindo umidade relativa do ar elevada, com apenas dois meses secos. (Figura 13)

Bioclima	Características do Bioclima	Denominação no Brasil	Temp. média anual	Altít.	Latit.	Longit.
3dth	Apresenta médias térmicas anuais em torno de 25°C. Totais pluviométricos anuais de 1000 a 2000mm na área do brejo e 1500 a 1700mm no litoral. Umidade relativa do ar em torno de 80%. A estação seca dura de 01 a 03 Meses.	Mediterrâneo ou Nordeste subseco	25°	5m	7° 8' S	34°53' W

**Tabela 4:** Características do bioclima mediterrâneo ou nordestino sub-seco.

**Fonte:** Silva, 1999.



**Figura 12:** Classificação Climática de Köppen para o estado da Paraíba.

**Fonte:** Silva, 1999.

Segundo Nóbrega (2002), devido ao seu relevo e a sua distribuição territorial longitudinal, os principais sistemas meteorológicos que atuam sobre o Estado são: os *Vórtices*

*Ciclônicos da Alta Troposfera (VCAT), as Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Aglomerados Convectivos (ACs).* VCAT é um conjunto de nuvens, com forma aproximada de um “círculo” que gira no sentido horário no hemisfério sul, dominado por uma região de baixa pressão favorecendo a convecção e, conseqüentemente, as chuvas. Atua geralmente nos meses de verão na alta troposfera, e apresenta duração variável (entre dias ou semanas). A parte central do VCAT é caracterizada por movimento descendente de ar frio e seco, o que determina ausência de precipitação sobre esta região, enquanto em sua periferia, os movimentos ascendentes de ar quente e úmido causam precipitação.

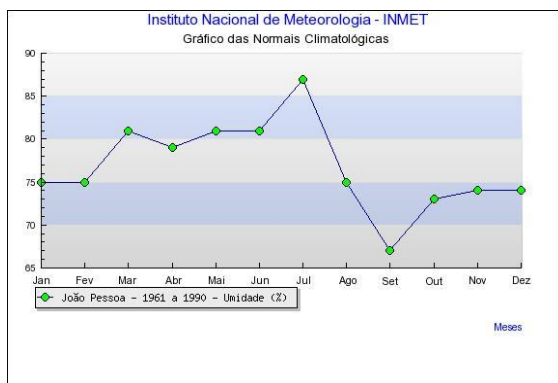
Ao longo da Linha do Equador, predominam ventos conhecidos como ventos alísios, ventos de nordeste e sudeste que sopram em direção ao Equador. Nesta faixa, os ventos alísios confluem contribuindo, assim, para a formação de uma intensa banda de nebulosidade convectiva (geradora de chuvas), denominada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A posição da ZCIT varia de acordo com o movimento aparente do sol, ou seja, com as estações do ano (variação sazonal). Estas mudanças sazonais da ZCIT, em particular sobre o Atlântico Tropical, coincidem com as variações da precipitação no setor norte do Nordeste do Brasil. Nos meses de março e abril, a ZCIT encontra-se na sua posição mais ao sul, ou seja, próximo à costa do Nordeste, o que corresponde exatamente ao auge de sua estação chuvosa na região. Em anos com grande ocorrência de chuvas, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte (AAN) está mais intenso do que o normal, assim como os ventos alísios de nordeste, fazendo com que a ZCIT seja “empurrada” para posições mais ao sul. Em anos de seca, o inverso ocorre, ou seja, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (AAS) e os ventos de sudeste estão mais intensos, de modo que a ZCIT é deslocada para posições mais ao norte, em relação a sua posição normal.

O terceiro e último sistema meteorológico importante que atua sobre o Estado da Paraíba é conhecido por Aglomerados Convectivos (ACs) que associados a distúrbios ondulatórios de leste mantêm a estação chuvosa do setor leste do Nordeste. Os ACs, na região do Atlântico Tropical Sul, são gerados durante o inverno do Hemisfério Sul, período coincidente com a estação chuvosa do setor leste do Nordeste. Estas ondas deslocam-se no sentido leste-oeste desde a costa da África até a costa leste do Brasil.

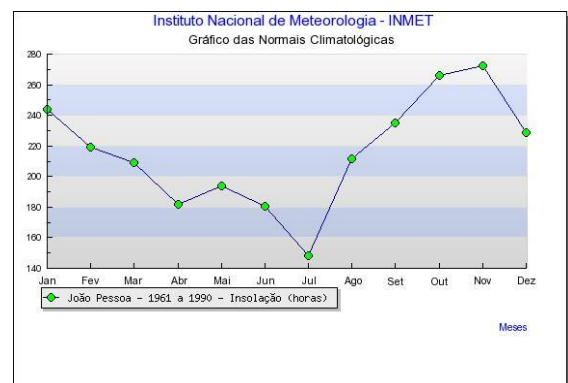
A proximidade da cidade de João Pessoa em relação ao Equador faz com que não haja variações significativas de tempo ao longo do ano, incluindo-se o regime de ventos predominantemente diário, característico de zonas costeiras. Desta maneira, permanece durante todo o ano dentro da faixa correspondente aos ventos alísios de sudeste que sopram, caracteristicamente, nos meses menos quentes com maior frequência e velocidade, tendo,

somente com a chegada dos meses mais quentes, sua frequência alterada, através dos ventos de leste e de nordeste, vindos das áreas equatoriais na corrente de deslocamento, em direção sul da Zona de Convergência Tropical Interna. (Carvalho, 2006)

Esta localização determina também uma quantidade aproximada de 3.000 horas de insolação por ano (Silva, 1999). No mês de novembro, a quantidade de insolação dos últimos anos chegou a 275 horas (Figura 14). A nebulosidade apresenta uma grande variação entre céu claro e encoberto, atribuindo-se à cidade um índice de nebulosidade entre 5,5 a 6,5 graus numa escala de 0 a 10.

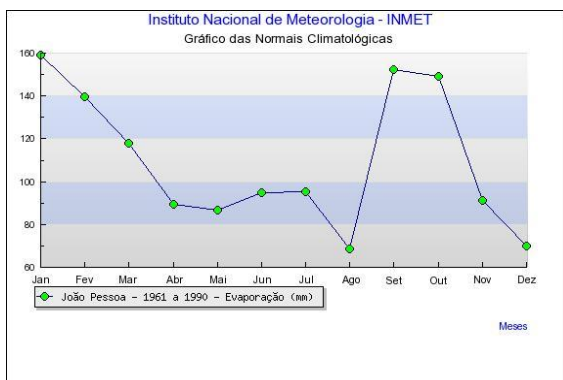


**Figura 13:** Gráfico de Umidade em João Pessoa de 1961 a 1990.  
**Fonte:** INMET.

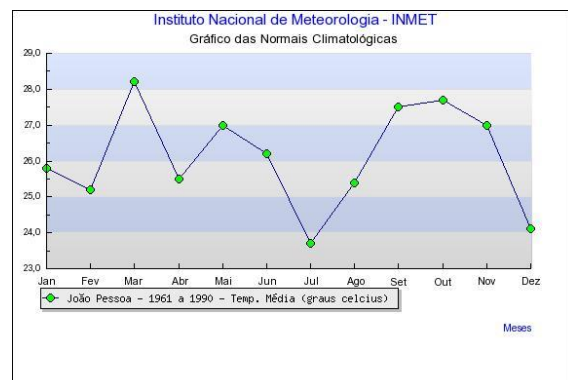


**Figura 14:** Gráfico de Insolação em João Pessoa de 1961 a 1990.  
**Fonte:** INMET.

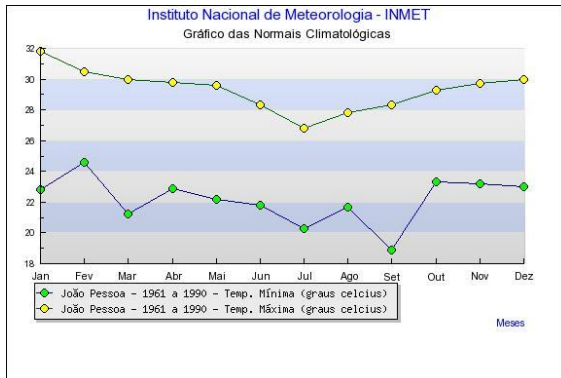
A Estação Climatológica do INMET registrou, nos últimos trinta anos, temperaturas médias anuais de 23 a 28°C, com máximas que registraram até 32°C e mínimas chegando a 19°C, conforme Figura 17, atingindo um índice de evaporação de 160 mm, no mês de Janeiro. (Figura 15)



**Figura 16:** Evaporação em João Pessoa de 1961 a 1990.  
**Fonte:** INMET.



**Figura 15:** Temperatura média em João Pessoa de 1961 a 1990. **Fonte:** INMET.



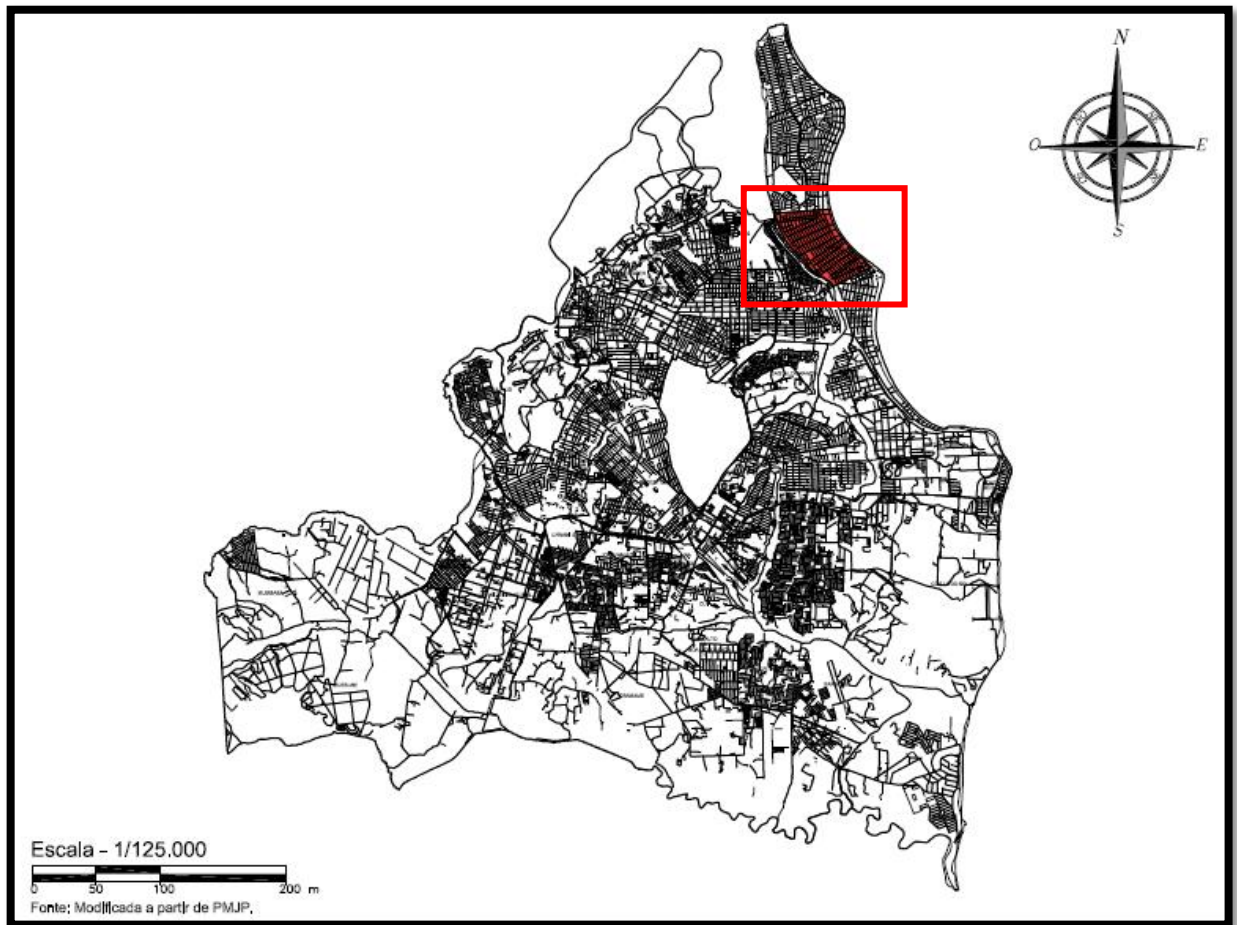
**Figura 17:** Temperaturas Máximas e Mínimas em João Pessoa de 1961 a 1990. **Fonte:** INMET.

#### 4.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Dentre os 64 bairros em que se divide a cidade de João Pessoa, Manaíra, escolhido como universo da pesquisa, aparece como um dos bairros com maior presença de massa arbórea em sua forma urbana atual (em termos de arborização urbana), segundo o pré-inventário realizado pela SEMAM que não contabiliza as grandes massas vegetais encontradas na cidade, como a Mata do Buraquinho, O Jardim Botânico, O Parque Solon de Lucena e o Parque Arruda Câmara. No pré-inventário, o bairro aparece com 6,07% do total de árvores levantadas da cidade.

Na Figura 18, tem-se a planta da cidade de João Pessoa, com o bairro escolhido delimitado, situando-se na porção norte da cidade. Sob a coordenada  $7^{\circ}6'20''S$   $34^{\circ}50'4''W$ , a 3km do centro, Manaíra limita-se com o bairro de Tambaú ao sul pela Avenida Senador Rui Carneiro, ao norte com o bairro do Aeroclube e Jardim Oceania (Bessa) pela Avenida Governador Flávio Ribeiro Coutinho (Retão de Manaíra), ao oeste com o bairro São José, através da divisão natural do Rio Jaguaribe e, posteriormente, com o bairro João Agripino e a BR-230 e a leste com o oceano atlântico.

Segundo dados da Prefeitura Municipal, o bairro conta hoje com uma área total de  $2,3\text{km}^2$  abrigando 70 ruas, mais de 300 edificações multifamiliares e mais de 2.430 residências unifamiliares. Trata-se de uma população de aproximadamente 23.000 pessoas, com um Índice de Desenvolvimento Humano de 0,881.



**Figura 18:** Localização do bairro de Manaíra na cidade de João Pessoa.

**Fonte:** Baseada em cartografia da PMJP.

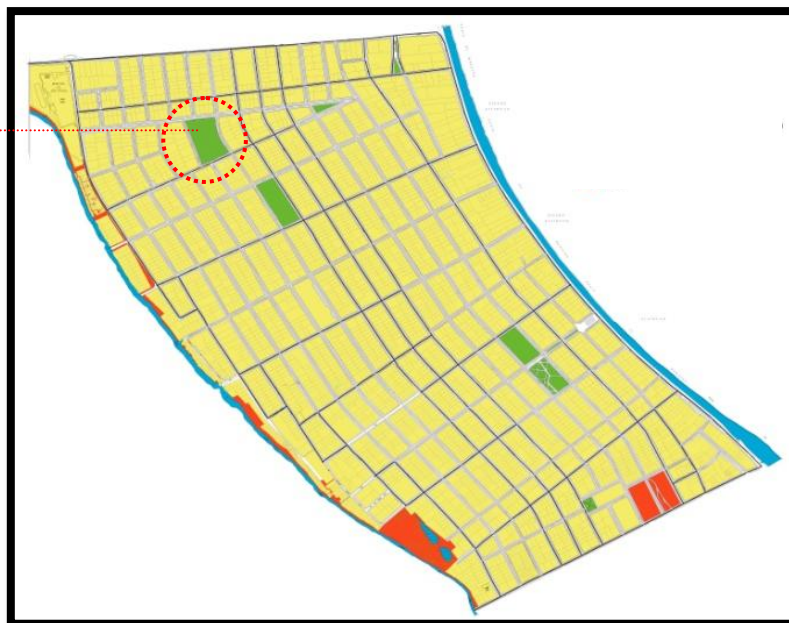
Fez-se um levantamento e análise de todas as praças e escolheu-se uma para objeto de estudo. A Tabela 5 apresentada a seguir demonstra os aspectos que foram levados em consideração para a escolha específica da Praça Silvio Porto.

PRAÇA	ÁREA TOTAL	USO DO ENTORNO IMEDIATO	MASSA VEGETAL	USO INTERNO PREDOMINANTE
SILVIO PORTO	13 861,16 m <sup>2</sup>	Residencial / Comercial	Massa arbórea com formação de anel em volta da Praça	Lazer Contemplativo, Recreativo e Esportivo
ROBSON DUARTE	1 904,51 m <sup>2</sup>	Residencial	Pequena	Comércio / Lazer Contemplativo e Esportivo
MAXIMIANO DA FRANCA (QUADRA)	1 082,00 m <sup>2</sup>	Comercial / Residencial	Pequena	Comércio / Lazer Esportivo
JOSÉ GALDENCIO	270,52 m <sup>2</sup>	Comercial / Residencial	Árvores isoladas sem formação	Comercial
CHAUTEBRIAND ARNOUD	8 716,08 m <sup>2</sup> + 8 492,29 m <sup>2</sup> = 17 208,37 m <sup>2</sup>	Residencial/ Comercial	Árvores isoladas com pequena formatação	Lazer Contemplativo, Recreativo e Esportivo
GILVANDRO CARREIRA	1 733,16 m <sup>2</sup>	Residencial	Árvores isoladas	Comercio / Lazer Contemplativo
ALCIDES CARNEIRO	11 192,54 m <sup>2</sup>	Residencial/ Comercial	Considerável	Lazer Contemplativo, Recreativo e Esportivo
FLORA FALCONI	4 096,33 m <sup>2</sup>	Comercial / Residencial	Árvores isoladas sem formatação	Comercial / Lazer Contemplativo

**Tabela 5:** Resumo das características analisadas para a escolha da praça para a pesquisa.

Na Figura 19, mapa do bairro de Manaíra, com a localização de todas as praças com destaque para a escolhida. No capítulo a seguir, a caracterização de seus entornos imediatos definidos espacialmente como apresentados na seção anterior.

Praça Silvio Porto



**Figura 19:** Praças existentes no bairro de Manaíra, com destaque para a Praça Silvio Porto.

**Fonte:** Baseada em cartografia PMJP.

# Capítulo 5





## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE QUALITATIVA DO RECORTE URBANO

Na caracterização da área de estudo as componentes físico-ambientais e morfológicas analisadas são: topografia, uso do solo, altura das edificações, áreas verdes, tipo de recobrimento do solo e comportamento das sombras provocadas pelas edificações nos dias representativos de cada período de medição.

#### 5.1.1 Caracterização morfológica da área de entorno da Praça Silvio Porto

##### a) Uso do Solo

O recorte urbano escolhido apresenta diversos tipos de uso (residencial, comercial, serviço e institucional), além de alguns terrenos sem edificações e/ou em processo inicial de construção, considerado aqui como “terrenos vazios”. É importante notar existência de alguns imóveis atualmente sem uso ou que foram demolidos podendo dar origem à novas construções, provavelmente verticalizadas (Figura 20). Verifica-se que a área estudada está em constantes modificações morfológicas, sendo a mudança de uso do solo bem freqüente no local, principalmente de residências unifamiliares cedendo lugar para edifícios multifamiliares ou comerciais e serviços.

Foram constatados 512 lotes. Destes 465 são residenciais, 90% do total, representados, na sua maioria, por edificações multifamiliares ou unifamiliares de dois pavimentos. Há poucos lotes de uso comercial, num total de 15 lotes (3%) devido a sua localização próxima a eixos de expansão comercial existentes, como a Avenida Flávio Ribeiro Coutinho (Retão de Manaíra) e Avenida Edson Ramalho. O uso comercial é representado principalmente por pequenos edifícios comerciais, clínicas e escolas que elevam um pouco o número de usuários da área, levando ao aumento na quantidade de veículos presentes na região. Entre clínicas de saúde, escritórios comerciais autônomos, bares e restaurantes, chega-se a 31 lotes (6%). Alguns apresentam a composição de serviço e residência no mesmo local, considerado misto.

O bairro de Manaíra conta com grandes escolas e alguns órgãos públicos relacionados à saúde. Mas, a área de estudo apresenta apenas uma escola de pequeno porte, localizada na Rua Escrivão Sebastião de Azevedo Bastos.

#### b) Gabarito das edificações

O bairro de Manaíra se destaca na cidade por apresentar uma alta taxa de crescimento vertical. A área estudada apresenta grande diversidade de alturas, com edificações térreas à edifícios até 33 pavimentos (Figura 21).

Na área de entorno da Praça Silvio Porto, há uma concentração de edificações verticais, principalmente na sua porção mais ao leste. A praça está rodeada de edifícios altos, fato que pode ser favorável devido ao sombreamento, e desfavorável por se caracterizarem como barreiras de ventilação.

#### c) Áreas Verdes

Analisando o mapa de localização das massas vegetais existentes (Figura 22), pôde-se constatar uma quantidade significativa de vegetação nas calçadas das ruas que compõem o entorno e no anel externo da Praça Silvio Porto. É pertinente salientar que nos lotes onde existem edificações verticais, praticamente não se verifica a existência de área verde, evidenciada pela ocupação inclusive do subsolo, e impermeabilização quase total do lote, sendo respeitada apenas a taxa de permeabilidade exigida pela legislação local de 4% por frente.

A Praça Silvio Porto conta com grandes indivíduos arbóreos representados por Oitis, Sombreiros, Ficus, Eucaliptos, Pau Brasil, Aroeiras, Castanhas, Algarobas, Ipês, Palmeiras e Oliveiras. Estas árvores estão, em sua maioria, localizadas no perímetro externo da praça, formando um grande ‘anel’ arbóreo em volta da mesma, proporcionando assim, aparentemente, não contribuindo no sombreamento do interior da praça, composto por areia fina e alguns caminhos e ambientes (quadras) em concreto.

#### d) Recobrimento do Solo

Com o mapa de recobrimento do solo do recorte urbano escolhido (Figura 23), se observou que todas as vias são dotadas de pavimento, a grande maioria pavimentada com asfalto e as algumas com paralelepípedo, sendo assim, impermeáveis às águas pluviais e grandes emissoras de calor. Praticamente, inexistente a presença de canteiros centrais. Para efeito de análise, assumiu-se que o solo no interior dos lotes seriam considerados impermeáveis na presença de edificação e permeável na ausência desta.

O recobrimento do solo da Praça Silvio Porto especificamente é composto por concreto, presente nos caminhos, calçadas e quadras, e de areia fina, em algumas partes coberto com grama.

e) Topografia

A área apresenta relevo bastante regular (Figura 24), com a maioria do recorte selecionado situado num grande platô, predominantemente plana.

A maioria dos lotes tem predominância da orientação Leste-Oeste, com os lados menores na posição nordeste-leste, devido a uma inclinação existente na malha urbana do bairro.

Figuras 20 a 24 disponíveis na versão impressa localizada na biblioteca central da Universidade Federal da Paraíba.

**Figura 20** - Mapa de uso do solo do entorno da Praça Silvio Porto.

**Figura 21** - Mapa de gabarito das edificações da área de entorno da Praça Silvio Porto

**Figura 22** - Mapa de localização das massas vegetais arbóreas da área de entorno da Praça Silvio Porto.

**Figura 23** - Mapa de recobrimento das vias da área de no entorno da Praça Silvio Porto.

**Figura 24** - Mapa de Topografia da área de entorno da Praça Silvio Porto



## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Feita a caracterização cartográfica e morfológica da área de entorno da Praça, partiu-se para a escolha dos locais onde seriam tomadas as medidas de medições móveis.

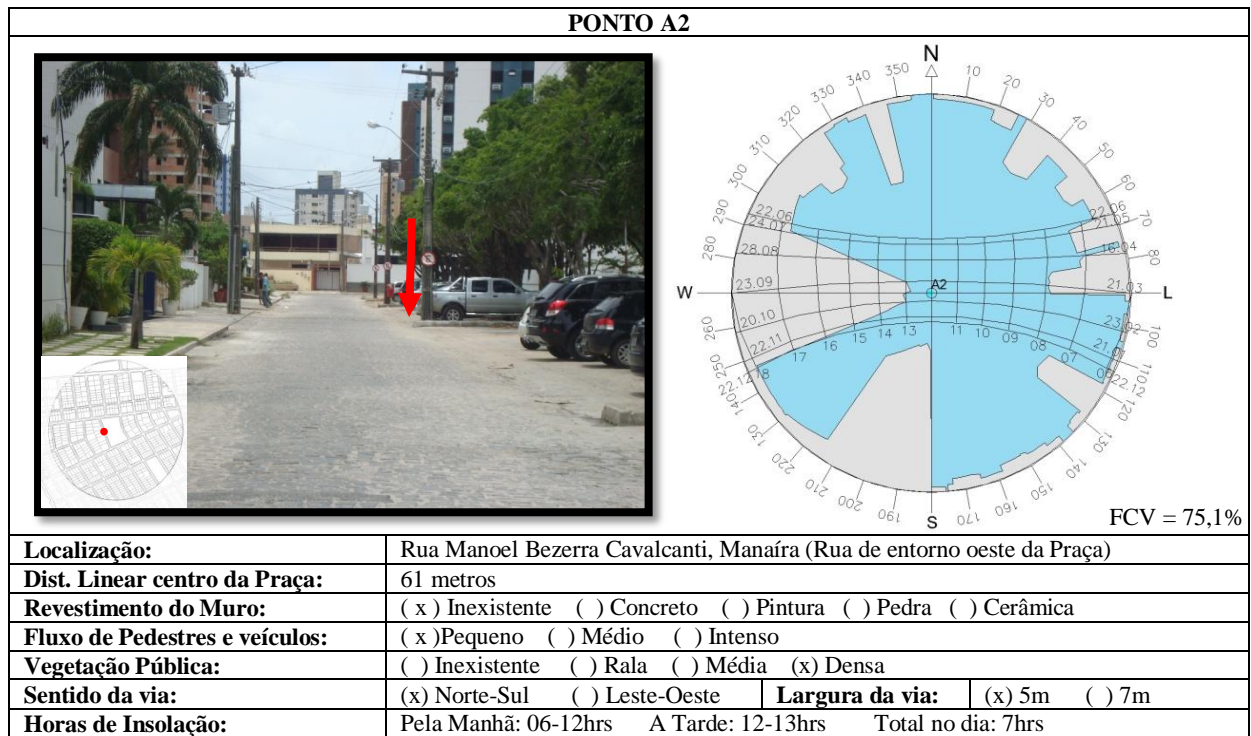
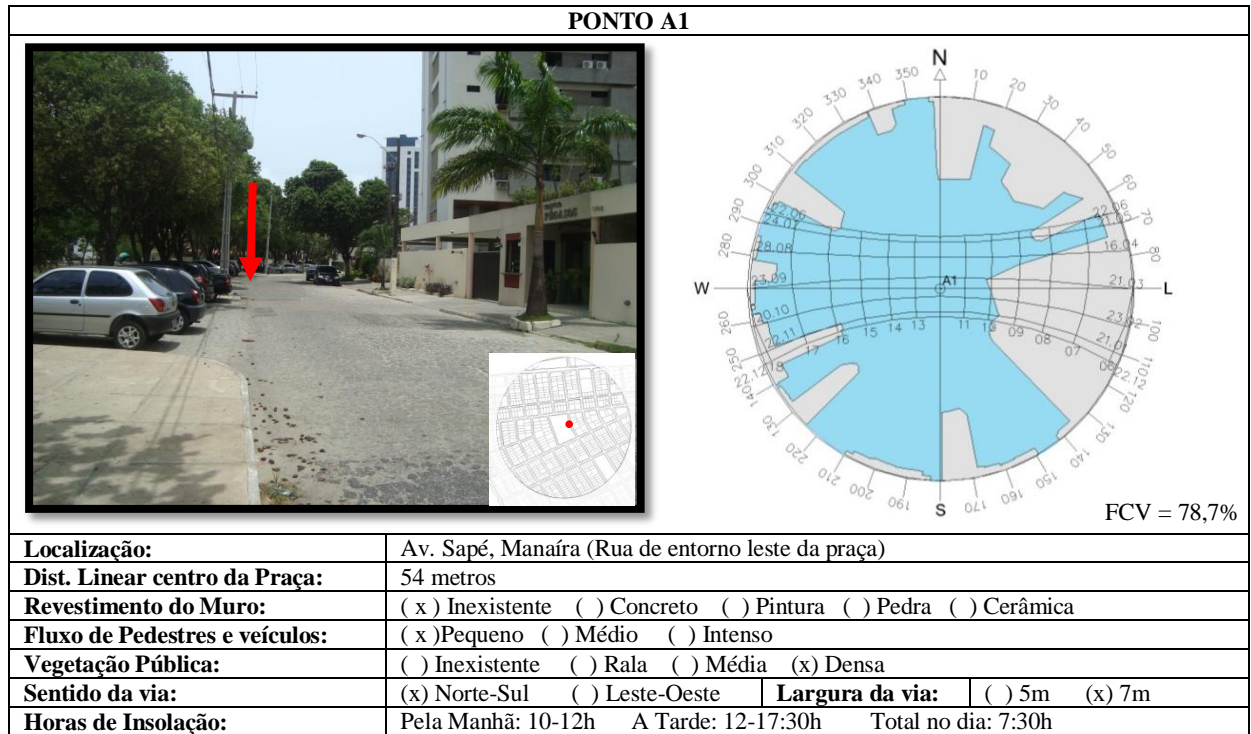
Foram escolhidos os locais onde as medições móveis seriam tomadas. No transecto A, em vermelho, que representa os pontos no interior e alinhamento da praça, localizam-se os pontos A1, A2, A3 e A4. No transecto B, em amarelo, a barlavento da praça, os pontos B1, B2, B3 e B4. No C, em verde, a sotavento da Praça localizou-se os pontos C1, C2, C3 e C4 (Figura 25).



**Figura 25:** Vista aérea da área de entorno da Praça Silvio Porto com a localização dos pontos de medição.  
**Fonte:** Baseada em imagem aérea extraída do *Google Earth*, 2009

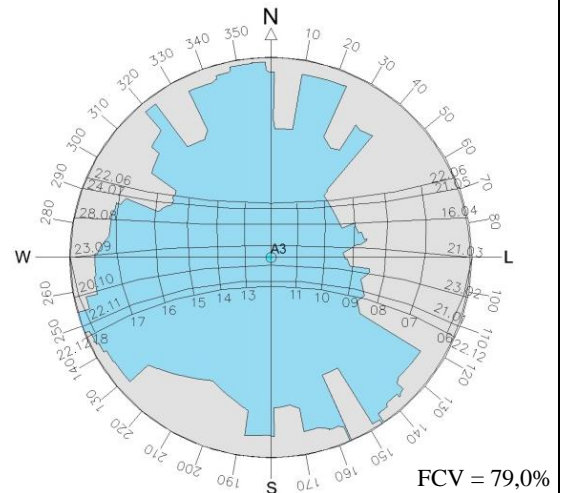
Buscou-se localizar os pontos em vias que apresentassem os mesmos revestimentos, no caso o calçamento (paralelepípedo), com exceção do ponto fixo D, localizado em areia. Também que tivessem o mesmo uso predominante em seu entorno imediato, como o residencial.

Após isso, as características principais dos pontos de medições foram reunidas em fichas de caracterização. Complementou-se esta caracterização com mapas do comportamento das sombras provocadas pelas edificações em cada ponto estudado.

**TRANSECTO A**

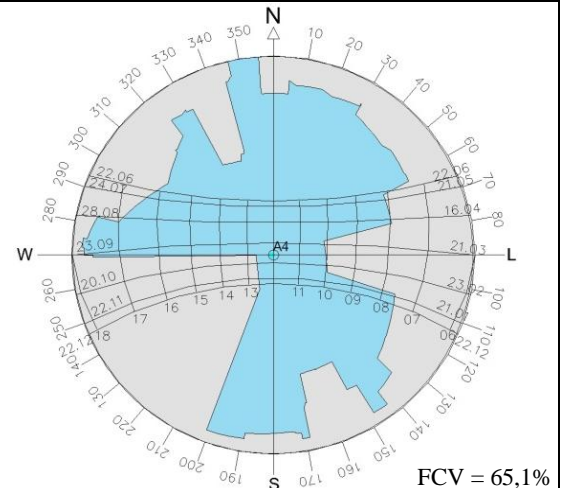


## PONTO A3

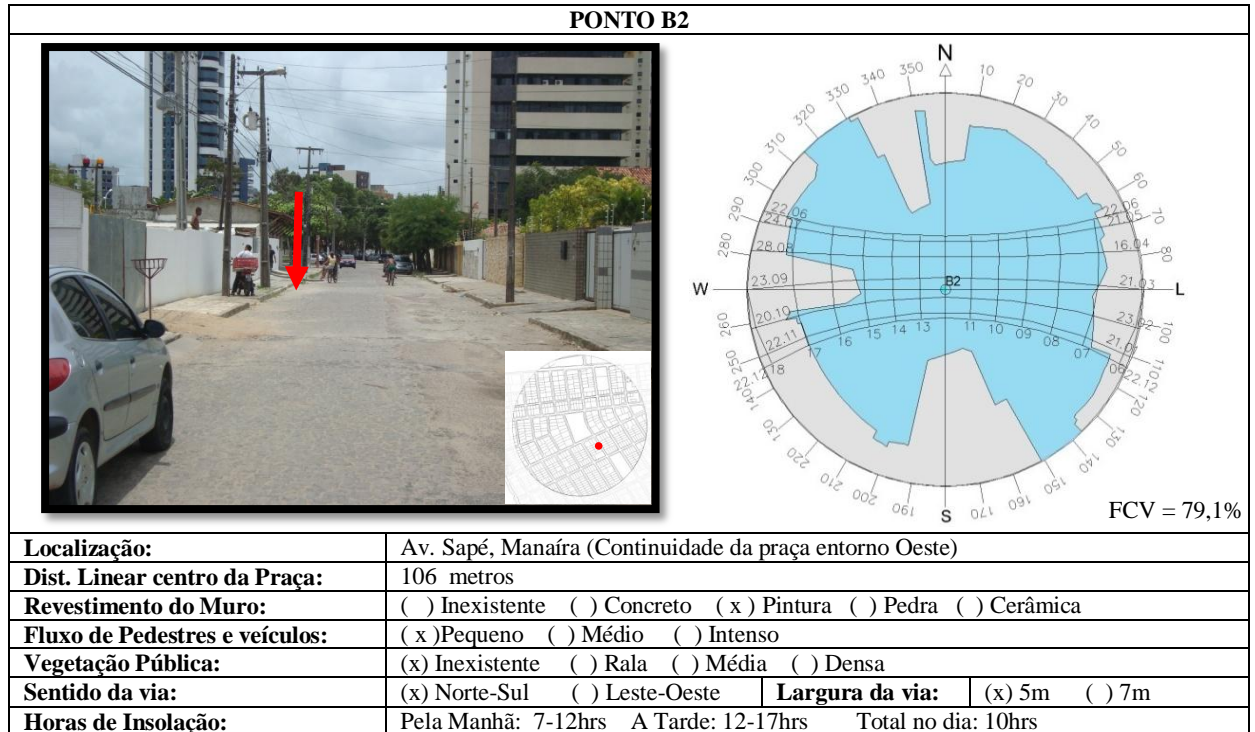
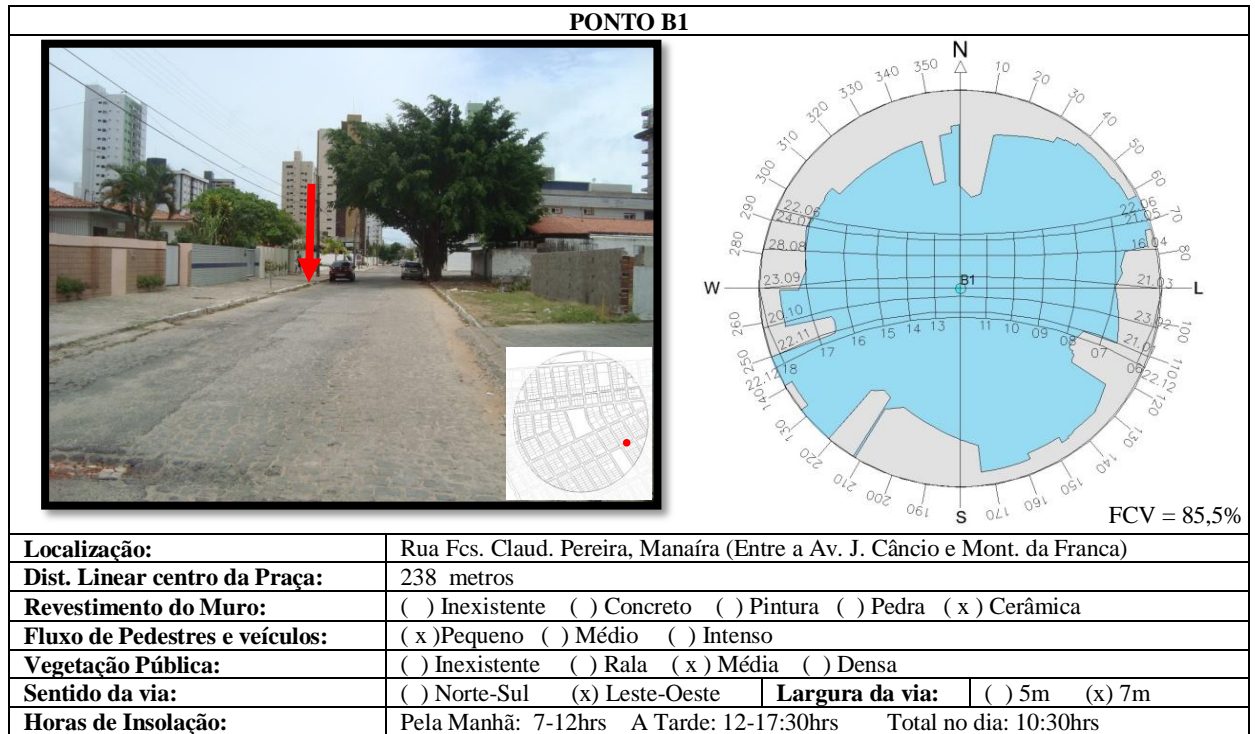


<b>Localização:</b>	Rua Joaquim Carneiro de Mesquita, Manaíra (1ª paralela oeste a praça)		
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	166 metros		
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica		
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso		
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input checked="" type="checkbox"/> Densa		
<b>Sentido da via:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Norte-Sul	<input type="checkbox"/> Leste-Oeste	<b>Largura da via:</b> <input checked="" type="checkbox"/> 5m <input type="checkbox"/> 7m
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 9-12hrs A Tarde: 12-17:30hrs Total no dia: 8:30hrs		

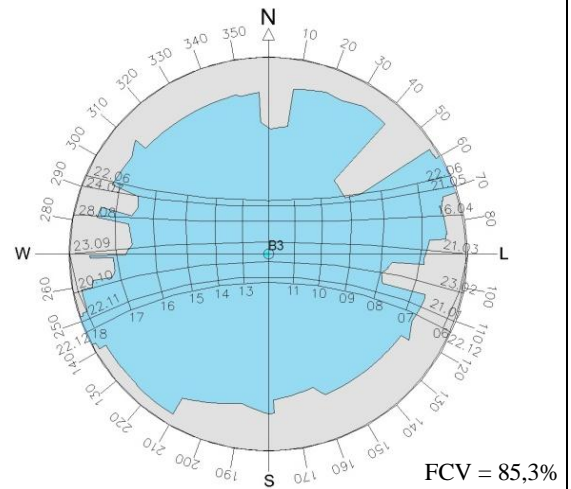
## PONTO A4



<b>Localização:</b>	Rua Maria Eunice Fernandes, Manaíra (Ao lado da Escola infantil)		
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	190 metros		
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica		
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso		
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Densa		
<b>Sentido da via:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Norte-Sul	<input type="checkbox"/> Leste-Oeste	<b>Largura da via:</b> <input checked="" type="checkbox"/> 5m <input type="checkbox"/> 7m
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 10-12hrs A Tarde: 12-12:30hrs Total no dia: 2:30hrs		

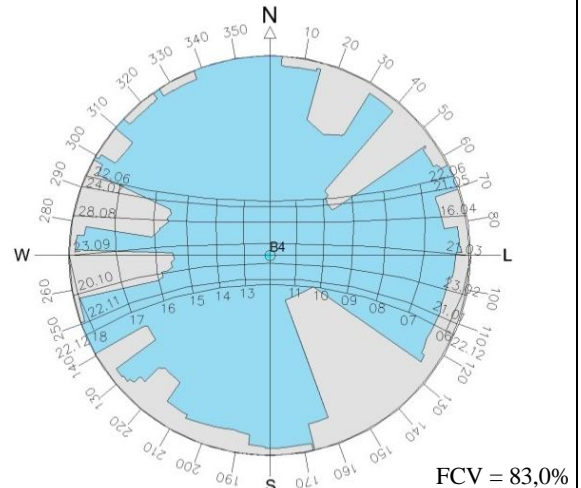
**TRANSECTO B**

## PONTO B3



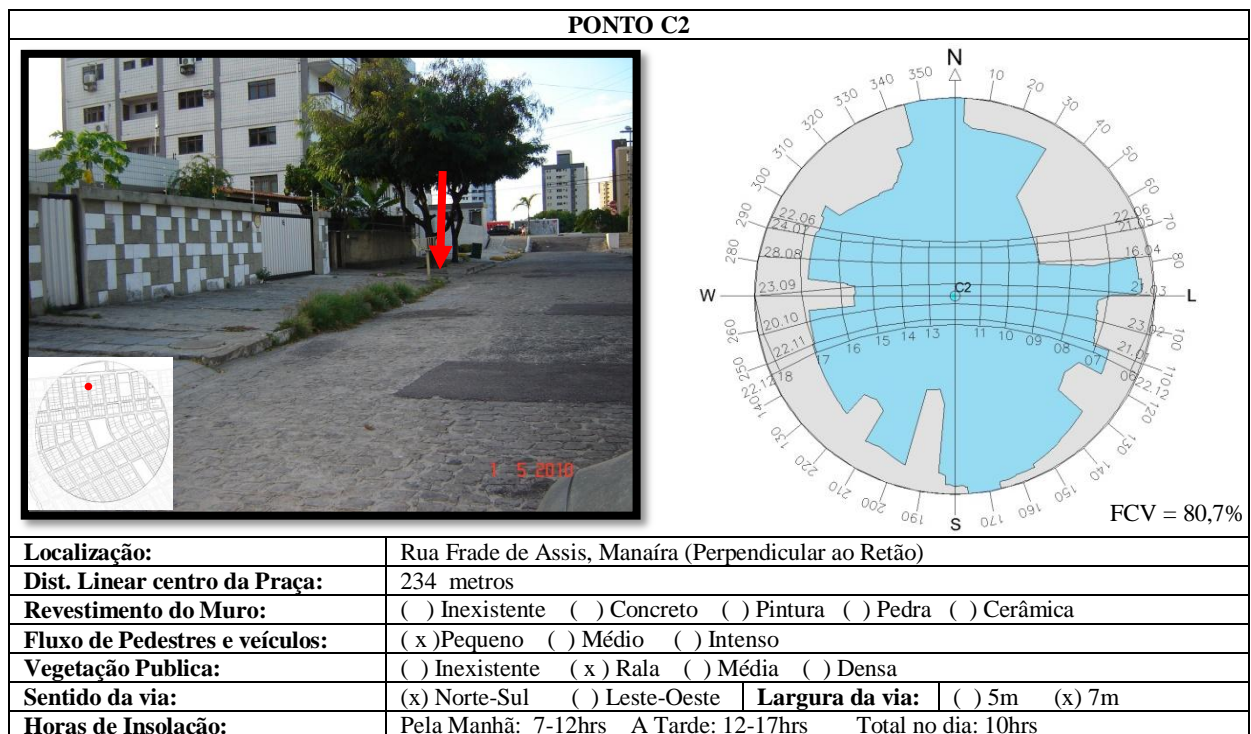
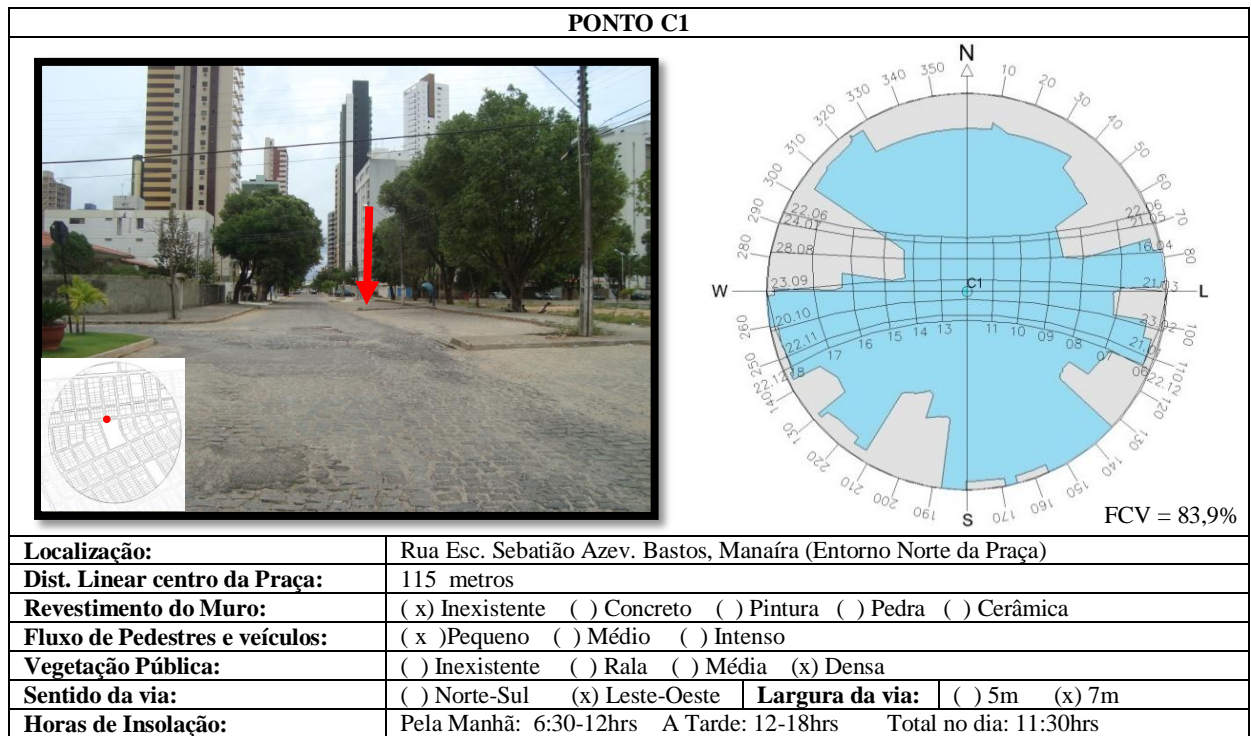
<b>Localização:</b>	Rua Fsc. Claudino Pereira, Manaíra
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	162 metros
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Densa
<b>Sentido da via:</b>	<input type="checkbox"/> Norte-Sul <input checked="" type="checkbox"/> Leste-Oeste
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 8-12hrs A Tarde: 12-17hrs Total no dia: 9hrs
<b>Largura da via:</b>	<input type="checkbox"/> 5m <input checked="" type="checkbox"/> 7m

## PONTO B4

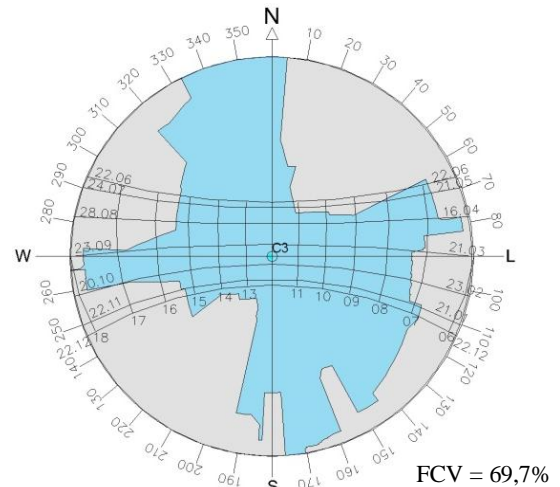


<b>Localização:</b>	Rua Santos Coelho Neto, Manaíra (Entorno Sul da Praça)
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	34 metros
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input checked="" type="checkbox"/> Densa
<b>Sentido da via:</b>	<input type="checkbox"/> Norte-Sul <input checked="" type="checkbox"/> Leste-Oeste
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 6:30-12hrs A Tarde: 12-16hrs Total no dia: 9:30hrs
<b>Largura da via:</b>	<input type="checkbox"/> 5m <input checked="" type="checkbox"/> 7m



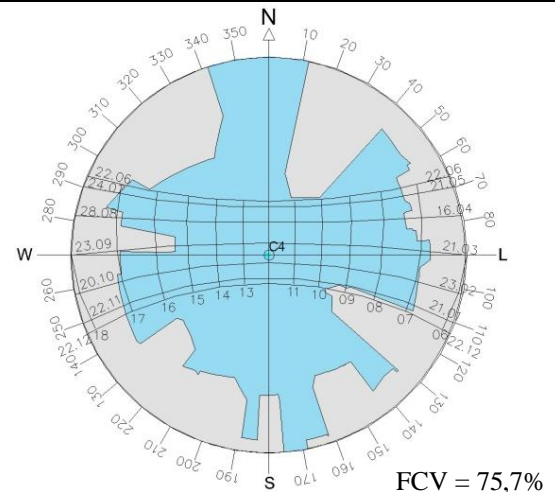
**TRANSECTO C**

## PONTO C3

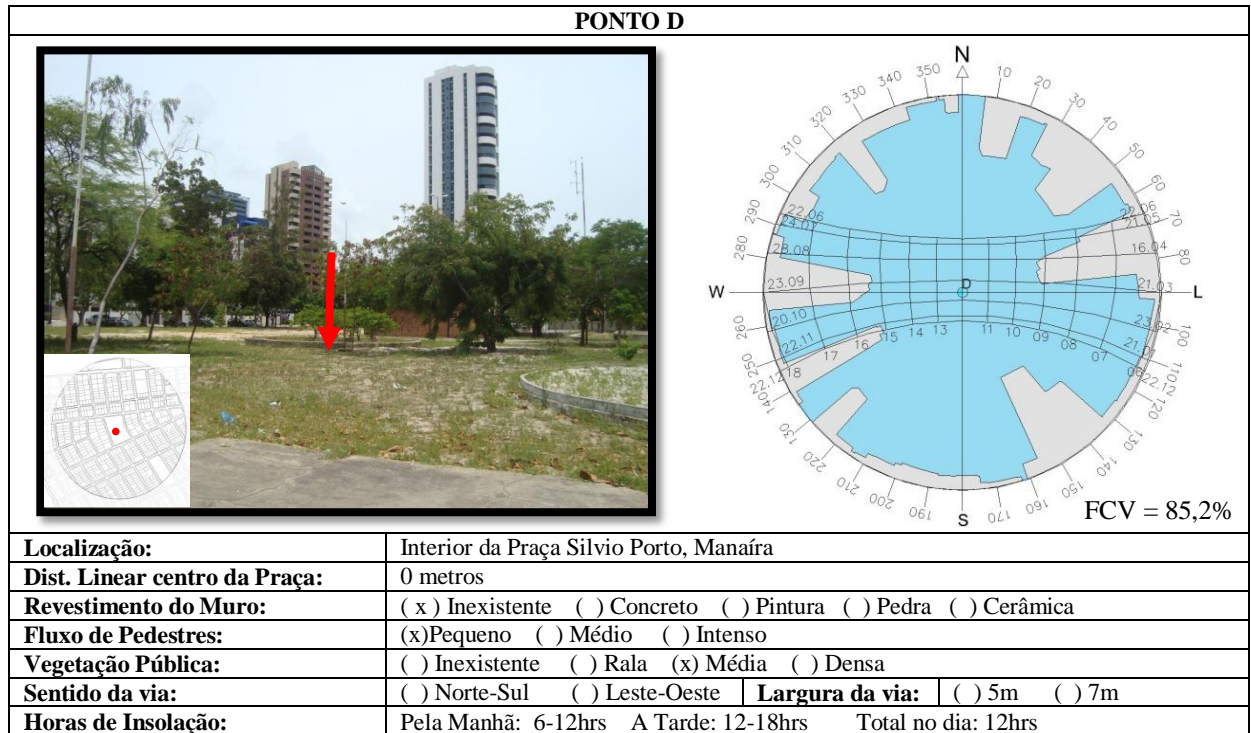


<b>Localização:</b>	Rua Maria Eunice Fernandes, Manaíra (Perpendicular ao Retão)		
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	302 metros		
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica		
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso		
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Densa		
<b>Sentido da via:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Norte-Sul	<input type="checkbox"/> Leste-Oeste	<b>Largura da via:</b> <input checked="" type="checkbox"/> 5m <input type="checkbox"/> 7m
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 7:30-12hrs A Tarde: 12-17hrs Total no dia: 9:30 hrs		

## PONTO C4



<b>Localização:</b>	Rua Joaquim Ferreira da Costa, Manaíra (Perpendicular ao Retão)		
<b>Dist. Linear centro da Praça:</b>	348 metros		
<b>Revestimento do Muro:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Pintura <input type="checkbox"/> Pedra <input type="checkbox"/> Cerâmica		
<b>Fluxo de Pedestres e veículos:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Pequeno <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Intenso		
<b>Vegetação Pública:</b>	<input type="checkbox"/> Inexistente <input checked="" type="checkbox"/> Rala <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Densa		
<b>Sentido da via:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Norte-Sul	<input type="checkbox"/> Leste-Oeste	<b>Largura da via:</b> <input type="checkbox"/> 5m <input checked="" type="checkbox"/> 7m
<b>Horas de Insolação:</b>	Pela Manhã: 7-12hrs A Tarde: 12-17hrs Total no dia: 10hrs		

**PONTO FIXO**



MAPAS DE SOMBRAS PERÍODO DE VERÃO



8:00 HORAS



9:00 HORAS



10:00 HORAS



11:00 HORAS





12:00 HORAS



13:00 HORAS



14:00 HORAS



15:00 HORAS

**Figura 26** - Mapas de sombra do dia representativo do período de verão das 08:00h as 15:00h.



MAPAS DE SOMBRAS DO PERÍODO DE INVERNO



8:00 HORAS



9:00 HORAS



10:00 HORAS



11:00 HORAS

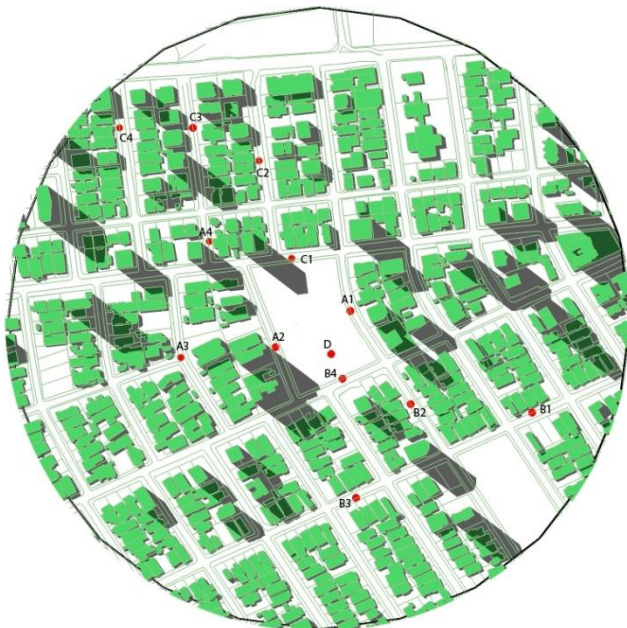




12:00 HORAS



13:00 HORAS



14:00 HORAS



15:00 HORAS

Figura 27 - Mapas de sombra do dia representativo do período de inverno das 08:00 as 15:00h.

### 5.3 ANÁLISE DOS DADOS OBSERVADOS NA MEDIÇÃO DE CAMPO

Nesta parte, serão apresentados os resultados dos dados observados, em cada ponto de medição. Relatam-se as medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos, nos treze pontos de medições, nos horários de 08h, 14h e 20h, em oito dias consecutivos, considerando o período de verão e inverno. Também foram utilizados dados de medições da estação do INMET.

Foram feitas três análises com os dados observados. A primeira trata de uma análise descritiva do comportamento diário de cada variável nos pontos escolhidos. A segunda apresenta-se uma análise teórica dedutiva do dia escolhido como representativo dos dois períodos da pesquisa. E, por fim, procede-se a análise estatística utilizando o teste de associação de *Pearson*.

#### 5.3.1 Análise descritiva do comportamento diário

É efetuada uma verificação simplificada de como as variáveis estudadas se comportaram dia a dia. Os dados observados nas medições em campo são transpostos para gráficos que representam o comportamento diário, nos três horários em cada período, das variáveis climáticas, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos de todos os pontos escolhidos. A direção do vento foi representada através de mapa para facilitar o entendimento da situação observada. Esta análise encontra-se no apêndice B deste volume.

Após este diagnóstico inicial o procedimento seguinte foi a aplicação de um método de escolha do dia representativo de cada uma dos períodos observados.

#### 5.3.2 Análise do dia representativo

A partir do método descrito no capítulo 3, foram escolhidos os dias 17 de fevereiro como representativo da estação seca e o dia 01 de junho como o da chuvosa. Procedeuse, então, a produção de mapas cartográficos que representassem o comportamento de cada uma das variáveis ambientais mensuradas no trabalho de campo. (Ver figuras de 26 a 45) Buscou-se então, entender a relação que existe entre as variáveis ambientais, temperatura do ar, umidade relativa do ar, a velocidade e direção dos ventos, e as variáveis morfológicas, fator

de céu visível, horas de exposição à radiação solar, uso e recobrimento do solo, áreas verdes, topografia, gabarito das edificações. Para análise teórica obteve-se, através da carta psicrométrica, a umidade absoluta do ar, a fim de se observar como o vapor d'água existente no local poderia influenciar a temperatura.

Por uma questão de organização, as análises teóricas foram feitas, primeiramente, considerando o comportamento de todos os pontos em conjunto por horário de medição, nos dois períodos e, em seguida, verificando-se o desempenho de cada ponto separadamente, considerando os dois períodos e os três horários medidos.

### 5.3.2.1 *Análise por Período em cada horário de medição*

#### a) Período de Verão (Ver figuras 28 a 37)

Manhã:

Analisando o mapa de temperatura do ar no dia representativo, vê-se que os pontos mais aquecidos foram C4 e D e, conseqüentemente, neles também foram verificados os menores índices de umidade relativa do ar. O ponto C4 está localizado em uma via no sentido norte-sul, com entorno formado por edificações de casas térreas e uso residencial. Enquanto D localiza-se no interior da Praça Silvio Porto, com seu entorno imediato formado por vegetação (arbustiva e rasteira). Nota-se que não há nenhuma vegetação arbórea que exerça influência significativa sobre o ponto C4 e que a vegetação que exerce influência sobre o ponto D é pouco densa e de médio porte. Analisando o fator de céu visível e as horas de insolação recebidas por cada um deles, percebe-se que em D, o grau de obstrução é maior (85,2%) do que C4 (75,7%), ocasionando uma hora a menos de exposição à radiação solar em C4 do que em D (que recebe 6 horas de insolação) durante o período de verão, pela manhã. Isto possibilita prever temperaturas menos elevadas em C4. O fato dos dois pontos apresentarem temperaturas iguais, (as mais elevadas do conjunto de pontos) leva a crer que a variável velocidade do vento influenciou consideravelmente no ponto C4, pois houve predominância de calmarias e que a temperatura em D poderia ser a mais elevada se não sofresse influência de ventilação, uma vez que predominou aragens (1,3m/s) durante toda a medição.

Os pontos A1 e A2 foram os menos aquecidos do conjunto, 25,9 e 26,3°C. Localizam-se em vias de sentido norte-sul da malha urbana do bairro de Manaíra e tem em seu entorno imediato edificações altas (de 10 a 22 pavimentos) e a Praça Silvio Porto (perímetro leste e oeste). Estão situados exatamente onde há a maior concentração de massa vegetal arbórea do

estudo, no anel externo da praça, contando com árvores de grande porte e folhagens densas. Isto faz com que o fator de céu visível considerado na pesquisa seja ainda menor (em torno de 50% a menos)<sup>9</sup>, levando à dedução que A1 e A2 não receberam incidência de radiação solar significativa neste período, pela manhã. Sabendo que a umidade relativa, como por definição é dependente da temperatura do ar, buscou-se obter os dados de umidade absoluta do ar, através de carta psicrométrica. Assim, verificou-se que a presença de vegetação, nos pontos A1 e A2, não foi suficiente para aumentar o valor de vapor d'água existente no ambiente neste horário. O que comprova que o principal efeito para a redução em suas temperaturas foi o sombreamento provocado pelas árvores e edificações existentes em seu entorno. Houve registros de brisas leves (1,8 e 2,5 m/s), que possivelmente também justificam as temperaturas menos elevadas nos mesmos.

Os pontos B1, B2, B3, C2 e C3 apresentaram temperaturas entre 27,7 e 28,9°C. Nos pontos do transecto B, percebe-se entornos formados por edificações de até 2 pavimentos com uso predominantemente residencial. O mesmo acontece no transecto C, porém com gabaritos variados, até 10 pavimentos. A umidade do ar verificada nesses pontos foi de 77 e 78% em B1, B2, B3 e C2 e 73% em C3. Dentre os cinco pontos, apenas B1 e C2 sofrem uma pequena influência de indivíduos arbóreos de grande porte, o que diminuiria seu fator de céu visível considerado para o estudo em aproximadamente 10%. A velocidade do vento foi maior em B2 (2,8 m/s), provavelmente, devido à orientação da via que favorece a canalização dos ventos de sudeste predominantes na cidade. Em B1 e B3 houve predominância de aragens (1,3 e 1,7 m/s) e em C2 e C3 de calmarias. O grau de obstrução de céu destes cinco pontos varia entre 69 e 85%. Todos receberam de 4 a 5 horas de insolação no horário da manhã no verão, porém a temperatura mais elevada dentre eles foi obtida em C3, ponto onde se podem ver as mais altas edificações (conseqüentemente o menor fator de céu visível) e a menor incidência de ventilação.

Os pontos A3, A4, B4 e C1 registraram temperaturas entre 27,1 e 27,4°C. A4 e A3 estão localizados em vias de sentido norte-sul na malha urbana, com entorno de edificações de uso predominantemente residencial, com gabarito entre térreo e 3 pavimentos em A3 e até 20 pavimentos em A4. B4 e C1 estão localizados em vias de sentido leste-oeste, com entorno composto por edificações de até 24 pavimentos e a Praça Silvio Porto (perímetros sul e norte).

---

<sup>9</sup> Pela limitação de não se poder obter as fotografias com lentes do tipo olho de peixe, calculou-se o fator de céu visível de cada ponto de medição através do *software 3dskyview*, não sendo possível considerar nestes cálculos a arborização. Mesmo assim, teoricamente optou-se por considerar o efeito que as árvores exercem diminuindo ou considerando-se menor o valor do fator de céu visível calculado para os pontos que apresentaram tal conformação.

Os quatro pontos apresentaram taxas de umidade relativa do ar entre 78 e 80%. B4 e C1 têm um fator de céu visível de 80%, enquanto A3 de 79% e A4 de 69%. Porém, estima-se que o fator de céu visível dos pontos perimetrais da praça deveriam ser reduzidos em 50% devido à presença de indivíduos arbóreos de grande porte e folhagens densas. Com esta redução, esses pontos passam a receber aproximadamente a mesma quantidade de insolação no período da manhã, no verão. O mais interessante é que mesmo com velocidades de ventos maiores em B4 e C1 (aragens entre 1,2 e 1,6 m/s) as temperaturas registradas continuaram a ser semelhantes à A3 e A4, onde predominaram calmarias. Levando a crer que os pontos perimetrais da praça, com presença maior de massa vegetal arbórea e maior incidência de ventilação, apresentaram as temperaturas equiparadas a pontos das vias adjacentes, com entornos de edificações altas e sem presença de massa vegetal significativa.

Analisando o conjunto dos 13 pontos estudados pela manhã do período de verão, vê-se que não há significativas influências da proximidade com a Praça Silvio Porto na amenização climática (diminuição da temperatura do ar) das suas vias adjacentes, uma vez que se podem encontrar temperaturas mais elevadas no interior da própria praça. Tal fato demonstra que a altura das edificações e sombreamento exercido pelas edificações e vegetação, que interfere nas variáveis como fator de céu visível e horas de insolação recebidas pelo ponto, exercendo assim maior influência sob a temperatura do ar. Estas variáveis, juntamente com o traçado das vias da malha urbana, influenciam também a velocidade e direção dos ventos. Observa-se que nas vias de sentido norte-sul, onde não se percebe edificações de gabaritos altos, a velocidade dos ventos foi mais elevada.

Tarde:

À tarde, no dia escolhido como representativo do período de verão, o ponto que apresentou as temperaturas mais elevadas foi o ponto D, 29,7°C. Essa temperatura elevada no ponto do interior da praça leva a crer que a massa vegetal arbórea de grande porte e densa, encontrada na praça, não tem um raio de influência significativo. Fora da sombra da copa das árvores, o ponto D não sofreu nenhuma amenização de temperatura e/ou aumento de taxas de umidade absoluta do ar. Acredita-se assim que o ponto D atingiu uma temperatura maior que os demais devido ao seu fator de céu visível elevado (85,2%) e, conseqüentemente, à maior incidência de raios solares durante toda a manhã e tarde. Nota-se que a variável velocidade do vento, mesmo apresentando aragens de 1,3 m/s, não foi suficiente para dissipar este calor recebido durante todo o período da manhã e parte da tarde.



Os pontos que apresentaram temperaturas mais baixas foram A1, A2 e A4, de 26,1 a 26,7°C. A1 e A2 estão localizados no perímetro leste e oeste da Praça Silvio Porto e seus entornos são formados por massas vegetais arbóreas de grande porte com densas folhagens e por edificações residenciais de alturas elevadas (até 22 pavimentos). A4, por sua vez, não conta com a presença de massa vegetal significativa, mas seu entorno é composto por edificações de uso predominantemente residencial com grandes gabaritos, até 20 pavimentos. Os 3 pontos obtiveram taxas de umidade relativa entre 80 e 82%. Neste período, também não foi possível se observar aumento dos índices de umidade absoluta nestes pontos sombreados por vegetação. Constatou-se então, que esta não é suficiente ou adequada para amenizar a temperatura do ar nem mesmo nestes pontos. Como dito anteriormente, os pontos A1 e A4 têm seu fator de céu visível ainda menor do que o calculado pelo modelo (*3dSkyview*), quando se leva em consideração a arborização presente em seu entorno, estima-se que A1 receba aproximadamente 2 horas de insolação e A2 seja sombreado durante todo o dia. A4, por sua vez, estaria apenas 30 minutos de exposto à radiação solar no período da tarde, no verão. As vias onde tais pontos estão localizados são de sentido norte-sul na malha urbana do bairro, o que pode favorecer a incidência de ventilação, visto que a ventilação sudeste é predominante na cidade, pois nestes pontos a velocidade do vento predominante registrada no horário da medição foi de 1,6 e 1,8m/s.

Os pontos do transecto B apresentaram temperaturas entre 28,3 e 28,7°C, sendo a menos elevada obtida em B4, localizado no perímetro sul da Praça Silvio Porto, em via no sentido oeste-leste da malha urbana e que tem em seu entorno edificações residenciais com até 24 pavimentos. B1, B2 e B3 tiveram uma diferença de temperatura de apenas 0,1°C. Todos estão localizados em áreas de edificações residenciais predominantemente térreas. As taxas de umidade relativa do ar obtidas foram de 76% em B1 e 77% em B2, B3 e B4. O ponto B4 recebeu influência de alguns indivíduos arbóreos diminuindo sua porção visível do céu, de 83%, em aproximadamente 50%. B1 conta com uma árvore de grande porte na sua proximidade, que reduz o seu fator de céu visível (85%) em menos de 10%. B2 e B3 tiveram graus de obstrução de céu de 79 e 85%, respectivamente. Sendo assim, B4 provavelmente recebeu 2 horas de insolação no horário da tarde, no verão enquanto B1, B2 e B3 receberam 5 horas. O ponto com maior predominância de ventos foi B2, com brisas leves de 2,7m/s, explicada pela possível canalização sofrida pela ventilação vinda de sudeste. B1 e B3 apresentaram calmarias de 0,5 e 0,3m/s, respectivamente, enquanto em B4 a velocidade do vento predominante foi de 1,5m/s.

A3 e C1 tiveram comportamentos térmicos entre 27,2 e 27,5°C. C1, mesmo localizado no perímetro da praça, obteve temperatura mais alta que A3, localizado a uma quadra de distância da mesma. O entorno do ponto C1 é composto por edificações residenciais térreas e em A3 por residenciais de até 3 pavimentos. Os dois pontos têm fator de céu visível e quantidade de insolação equivalente neste período, chegando a receber aproximadamente 5 horas. A taxa de umidade obtida em A3 foi um pouco maior do que em C1, de 79% no primeiro e 76% no segundo. Em C1 predominaram brisas leves de 2,4m/s e em A3 de aragens de 1,1m/s.

Os demais pontos do transecto C apresentaram temperaturas entre 28,3 e 28,8°C, sendo a menor, dentre eles, obtida em C2, ponto localizado numa via de sentido norte-sul da malha urbana, com entorno formado por edificações predominantemente residenciais de até 5 pavimentos. C2 apresentou umidade relativa do ar de 77%, enquanto C3 e C4 de 74%. As umidades absolutas do ar obtidas para estes pontos se mostram semelhantes às dos pontos A1 e A2, mesmo distantes da massa vegetal, presente na Praça Silvio Porto. A velocidade do vento encontrada foi de predominância de calmarias em C4 e de aragens (0,7 e 1,4 m/s) em C2 e C3. Os três pontos têm fator de céu visível aproximados de 70 a 80% e receberam a mesma quantidade de insolação à tarde, aproximadamente 5 horas.

Sabe-se que, neste horário, existe uma tendência natural de aumento das velocidades de vento e de redução da radiação solar incidente, o que tornam mais evidentes as trocas térmicas urbanas. No caso de João Pessoa, essas trocas começam a repercutir na redução da temperatura do ar exterior, geralmente, após as 14h, quando os valores de temperatura e de umidade relativa atingem seus extremos diários. Assim, no horário em que aconteceram as medições, estas trocas térmicas estavam se iniciando.

À tarde, observou-se ainda que em relação à variável ambiental temperatura do ar, a proximidade da Praça Silvio Porto, tomada como espaço aberto na malha urbana da cidade, não exerceu influência suficiente para proporcionar efeito amenizador. Em vista da quantidade de massa vegetal arbórea existente na praça, percebeu-se que esta exerce amenização apenas nos pontos localizados embaixo dela, não chegando a influenciar o ponto do interior da praça e nem os das vias adjacentes. Pode-se concluir que a variável que provavelmente exerceu maior controle na temperatura do ar foi o fator de céu visível e conseqüentemente a quantidade de insolação recebida pelo ponto, uma vez que, os pontos com graus de obstrução de céu mais altos e horas de exposição maiores, apresentaram temperaturas mais elevadas.

Verificando-se os dados obtidos da variável velocidade do vento, percebeu-se que a praça, que teoricamente poderia ou esperava-se que funcionasse como elemento acelerador ou “umidificador” do ar, quando há a passagem do vento, não apresentou esta característica. Acredita-se que a configuração das vias da malha urbana e o efeito aerodinâmico causado pelas edificações com grandes gabaritos que canalizam e/ou barram a ventilação foram fatores que mais exerceram influência sobre a velocidade do vento registrada nos pontos.

Noite:

Neste horário, novamente o ponto mais aquecido foi mais uma vez o D, provavelmente pela grande desobstrução do céu, tendo assim, maior incidência de radiação solar durante todo o dia, retendo o calor acumulado por mais tempo. Como este ponto recebeu radiação solar durante toda manhã e tarde, no horário em que foi feita a medição, 20 horas, o calor latente ainda não tenha sido dissipado para o ambiente. A umidade absoluta obtida para o ponto D, neste período, foi a maior do conjunto. Mas mesmo assim, não se verifica uma diminuição na temperatura do ar registrada, comprovando que a umidade proveniente da evapotranspiração da massa vegetal existente na Praça Silvio Porto não é significativa para proporcionar amenização térmica. A velocidade do vento predominante no interior da praça (ponto D) foi a mesma registrada durante dia, com aragens de 1,3m/s.

Os pontos A1, A2, A4 e C1 foram os menos aquecidos dentre o conjunto e tiveram comportamentos semelhantes nas variáveis temperatura, umidade e velocidade do vento, variando entre 25,2 e 25,4°C de temperatura, 84 a 87% de umidade relativa do ar e aragens de 1,0 a 1,5m/s. Tal fato foi provavelmente gerado pelo alto grau de obstrução de céu obtidos nesses pontos, entre 40 a 65%, levando a menores incidências de raios solares, menor aquecimento. A1, A2 e C1 têm em seu entorno edificações residenciais com grandes gabaritos, até 25 pavimentos e a Praça Silvio Porto. A1 e A2, como se sabe, localizam-se exatamente onde se encontra a maior concentração de massa vegetal arbórea, no perímetro leste e oeste e C1 na via perimetral do lado norte.

Os pontos A3, C2, C3 e C4 apresentaram temperaturas entre 25,5 e 25,7°C com umidade relativa de 86% e calmarias de ventilação. Todos eles receberam de 8 à 10 horas de incidência solar acumulada durante o dia, com um fator de céu visível de 70 e 80%. Estão localizados em vias de sentido norte-sul da malha urbana com entorno formado por edificações residenciais de pavimento térreo à edifícios de até 7 pavimentos.

Nos pontos do transecto B registraram-se temperaturas entre 26,5 e 26,7°C. Todos os pontos têm um grau de desobstrução de céu de 80%, exceto B4, quando se passa a considerar

a massa vegetal arbórea presente no seu entorno, e recebem uma incidência de radiação solar de 9 e 10 horas durante o dia. Percebe-se que os pontos B2 e B4, mesmo com predominância de brisas leves de 2,3 e 2,9m/s, tiveram comportamentos térmicos noturnos semelhantes à B1 e B3, onde se registrou predominância de calmarias. Em relação à umidade do ar todos obtiveram entre 84 e 85%.

*b) Período de Inverno (Ver figuras 38 a 47)*

**Manhã:**

Na manhã do dia representativo do período de inverno, o ponto mais aquecido foi B1, chegando a 31,1°C. Localizado em via de sentido leste-oeste, a barlavento da Praça Silvio Porto, com entorno constituído de edificações até 2 pavimentos, com usos residenciais e de serviços. Este ponto obteve o maior fator de céu visível do conjunto, de 85,5%, com uma pequena influência de massa vegetal e com a incidência de radiação solar durante toda a manhã, aproximadamente desde 6 horas. O fato de ter apresentado ausência de ventilação durante a medição, possivelmente influenciou na temperatura elevada em relação aos demais. A umidade relativa foi, conseqüentemente, a menor encontrada, 70%. Mesmo a umidade absoluta do ar sendo uma das maiores do conjunto dos pontos, não foi suficiente para amenizar o efeito da quantidade de horas exposição à radiação, ainda pela manhã onde deveria exercer uma influência significativa.

O ponto menos aquecido do conjunto no período da manhã foi A1, 28,2°C. Localizado em via de sentido norte-sul da malha urbana do bairro de Manaíra, possuindo em seu entorno imediato edificações altas (de 10 a 22 pavimentos) e a Praça Silvio Porto (perímetro leste), onde há a maior presença de massa vegetal arbórea, com árvores de grande porte e folhagens densas. Isto faz com que o fator de céu visível considerado na pesquisa (78,7%) seja ainda menor (em torno de 50% a menos), podendo-se deduzir que este ponto recebe incidência de radiação solar de aproximadamente 2 horas e 30 minutos pela manhã, no inverno. A umidade relativa do ar foi de 78%. A umidade absoluta obtida para A1, que se estimava que apresentasse um seu nível mais elevado pela proximidade do ponto à massa vegetal arbórea, é semelhante à encontrada nos pontos C3 e C4, bem distantes da massa vegetal. Mais uma vez, pode-se reafirmar que a quantidade vapor d'água produzido pela vegetação existente na Praça Silvio Porto tem influência menor na temperatura do ar do que outras variáveis morfológicas como fator de céu visível, horas de insolação e gabarito das edificações. A presença de

calmarias em todos os pontos do recorte analisado impossibilita fazer uma relação entre os pontos mais ou menos ventilados, porém os locais de medição tendem a se manter aquecidos e com a umidade elevada devido à ausência de ventos registrada.

Os demais pontos do transecto A, C1 e C4 apresentaram temperaturas entre 28,5 e 28,8°C. A2 e C1 estão localizados no perímetro da Praça Silvio Porto, oeste e norte respectivamente, com entorno formado por edificações predominantemente residenciais de até 22 pavimentos e massa vegetal arbustiva, com indivíduos de grande porte e folhagens densas. Os dois têm seu fator de céu visível reduzido a partir do calculado pelo modelo, em aproximadamente 50%, chegando a apenas 2 horas de incidência de radiação solar nas manhãs, no inverno. A3, A4 e C4 estão localizados em vias de sentido norte-sul da malha urbana, com entorno formado por edificações predominantemente residenciais de alturas até 7 pavimentos. O fator de céu visível destes pontos variam de 65 a 79%, sendo de 65,1% em A4, 75,7% em C4 e 79% em A3, com insolação matutina de 4 horas e 30 minutos em C4, 4 horas em A4 e apenas 2 horas em A3. Porém, de acordo com a máscara solar, A3 recebe radiação solar a partir das 10 horas da manhã, fato que ainda não tinha ocorrido no horário em que medição foi realizada, justificando esta semelhança no comportamento da temperatura existente entre estes 3 pontos.

Os pontos B4, C2, C3 e D apresentaram temperaturas entre 29 e 29,4°C. B4 se mostrou aquecido, pela grande incidência de radiação solar durante toda a manhã, a partir das 6 horas. A umidade relativa obtida neste ponto foi de 73%, o menor entre os pontos perimetrais da praça. O ponto D que no período de verão recebia incidência de radiação solar durante a manhã inteira, no inverno passa a receber radiação a partir das 8 horas, assim no horário em que a medição foi realizada, este ponto ainda começava a se aquecer. Em D foi encontrada a maior umidade relativa do conjunto de pontos, de 79%. Os pontos C2 e C3, localizados em vias de sentido norte-sul da malha urbana, com entorno formado por configurações urbanas semelhantes, edificações residenciais de até 7 pavimentos e a sotavento da Praça Silvio Porto. Apesar dos dois pontos terem fator de céu visível distintos, de 80,7 e 69,7%, receberam de 2 a 3 horas de radiação solar pela manhã e não contavam com uma vegetação arbórea significativa em seu entorno.

Nos pontos B2 e B3 foram obtidas temperaturas do ar de 30,2 e 29,8°C, respectivamente. B2 localizado em via de sentido norte-sul e B3, leste-oeste, os dois tem entorno formado por edificações predominantemente residenciais, sendo em B2 até 20 pavimentos e em B3 até 2 pavimentos. O aquecimento destes pontos provavelmente se deve à ausência de ventilação no momento da medição e ao alto fator de céu visível, de 79 a 85%,

que garante incidência de radiação solar de 5 a 6 horas durante as manhãs no período observado.

Tarde:

Sabe-se que no horário da tarde, a temperatura observada tende a ser maior no horário da medição (das 14 às 15h), a estrutura urbana se encontra no pico da energia recebida e iniciando o processo de redução da radiação solar incidente. Sendo assim, observou-se uma diferença significativa de temperatura em relação ao horário da manhã, principalmente neste período de inverno. Os pontos com maiores temperaturas mais elevadas foram A3 e C2, 31,8°C. Nota-se que os dois se encontram em vias de sentido norte-sul, com entorno residencial, porém com edificações mais altas em C2, até 5 pavimentos. Os dois apresentam em seu entorno pequena presença de massa arbórea. O fator de céu visível percebido fica em torno de 79 e 80%. Cada um recebe cerca de 4 horas de incidência de radiação solar no período da tarde, porém este aquecimento ainda se deve à incidência de 5 horas de insolação recebidas pelos dois pontos, durante a manhã. Cada um dos pontos apresentou umidade relativa do ar de 66% e ausência de ventos durante o horário de medição, característica que também pode ter contribuído com o aquecimento percebido.

O ponto menos aquecido do conjunto foi novamente o ponto A1, 29,5°C. Localiza-se no perímetro leste da Praça Silvio Porto, onde existe a maior porção de massa vegetal arbórea dentre os 13 pontos estudados e seu entorno é complementado por edificações residenciais de até 22 pavimentos. Esta conformação torna o fator de céu visível considerado (78,7%) ainda menor (em torno de 50% a menos), e a densidade das folhagens dos indivíduos arbóreos faz com que a radiação solar recebida à tarde por este ponto seja irrelevante. A umidade relativa do ar obtida durante a medição de 72%. A umidade absoluta do ar foi a menor registrada no conjunto dos pontos medidos, o que leva a crer que novamente não foi possível se verificar alguma relação do aumento da quantidade de vapor d'água em função da amenização climática do ponto. O fato intrigante é que A1, durante o horário medido apresentou ausência de ventilação, o que leva a crer que, mesmo sem a troca térmica por convecção obtida pela passagem do ar, este ponto foi o menos aquecido em relação aos demais.

Os demais pontos perimetrais da praça, assim como o ponto central, apresentaram temperaturas entre 29,8 e 30,4°C. Os pontos A2, B4 e C1, como explicado anteriormente, têm fator de céu de visível calculado reduzido em 40 e 50%. Em relação à incidência de radiação solar nestes pontos, nota-se que devido ao posicionamento deles na malha urbana e ao eixo de rotação do sol durante o inverno, a massa vegetal do entorno destes pontos propicia proteção a

A2 e C1, no período da manhã e a B4 no horário da tarde, fazendo com que eles recebam aproximadamente a mesma quantidade de incidência de radiação solar durante a tarde de inverno. Dentre os 3 pontos perimetrais referidos, o que apresentou a menor temperatura foi exatamente o mais ventilado, B4 com brisas leves de 2,7m/s. A umidade relativa do ar entre estes variou entre 69 e 71%. O ponto D, localizado no interior da praça, devido ao fator de céu visível mais alto e incidência de radiação solar maior (durante toda a tarde), mostrou-se tão aquecido quanto os perimetrais A2 e C1. Situação que não aconteceu no verão, onde D era o mais aquecido do conjunto, provavelmente porque na manhã de inverno o ponto recebeu duas horas de radiação solar a menos do no verão, o que teria resultado neste menor aquecimento. A umidade do ar observado em D foi maior do que nos pontos perimetrais da praça, de 75%. Acredita-se que isto ocorre por causa do maior nível de nebulosidade que o inverno propicia e como D apresenta o grau de desobstrução mais alto pode ter sofrido este impacto. A velocidade do ar predominante em D no momento da medição foram aragens de 0,9 m/s.

Os demais pontos de medição apresentaram desempenho térmico entre 30,9 e 31,3°C. Os pontos do transecto B estão localizados a barlavento da Praça Silvio Porto, sendo B1 e B3 em via de sentido leste-oeste e com entorno formado por edificações de uso misto de até 2 pavimentos e B2 em via de sentido norte-sul com entorno de edificações até 20 pavimentos também com uso misto. O fator de céu visível destes apresenta variação de 79 a 85%, com incidência de radiação solar de aproximadamente 5 horas neste período. Apenas B1 sofre influência de um indivíduo arbóreo de folhagem densa, acredita-se que esta seja pouco significativa, pois os dois outros pontos com componentes morfológicos semelhantes e sem nenhuma vegetação que os influenciasse apresentaram comportamento higrotérmico equivalente. Ao passo que a umidade relativa do ar obtida nos pontos foi de 68%. Todos os pontos do transecto B tiveram predominância de aragens durante a medição.

Os pontos localizados a sotavento da praça, A4, C3 e C4, em vias de sentido norte-sul, apresentaram entorno de uso predominantemente residencial, tendo os pontos do transecto C, edifícios com alturas até 5 pavimentos e A4 até 22 pavimentos. A umidade relativa do ar obtida variou de 67 a 69%. Nenhum destes pontos possui presença considerável de cobertura vegetal na sua proximidade, tendo comportamento da umidade absoluta semelhante. O fator de céu visível é de 65 a 75% com aproximadamente 4 horas de radiação solar recebida à tarde, no inverno. Uma situação pode gerar questionamentos mais complexos é que no ponto A4, no momento da medição, registrou-se predominância de calmarias, com ventos zero, e, em C3 e C4, de aragens de 1,3m/s.

Noite:

Na noite do dia representativo de inverno, o comportamento térmico de todos os pontos do conjunto foi semelhante, com uma amplitude de apenas 0,2°C entre os extremos. Atribui-se esta homogeneidade no campo térmico do recorte em estudo, à pela baixa velocidade dos ventos, com predomínio de calmarias na maioria dos pontos, e à distribuição equilibrada (em relação à quantidade de radiação solar diária recebida por cada ponto) da incidência de radiação solar no período. Estudos anteriores provaram que locais com fator de céu visível alto e que recebem grande incidência de radiação tendem a se aquecer mais rápido e a dissipar o calor acumulado também com mais facilidade.

Assim, o ponto com desempenho térmico mais elevado e, conseqüentemente, menor umidade relativa foi A3, com 28,3°C e 75%. Percebeu-se que em A3, como na maioria dos pontos do recorte observado, a ausência de ventos foi predominante durante a medição. Vale salientar que A3 encontra-se em via de sentido norte-sul com: com entorno predominantemente residencial, edificações de até 3 pavimentos, dois indivíduos arbóreos de médio porte e folhagens densas no seu campo de influência.

Os pontos que apresentaram temperaturas menos elevadas foram B1, B2, B3, C1, C3, C4 e D. Todos registrando 28,2°C e situados em vias com sentidos diferentes, com morfologias diferenciadas no entorno e fator de céu visível variando entre 69 e 80%. Pode-se concluir que à noite, sem a incidência de radiação solar o comportamento térmico foi homogêneo para todos os pontos da amostra.

### 5.3.2.2 *Análise por ponto de medição (Ver figuras 28 a 47)*

#### PONTO A1:

Localizado no perímetro leste da Praça Silvio Porto, em via de sentido norte-sul com revestimento em concreto (paralelepípedo), o ponto A1 tem em seu entorno edificações predominantemente residenciais, com alturas até 25 pavimentos e vegetação arbórea significativa que garante proteção à incidência solar durante grande parte do horário da tarde, nos períodos de verão e inverno considerados na pesquisa. Nos dois períodos (verão e inverno), de acordo com a análise dos dias representativos, A1 foi o ponto que teve o comportamento térmico menos elevado, pois nele foram obtidas temperaturas mais amenas, nos três horários observados, em comparação com todos os outros pontos de medição. Possivelmente, a variável que mais influenciou neste comportamento foi o fator de céu



visível. Este é reduzido tanto pelas edificações ao seu redor quanto pela cobertura vegetal arbórea existente no local, que diminuem a incidência de radiação solar direta. É possível se verificar pela máscara solar e pelos mapas de sombras que A1 manteve-se sombreado pelas edificações do entorno das 8h às 9h da manhã no verão. No inverno as sombras destas mesmas edificações se deslocam, mas continuam próximo ao ponto nestes mesmos horários. Nos demais horários do dia, a vegetação existente no anel externo da Praça Silvio Porto se encarrega de proporcionar sombra a este ponto nos dois períodos observados. Vale salientar que a influência da ventilação, participante no resfriamento por convecção, também deve ser considerada, uma vez que nos dois períodos predominaram aragens em A1. Percebeu-se que a direção dos ventos neste ponto foi alterada devido à configuração urbana. Na estação de referência houve predomínio de ventos de leste a sudeste enquanto em A1 predominaram os vindos de sudoeste nos dois períodos.

#### PONTO A2:

Localizado no perímetro oeste da Praça Silvio Porto, em via de sentido norte-sul da malha urbana do bairro de Manaíra, com revestimento em concreto e entorno formado por edificações predominantemente residenciais, de até 30 pavimentos, e por uma significativa massa vegetal arbórea que propicia proteção à radiação solar durante todo o dia, porém mais perceptível no período de inverno. Característica esta que, possivelmente, explica as temperaturas mais amenas encontradas no verão, durante as medições. Vê-se também, em A2, que o fator de céu visível foi a variável que mais influenciou a temperatura. A massa vegetal arbórea do ambiente não exerce influência na umidade, uma vez que, neste ponto, a umidade absoluta é equivalente aquela obtida nos pontos que não apresentavam a presença de árvores em seu entorno. Acredita-se que há uma influência da massa vegetal arbórea na amenização da temperatura do ambiente, influenciada fortemente pelo sombreamento provocado pelas árvores. Sombreamento também propiciado pelas edificações encontradas no local. Vê-se que o ponto A2 sofre influência da sombra das edificações de seu entorno a partir das 12h no período de verão e a partir das 14h no inverno. Acrescentando-se, pode-se considerar que ventilação também teve efeito amenizador complementar no resfriamento deste ponto, em relação aos demais, com predominância de aragens no verão, e calmarias no inverno, com a direção modificada (em relação à dominante, sudeste) para sudoeste nos dois períodos.

#### PONTO A3:

Ponto localizado a uma quadra de distância da Praça Silvio Porto, na via de sentido norte-sul paralelamente adjacente, com revestimento de concreto e entorno formado por edificações predominantemente residenciais térreas até três pavimentos. A3 foi o ponto mais aquecido durante os horários da tarde e da noite do período de inverno, provavelmente pelo aumento da incidência de radiação solar que aconteceu do verão para o inverno, quase 3 horas a mais de diferença. No verão, o ponto A3 recebe sombra provocada pelas edificações de entorno até as 9h da manhã e no inverno apenas após as 15h. Neste ponto, observou-se uma predominância de ventos calmos no inverno com direção alterada durante a medição também para sudoeste. A umidade relativa do ar registrada neste ponto foi maior nas noites do período de verão e nas manhãs de inverno.

#### PONTO A4:

O último ponto do transecto A está localizado em via de sentido norte-sul da malha urbana a barlavento da Praça Silvio Porto, com revestimento em concreto. O entorno imediato é constituído por uma edificação institucional e o restante por residências térreas ou de até 20 pavimentos. O ponto A4 esteve mais aquecido no inverno do que no verão, provavelmente pelo posicionamento de uma edificação vertical multifamiliar de 20 pavimentos, existente no seu entorno. Pela máscara solar e mapas de sombras, percebeu-se que esta edificação propicia um sombreamento até as 9h da manhã e durante toda à tarde, no período de verão, este sombreamento não acontece no inverno. Outro fato relevante, que também deve influenciar nas temperaturas mais elevadas, no inverno em relação ao verão, é que no primeiro verificou-se, nos três horários de medição, a predominância calmarias (com ventos zero), enquanto, no verão, predominaram ventos de 1,0 a 1,8m/s. A direção dos ventos neste ponto também foi modificada, enquanto eram registrados ventos vindos de leste a sudeste na estação de referência, em A4 verificava-se a predominância da direção sudoeste.

#### PONTO B1:

No transecto a barlavento da Praça Silvio Porto, o B1 está localizado numa via de sentido leste-oeste da malha urbana, revestida de concreto e com a conformação de entorno formada por edificações de uso de serviços e residencial. O gabarito é de até 2 pavimentos. Notou-se que este ponto manteve um comportamento térmico equivalente nos dois períodos, ficando entre os mais aquecidos, sendo o mais aquecido no horário da manhã no dia representativo do período de inverno. Percebeu-se que as horas de radiação solar as quais o

ponto foi exposto foram as mesmas nos dois períodos e que este não recebe influência de sombreamento provocado por edificações do entorno. Neste ponto há uma árvore de grande porte e de folhagens densas em seu entorno, porém não se percebe influência de efeito sombreamento no local da medição em nenhum dos horários. A umidade observada, assim como a temperatura, tem índices semelhantes, nos dois períodos. Em relação à velocidade dos ventos, vê-se que houve o predomínio de calmarias durante todos horários de medição, nos dois períodos. A direção dos ventos foi modificada para sudoeste na manhã e mantida a mesma da estação de referência do INMET, nos demais horários onde se registraram ventos.

#### PONTO B2:

O ponto B2 localiza-se em via de sentido norte-sul da malha urbana, com revestimento em concreto e entorno imediato formado por edificações residenciais e de serviço, com gabaritos até dois pavimentos. Apresentou baixo grau de obstrução de céu e recebeu a mesma incidência de radiação solar durante os dois períodos. Não se percebeu nenhuma massa vegetal que pudesse influenciar em seu comportamento. As edificações de entorno também não apresentam influências de sombreamento. O ponto recebe influência apenas a partir das 15h no período de verão. Em nenhum dos horários de medição B2 apresentou máxima ou mínima, das temperaturas observadas, na maioria das vezes temperaturas foram intermediárias em relação às demais. Porém, a temperatura mais elevada do ponto foi registrada na tarde de inverno, com aragens de ventos sul-sudeste. O comportamento da umidade relativa do ar seguiu o comportamento esperado, inversamente proporcional à temperatura. A velocidade dos ventos, encontrada neste ponto, se apresentou, na maioria dos horários, de aragens à brisas leves, sendo considerado o ponto mais ventilado do conjunto na manhã e tarde do período de verão. Possivelmente, esta velocidade dos ventos, encontrada em B2, se deve a morfologia da malha urbana do bairro, onde se percebeu que possivelmente o ponto recebeu influência dos ventos predominantes de sudeste canalizados através da extensão da avenida. A direção predominante registrada na maioria das medições neste ponto foi a mesma observada na estação de referência do INMET.

#### PONTO B3:

Localiza-se na mesma via de sentido leste-oeste do ponto B1, com revestimento em concreto e entorno composto por uma edificação de serviço e demais residenciais de até dois pavimentos. Apresentou um alto fator de céu visível com maior incidência de radiação solar no inverno. Nas proximidades deste, há um indivíduo arbóreo de médio porte com folhagens

de média densidade que não chega a gerar influência significativa no ponto. B3 é considerado um ponto de desempenho térmico intermediário em relação aos demais, pois não obteve característica de mais ou menos aquecido em nenhum dos horários observados, a não ser na noite do período de inverno, onde oito pontos apresentaram a mesma temperatura. A temperatura mais elevada foi encontrada à tarde no período de inverno e a menos elevada à noite, no verão. O grau de obstrução de céu deste ponto é baixo devido à configuração do gabarito das edificações de seu entorno. A maior incidência de radiação solar foi durante o período de inverno, com acréscimo de aproximadamente duas horas em relação ao verão. Pelos mapas de sombras é possível se confirmar que o ponto recebe influência apenas até as 8h durante o inverno. O comportamento da umidade relativa do ar seguiu o vetor inversamente proporcional à temperatura, tendo índices maiores à medida que o comportamento térmico diminuía. O horário onde foi possível observar as maiores velocidades dos ventos foi à tarde, no período de inverno com direção predominantemente a sudeste, igual à obtida na estação de referência, em todos os horários medidos. Percebeu-se também que nos horários da manhã, durante as medições de verão e de inverno, houve predominância de calmarias (de ventos zero).

#### PONTO B4:

B4 localiza-se no perímetro sul da Praça Silvio Porto, em uma via de sentido leste-oeste, sendo o único ponto com via de revestimento asfáltico da amostra. A medição das variáveis ambientais foi realizada na calçada com revestimento de concreto (paralelepípedo) existente em todo perímetro da praça, desta forma o revestimento horizontal deste ponto foi o mesmo obtido nos demais. A conformação do entorno imediato do ponto B4 é de edificações residenciais e de serviços, com altura de até 20 pavimentos, e de massa vegetal arbórea composta por indivíduos de grande porte com folhagens densas. Este ponto não foi considerado o mais aquecido do conjunto em nenhum dos horários medidos e foi tido como o menos aquecido apenas na conformação de homogeneidade, encontrada na noite do período de inverno. Obteve um fator de céu visível alto com incidência de radiação solar apenas no horário da manhã, nos dois períodos, sofrendo influência da massa vegetal arbórea de seu entorno pelo efeito de sombreamento, o mesmo encontrado nos demais pontos perimetrais da praça, garantindo assim, aproximadamente, 4 horas de insolação no horário da manhã, no verão e no inverno. Observou-se que o ponto B4 recebe influência de sombreamento provocado pelas edificações no verão a partir das 15h da tarde. No inverno, até as 9h e a partir das 14h a sombra fica bem próxima, influenciando na temperatura do ar do entorno imediato.

Não se percebeu no comportamento da umidade absoluta do ar, um aumento em relação aos demais pontos que não se localizavam no perímetro da praça e/ou sobre influência de massa vegetal arbórea, o que leva a crer que a quantidade e tipologia das espécies encontradas nesta praça não influenciaram o nível de partículas de água no ar, na amostra observada. B4 foi considerado o ponto mais ventilado (com velocidade dos ventos mais alta), nos horários da tarde e da noite do período de inverno. Observa-se também que a direção da ventilação encontrada nos três horários de medição não foi modificada em relação à estação de referência do INMET, permanecendo com predominância de ventos sul-sudeste.

#### PONTO C1:

Localizado no perímetro norte da Praça Silvio Porto, o primeiro ponto do transecto C tem em seu entorno edificações predominantemente residenciais com alturas de até 25 pavimentos e uma significativa massa vegetal arbórea, que propicia proteção a radiação solar durante o horário da manhã, mais perceptível no período de inverno. Apresenta um grau de obstrução alto, apesar da conformação urbana onde se encontra, com maior incidência de insolação durante as tardes de verão. Pelos mapas de sombras é possível se verificar que no inverno o ponto C1 recebe influência de sombreamento das edificações do entorno até as 8h da manhã e após as 14h no inverno. O mais interessante é que, mesmo com estas características que favoreceriam a diminuição da temperatura no período de inverno, em relação ao verão, isto não foi percebido, uma vez que no verão o comportamento térmico deste ponto foi mais ameno. Fato que provavelmente seja justificado pelas variáveis explicadas na seção seguinte e/ou pela maior correlação entre a temperatura e a velocidade dos ventos encontrada no período de verão. Percebe-se que no verão, a ventilação nos três horários de medição foi predominantemente de brisas leves, enquanto no inverno não passa de calmarias. Em relação à direção dos ventos encontrada neste ponto, vê-se que, a mesma foi alterada em relação à registrada na estação de referência, durante a tarde e na noite do período de verão, mantendo-se a mesma na manhã do verão e na tarde do inverno. Não se percebeu, mais uma vez, aumento no comportamento da umidade absoluta em relação aos demais pontos que não estavam localizados no perímetro da praça e/ou sobre influência de massa vegetal arbórea.

#### PONTO C2:

O segundo ponto do transecto C2 está localizado em via de sentido norte-sul com revestimento em concreto e entorno residencial com gabarito de até cinco pavimentos.

Apresentou um grau de obstrução elevado com maior incidência de radiação solar no período de verão, tendo redução de aproximadamente 3 horas nas manhãs de inverno, quando recebe influência de sombreamento das edificações do entorno até as 9h. Nas proximidades deste ponto é possível perceber a presença de alguns indivíduos arbóreos de grande porte com folhagens densas e ralas, que provavelmente não geram influências significativas no comportamento microclimático específico do ponto. C2 obteve o comportamento de ponto mais aquecido durante à tarde do período de inverno e apresentou um aquecimento menor na noite de verão. Acredita-se que estas temperaturas mais elevadas no inverno sejam percebidas devido à calmaria da ventilação que foi observada em todos os pontos da amostra. Neste, especificamente, nos três horários medidos no inverno, houve a predominância de ausência de ventos. O comportamento da umidade relativa foi o esperado, ou seja, aumentando quando se resfriava o ambiente.

#### PONTO C3:

Localizado em via de sentido norte-sul com revestimento em concreto (paralelepípedo), o ponto C3 apresenta em sua morfologia de entorno imediato, edificações residenciais de um a 20 pavimentos que interferem consideravelmente no fator de céu visível observado, sendo este o menor obtido dentre os pontos que não estão localizados na praça (que contam com o fator de céu visível reduzido pela massa vegetal arbórea). Isto propicia uma redução significativa na incidência de radiação solar a partir das 14h da tarde no verão e no inverno até as 10h da manhã e a partir das 14h da tarde. Não há presença de nenhuma massa vegetal arbórea de grande porte nas proximidades do ponto. Em nenhuma das observações, C3 foi considerado o ponto mais aquecido ou mais resfriado do conjunto analisado, porém apresentou a temperatura mais elevada na tarde do período de inverno e a menos elevada na noite de verão. O comportamento da umidade relativa foi, como esperado, inversamente proporcional ao da temperatura em todos os horários de medição. Observa-se que em C3 durante as medições do horário da manhã e da noite dos dois períodos, foi registrada a predominância de calmarias, com presença de algumas aragens vindas de oeste-sudoeste ou leste-nordeste à tarde, percebendo-se uma possível influência de uma canalização dos ventos vindos da uma larga avenida, existente ao norte. Acredita-se que a morfologia (principalmente recuos e afastamentos) das altas edificações que existem no entorno esteja funcionando como barreira ao escoamento dos ventos vindos de sudeste, obtidos na estação de referência do INMET.

#### PONTO C4:

Localizado na via paralela ao ponto anterior, C4 também apresenta revestimento horizontal de concreto, com entorno formado por edificações residenciais, porém até cinco pavimentos. Os indivíduos arbóreos presentes nas proximidades são de médio porte, com folhagens pouco densas e não exercem influência no fator de céu visível deste ponto. Somado a esta característica o ponto C4 recebe influência de sombreamento das edificações de entorno apenas das 9h às 10h e a partir das 15h no inverno, tendo como consequência uma exposição significativa à radiação solar nos dois períodos de medição. C4 não foi considerado o mais ou menos aquecido em nenhum dos horários observados, tendo um comportamento térmico mais rigoroso no horário da tarde do período de inverno e sua menor temperatura registrada na noite do verão. O comportamento da umidade relativa foi mais uma vez inversamente proporcional ao da temperatura em todos os horários de medição. Em relação à velocidade dos ventos, percebe-se uma predominância de calmarias, com ventos zero, nas manhãs dos dois períodos, na tarde de verão e na noite de inverno. Assim, registraram-se algumas aragens vindas de leste na noite de verão e de leste-nordeste na tarde de inverno, modificadas em relação a direção obtida no INMET.

#### PONTO D:

Ponto localizado no interior da Praça Silvio Porto, D tem na morfologia de seu entorno imediato as edificações de elevado gabarito que conformam a praça (as mesmas encontradas nos pontos perimetrais) e uma massa vegetal composta por indivíduos de pequeno, médio e grande porte e vegetação rasteiras. O revestimento horizontal onde ponto o ponto D está localizado é composto por areia e vegetação rasteira. Como já explicado, a massa vegetal mais significativa encontrada, na praça em estudo, está localizada no seu perímetro externo, deixando sua parte interior exposta à radiação solar. Isto faz com que o seu grau de desobstrução de céu seja o maior dentre os pontos do conjunto, e este receba insolação durante todos os horários no período de verão, com uma redução de aproximadamente 3 horas no período de inverno (devido à morfologia das edificações de seu entorno), onde até aproximadamente às 9h da manhã o ponto recebe influência de sombreamento das edificações do entorno da praça. Em todos os horários de medição do verão, o ponto D foi considerado o mais aquecido do conjunto, atingindo a temperatura mais elevada à tarde. Comportamento justificado possivelmente pela incidência de radiação solar maior no verão. Esperava-se que este fosse um dos pontos menos aquecido do conjunto, uma vez que está localizado no interior de uma área cercada por cobertura vegetal arbustiva significativa e que esta vegetação

exercesse o papel de agente de aumento do índice de umidade do ar no ambiente e pudesse amenizar a temperatura, porém este comportamento não aconteceu. Vê-se que em alguns horários de medição, nos dois períodos, a taxa de umidade absoluta do ar obtida neste ponto foi mais elevada que nos demais da amostra, porém não se consegue ter indícios que esta, mesmo diferenciada dos outros, seja relevante para interferir no comportamento térmico. Acredita-se que, o fator de céu visível e as horas de insolação recebidas tiveram maior relevância para o comportamento térmico. Em relação ao comportamento ventilação, percebe-se que este ponto foi mais favorecido no período de verão do que no de inverno, comportamento observado na maioria dos pontos, mantendo-se com predominância de aragens vindas de sudeste, no período de verão e de calmarias no inverno, mantendo a direção obtida na estação de referência do INMET durante os dois períodos.



Figuras 28 a 47 disponíveis na versão impressa localizada na biblioteca central da Universidade Federal da Paraíba.

**Figura 28** - Mapa de temperatura do ar pela manhã no verão.

**Figura 29** - Mapa de temperatura do ar a tarde no verão.

**Figura 30** - Mapa de temperatura do ar a noite no verão.

**Figura 31** - Mapa de umidade do ar pela manhã no verão.

**Figura 32** - Mapa de umidade do ar a tarde no verão.

**Figura 33** - Mapa de umidade do ar a noite no verão.

**Figura 34** - Mapa de velocidade do vento pela manhã no verão.

**Figura 35** - Mapa de velocidade do vento a tarde no verão.



**Figura 36** - Mapa de velocidade do vento a noite no verão.

**Figura 37** - Mapa de direção dos ventos no verão.

**Figura 38** - Mapa de temperatura do ar pela manhã no inverno.

**Figura 39** - Mapa de temperatura do ar a tarde no inverno

**Figura 40** - Mapa de temperatura do ar a noite no inverno.

**Figura 41** - Mapa de umidade do ar pela manhã no inverno.

**Figura 42** - Mapa de umidade do ar a tarde no inverno.

**Figura 43** - Mapa de umidade do ar a noite no inverno.



**Figura 44** - Mapa de velocidade do vento pela manhã no inverno.

**Figura 45** - Mapa de velocidade do vento a tarde no inverno.

**Figura 46** - Mapa de velocidade do vento a noite no inverno.

**Figura 47** - Mapa de direção dos ventos no inverno.

### 5.3.3 Análise climática dos períodos de medição segundo o INPE/CPTEC

Para se obter respostas para algumas situações encontradas nos períodos de medições no recorte urbano estudado, buscaram-se informações sobre aspectos sinópticos e na escala da atmosfera global e dos oceanos. Foram consultados boletins de informações climáticas, boletins de prognósticos climáticos, cartas sinópticas diárias e sínteses sinóticas mensais produzidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

Verificou-se que em fevereiro de 2010, oito sistemas frontais atuaram sobre a área de monitoramento do GPT/CPTEC, sendo que apenas quatro entraram no território brasileiro, mais especificamente, na Região Sul e Sudeste, sendo assim nenhum dos sistemas atingiu diretamente a região Nordeste. Grande parte desta última região esteve sob a atuação de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN). Este sistema foi o responsável por anomalias positivas de precipitação na faixa norte e leste do Nordeste brasileiro. Algumas áreas do Nordeste apresentaram totais mensais de precipitação superiores a média em decorrência da atuação destes vórtices ciclônicos, com chuva na borda oeste desses vórtices, especialmente sobre os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

Segundo o CPTEC, o trimestre que envolve os meses de fevereiro, março e abril é considerado de transição e caracteriza-se pela proximidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o norte do Brasil. Isto provoca dias mais chuvosos em toda faixa norte do Brasil e mantém a Região Norte com poucas mudanças com relação ao trimestre anterior. Devido ao posicionamento mais ao sul ZCIT, o setor norte da Região Nordeste experimenta um aumento das chuvas. Percebe-se que o comportamento da temperatura máxima está diretamente associado ao padrão anormal de chuva. Nota-se que os valores de anomalias negativas mais significativas de temperaturas estiveram concentrados em áreas com maior incidência de chuvas.

Para o CPTEC, no trimestre de maio, junho e julho, a costa leste do Nordeste ainda se encontra no período mais chuvoso do ano, com totais acumulados de precipitação que podem exceder 700mm entre o litoral do Rio Grande do Norte e Alagoas. Os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas mais intensas no norte da Região Norte e no leste da Região Nordeste são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), respectivamente. Porém, no mês de Maio de 2010, a Região Nordeste apresentou chuvas abaixo da média histórica, em decorrência do posicionamento mais ao norte da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O baixo índice de precipitação

observado para a segunda quinzena deste mês provavelmente se deve a irregularidade na distribuição temporal e espacial das chuvas, onde há possibilidade de episódios extremos de chuva intercalados por períodos de estiagem, no setor leste da região Nordeste. Oito sistemas frontais atuaram sobre a área de monitoramento do GPT/CPTEC em Maio, sendo que seis entraram no território brasileiro. Contudo, nenhum deles (frentes frias ou sistemas frontais) atuou diretamente sobre o nordeste do Brasil.

Verificou-se também que, neste na segunda quinzena do mês de Maio, em relação a temperatura do ar, houve ocorrência de condições acima da normal climatológica na maior parte do Brasil, onde as anomalias positivas mais significativas se concentraram sobre grande parte do Nordeste, atingindo valores superiores aos 5°C.

Mesmo observando-se apenas os dois primeiros dias do mês de Julho, atentou-se para o que estava acontecendo a nível global. Ao longo deste mês, seis sistemas frontais atuaram sobre a área de monitoramento do GPT/CPTEC. Todos entraram no território brasileiro, exceto o sistema número dois. Entretanto, mais uma vez nenhum deles (frentes frias ou sistemas frontais) atuou diretamente sobre o nordeste do Brasil. Foram observadas anomalias positivas significativas de precipitação sobre parte do leste do Nordeste, principalmente entre SE e RN. Na maior parte do Norte, Nordeste e demais áreas do Centro-Oeste houve um predomínio de anomalias positivas de temperaturas máximas. Em várias localidades desta ampla área, os valores positivos de anomalia de temperatura máxima oscilaram entre 4 e 5°C, em relação à climatologia.

Concordando com o que foi descrito pelos pesquisadores do CPTEC/INPE, os dados obtidos pela estação de referência do INMET (Figuras de 51 a 56) mostram que os níveis de precipitação, insolação e conseqüentemente de nebulosidade foram bem maiores e mais distribuídos durante os dias do período considerado de verão para a pesquisa. Admitindo-se o fato de que estas variáveis exercem influência significativa na temperatura do ar de estruturas urbanas como o recorte analisado, podem-se explicar algumas temperaturas mais elevadas no período de inverno que as temperaturas no período do verão registradas durante as medições.

Analisando ainda os gráficos comparativos entre os pontos da estrutura urbana e a estação de referência, verifica-se também que o INMET apresenta-se, em alguns dias, mais aquecido que os pontos de medição com relevância para formação de ilhas de calor noturna em comparação com os pontos do recorte urbano, conforme mostram as Figuras 48, 49 e 50 a seguir. Para se justificar esta situação, além da condição a nível global, acrescenta-se o fato da estação meteorológica INMET no Ministério da Agricultura está localizada uma área de

edificações densas, sofrendo influência do comportamento térmico de materiais como o asfalto<sup>10</sup> da BR-230 e do alto fluxo de veículos durante todos os horários do dia.

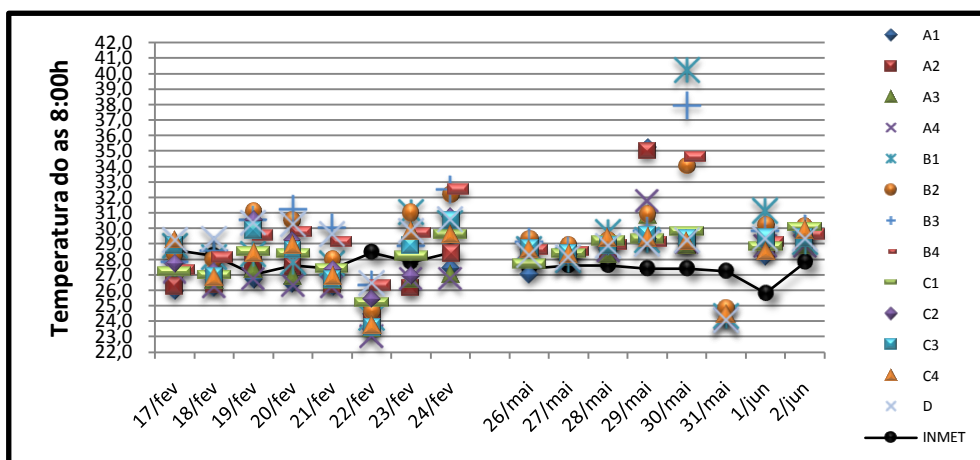


Figura 48: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 08h nos dois períodos de medição.

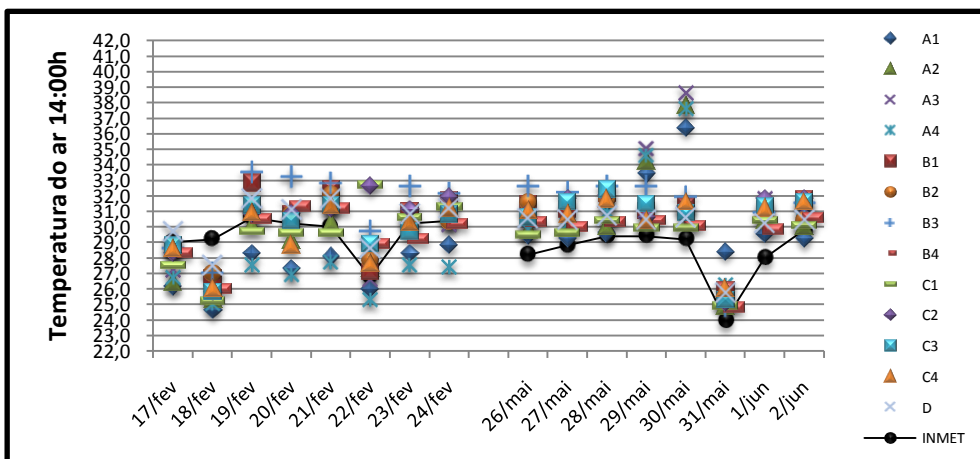


Figura 49: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 14h nos dois períodos de medição.

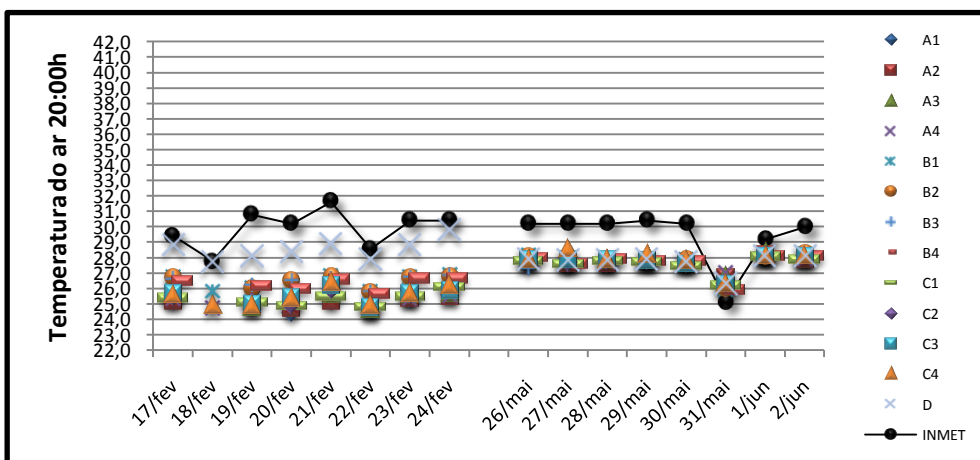
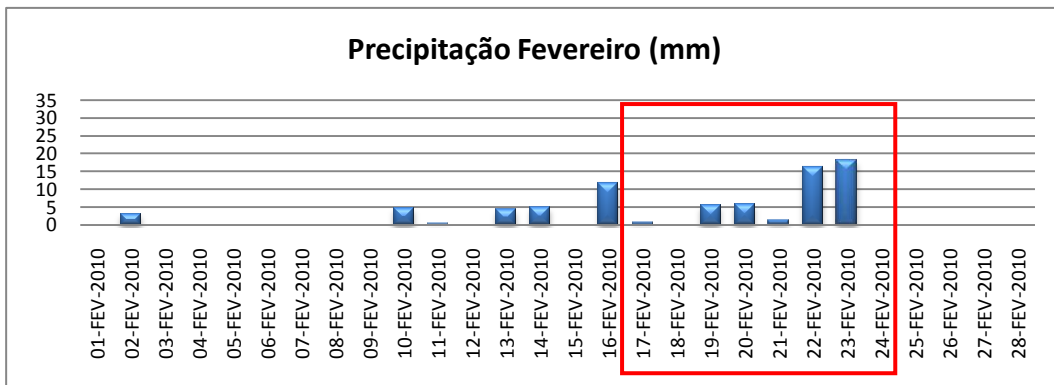
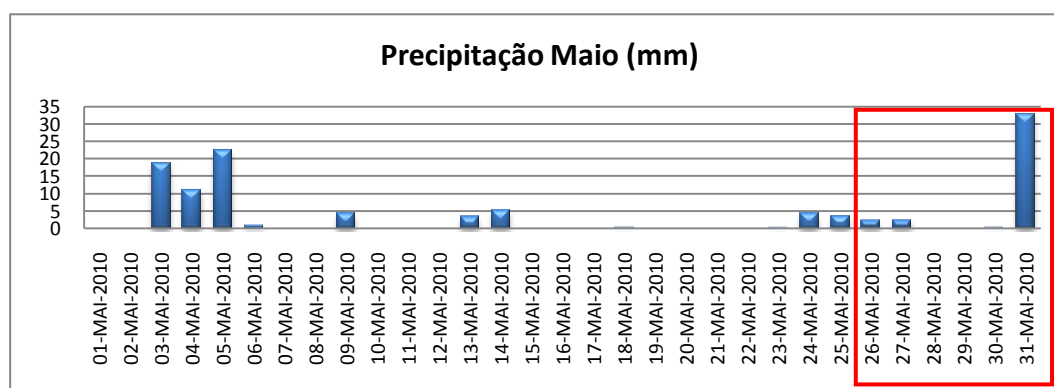


Figura 50: Gráfico comparativo de temperaturas do ar às 20h nos dois períodos de medição.

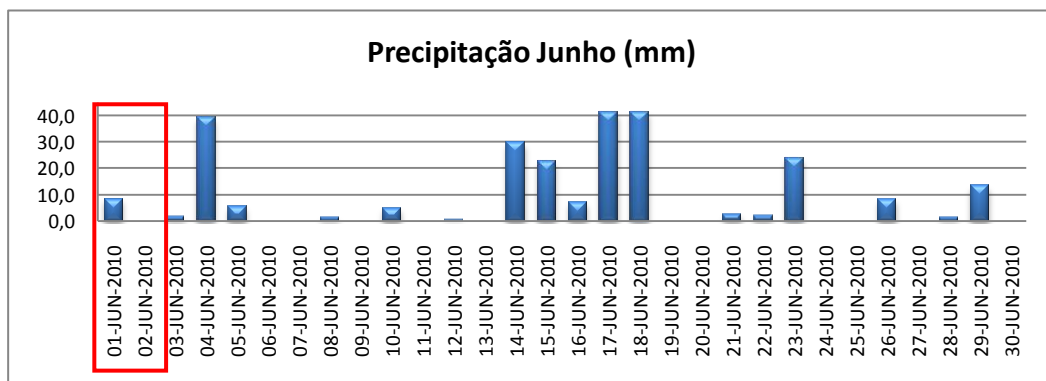
<sup>10</sup> De acordo com Santamouris (1997) o albedo, ou seja, o nível de armazenamento de calor é significativamente maior para o asfalto que para os solos de concreto, onde foram tomadas as medições para os pontos do recorte urbano estudado.



**Figura 51:** Gráfico de Precipitação no mês de Fevereiro/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseado nos dados disponibilizados pelo INMET.

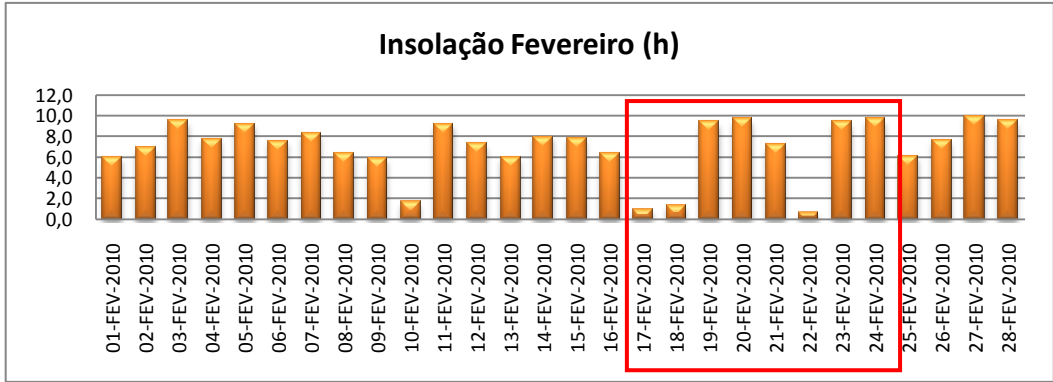


**Figura 52:** Gráfico de Precipitação no mês de Maio/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseado nos dados disponibilizados pelo INMET.

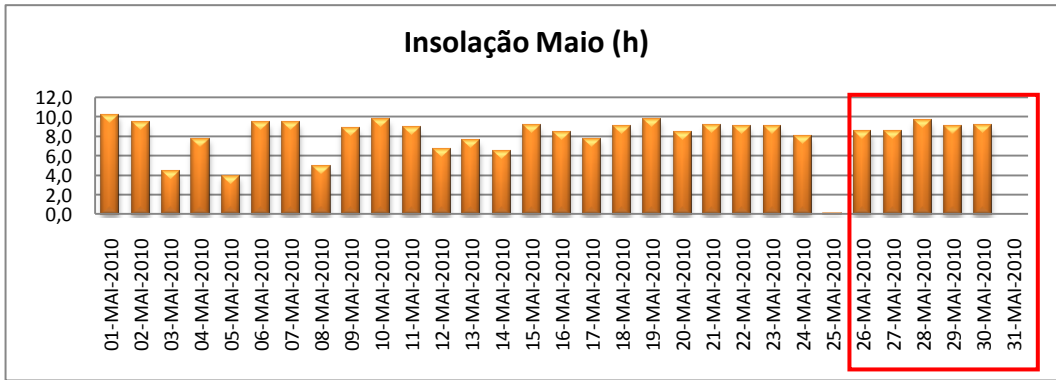


**Figura 53:** Gráfico de Precipitação no mês de Junho/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseado nos dados disponibilizados pelo INMET.

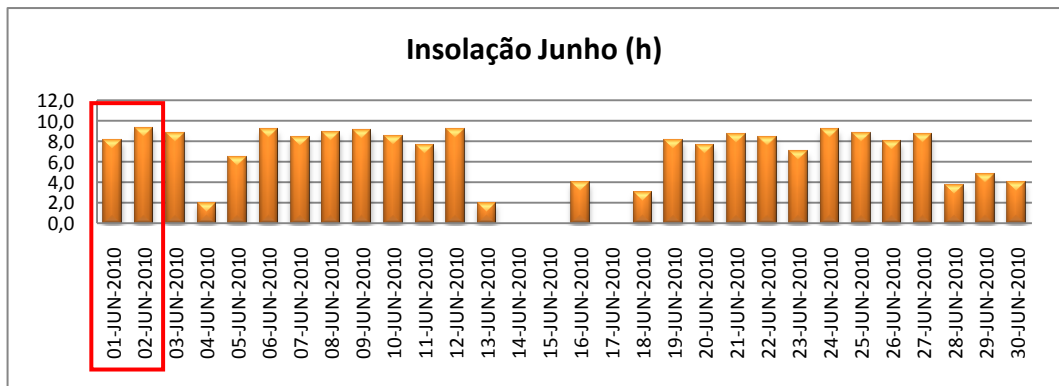




**Figura 54:** Gráfico de Insolação no mês de Fevereiro/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseado nos dados disponibilizados pelo INMET.



**Figura 55:** Gráfico de Insolação no mês de Maio/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseada nos dados disponibilizados pelo INMET.



**Figura 56:** Gráfico de Insolação no mês de Junho/2010 na estação de referência.  
**Fonte:** Baseada nos dados disponibilizados pelo INMET.

### 5.3.4 Análise Estatística

Para complementar as análises realizadas, realiza-se um estudo estatístico dos dados registrados nos períodos de verão e inverno. Verifica-se a correlação existente entre pares de variáveis tomando a temperatura do ar como principal. A Tabela 6 mostra as correlações diárias usando o teste de associação de *Pearson* com nível de significância de 5%.

Diante do exposto pelas associações, a variável umidade do ar é a variável que mais apresenta correlação com a temperatura. Vê-se que em todos os dias observados, do período de verão e de inverno, as correlações entre temperatura do ar e umidade relativa do ar foram negativas, fortes e significativas, indicando que independente do período do ano, as relações entre estas duas variáveis são indiretamente proporcionais.

Em relação às horas de insolação recebidas pelos pontos, o teste de associação de *Pearson* expõe que a maioria das correlações é negativa e de fraca a média, sendo significativa para quatro dias de medição em cada período. Na análise teórica, percebe-se que esta relação é bastante considerável, uma vez que nos pontos sombreados durante boa parte do dia, por influência de edifícios de seu entorno ou de massas vegetais arbóreas, as temperaturas foram mais amenas. Admite-se que algumas hipóteses, como: a obstrução do céu provocada pela vegetação não ter sido considerada; a distribuição dos pontos em áreas não homogêneas e a quantidade de dias medidos pode ter contribuído para a baixa quantidade de dias significantes e a negatividade da relação entre estas duas variáveis, uma vez que a relação direta e positiva entre estas, que já foi cientificamente comprovada, deveria ter sido encontrada na maioria dos dias, o que não aconteceu.

As correlações entre a temperatura do ar e o fator de céu visível são em sua maioria positivas, fracas e de baixa significância. Arroga-se que as mesmas causas que possivelmente mascararam as correlações reais que existem entre a temperatura e as horas de insolação, tenham influenciado também nestas correlações. Sabe-se que as árvores contribuem consideravelmente para a diminuição do grau de obstrução do ponto e que se esta redução do fator de céu tivesse sido considerada numericamente as correlações poderiam ter sido bem mais intensas e significativas. Mesmo assim, pode-se ressaltar, analisando a correlação estatística, a influência diretamente proporcional existente entre as duas variáveis. Comprovando-se assim, que no recorte urbano estudado, à medida que se eleva o fator de céu visível, eleva-se também a temperatura do ar.

Correlação de Pearson (Pearson's product-moment correlation in R 2.11.1)										
DIA	UMID RELAT		VELOC VENT		HORAS INSOL		FVC		DIR PR VENT	
	r	P_valor	r	P_valor	r	P_valor	r	P_valor	E. U.	ES. R.
17/fev	<b>-0,93</b>	0,00000	-0,05	0,73170	-0,25	0,12450	0,27	0,085960	SW	E
18/fev	<b>-0,80</b>	0,00000	-0,23	0,25070	-0,05	0,73170	<b>-0,37</b>	0,020390	SW	SE
19/fev	<b>-0,96</b>	0,00000	0,24	0,12610	<b>-0,43</b>	0,00535	0,27	0,094850	SW	SE
20/fev	<b>-0,96</b>	0,00000	0,15	0,35480	<b>-0,38</b>	0,01671	0,27	0,085960	SW	SE
21/fev	<b>-0,97</b>	0,00000	0,22	0,16130	-0,29	0,06930	0,30	0,059300	SSW	SE
22/fev	<b>-0,96</b>	0,00000	-0,19	0,23610	-0,02	0,89650	<b>-0,34</b>	0,031800	SW	SE
23/fev	<b>-0,97</b>	0,00000	0,23	0,15500	<b>-0,34</b>	0,03180	0,30	0,059300	SW	SE
24/fev	<b>-0,97</b>	0,00000	0,20	0,20460	<b>-0,37</b>	0,02039	0,27	0,085960	SW	E
26/mai	<b>-0,90</b>	0,00000	-0,19	0,23610	0,23	0,15500	0,06	0,687900	SW	SE
27/mai	<b>-0,92</b>	0,00000	-0,19	0,16610	0,08	0,60090	0,01	0,929400	SW	SE
28/mai	<b>-0,90</b>	0,00000	0,30	0,05678	-0,19	0,23610	0,04	0,784700	SW	SE
29/mai	<b>-0,89</b>	0,00000	-0,08	0,62700	<b>-0,58</b>	0,00010	-0,23	0,155600	SW	SE
30/mai	<b>-0,96</b>	0,00000	0,24	0,13960	<b>-0,37</b>	0,01715	0,04	0,803400	SW	SE
31/mai	<b>-0,58</b>	0,00000	0,26	0,14165	0,23	0,15500	0,08	0,600900	-	NW
1/jun	<b>-0,87</b>	0,00000	-0,19	0,23610	<b>-0,58</b>	0,00011	0,03	0,850200	SSE	SE
2/jun	<b>-0,90</b>	0,00000	0,08	0,60090	<b>-0,65</b>	0,00000	0,07	0,650300	SSW	E

\* Em destaque as correlações significantes para a pesquisa com o nível de significância menor que 5%.

**Tabela 6:** Correlação de Pearson entre a temperatura do ar e demais variáveis a 5% de significância.

Legenda:

(r) = Correlação de *Pearson*.

*P\_valor* = Nível de Significância.

E. U. = Direção Predominante do Vento nos pontos da Estrutura Urbana.

ES. R. = Direção Predominante do Vento na Estação de Referência.

Ainda de acordo com esta associação estatística, percebe-se que a variável que menos se correlaciona com a temperatura do ar é a velocidade do vento. Vê-se que em todos os dias de medição, as relações são, em sua maioria, negativas, fracas e com baixa significância. Acredita-se que este fato está diretamente relacionado com a predominância de calmarias, com ventos zero, que foram percebidas nos pontos de medição. Nos dois períodos, em muitos dos dias medidos, houve uma baixa incidência de ventilação nos pontos do recorte urbano, enquanto ventos de aragens a brisas leves eram observados na estação de referência do INMET. Isto indica que a verticalização acelerada e sem planejamento adequado, existente naquela porção urbana e nas anteriores, possivelmente esteja ocasionando o efeito barreira na ventilação, impedindo que o vento exerça seu papel amenizador nas trocas térmicas do meio urbano.

Constata-se a ocorrência de alternância na influência da ventilação sobre temperatura, sendo direta em alguns dias e em outros, indireta. A relação é inversamente proporcional quando o aumento da ventilação propicia uma diminuição da temperatura, situação mais

comumente encontrada no meio urbano e nas correlações realizadas neste estudo. Porém, em alguns dias há uma negatividade nas correlações, indicando, possivelmente, que a ventilação incidente apresenta uma temperatura maior do que a do ambiente, tendendo a aquecê-lo. Acredita-se que, isto se justifique pelo fato do vento já chegar aquecido a esta porção da cidade, provavelmente pela alta densidade construída e diminuição das massas vegetais nas áreas mais próximas ao mar gerem este aquecimento.

Busca-se verificar também alguma relação entre o aumento da correlação resultante da temperatura e a velocidade do vento e a direção predominante nos pontos de medição por dia. Porém, a presença de calmarias, com ventos zero, registradas em muitos pontos, impossibilitou verificar se as alterações no sentido da ventilação interferiram no aumento da temperatura. Entretanto, no verão, no único dia que se obteve mudança de direção, em relação à predominante, a correlação foi positiva, fraca e de baixa significância e, no inverno, quando o vento mudou de direção, a correlação foi negativa e fraca em um dia e inexistente em outro, sendo nos dois períodos de baixa significância.

A fim de se avaliar como se comportam as correlações em cada horário de medição, procede-se a verificação do coeficiente de associação de *Pearson* com a amostra referente a todos os dias de medição dos dois períodos observados, como forma de deixá-la mais consistente do ponto de vista teórico e estatístico. Sendo assim, tem-se que:

<b>Correlação de Pearson</b> ( <i>Pearson's product-moment correlation in R</i> )				
HORÁRIO	UMID REL	VEL VENT	HORAS INSOL	FVC
	r	r	r	r
MANHÃ	<b>-0,68</b>	<b>-0,58</b>	0,23	0,44
TARDE	<b>-0,77</b>	<b>-0,68</b>	0,43	<b>0,67</b>
NOITE	<b>-0,80</b>	<b>-0,79</b>	<b>0,51</b>	<b>0,59</b>

\* Em destaque as correlações significantes para a pesquisa.

Nível de Significância menor que 5%.

**Tabela 7:** Correlação de Pearson entre a temperatura do ar e demais variáveis por horário de medição.

Legenda:

(r) = Correlação de Pearson

*P\_valor* = (Nível de Significância).

E. U. = Direção Predominante do Vento nos pontos da Estrutura Urbana.

ES. R. = Direção Predominante do Vento na Estação de Referência.

Analisando a Tabela 7, nota-se que as correlações passam a ser mais significativas quando se amplia o conjunto da amostra. A umidade relativa é a variável que mais se correlaciona com a temperatura, principalmente à noite. A velocidade do vento se correlaciona com a temperatura nos horários da manhã e da tarde de forma negativa, média e

significativa, e de maneira negativa, forte e significativa à noite. Vê-se que há um aumento gradual ao longo do dia da intensidade da correlação entre as duas variáveis, de forma que à noite, sem a presença da radiação solar, a velocidade do vento passa a exercer maior influência sob a temperatura do ambiente.

As correlações entre as horas de insolação recebidas pelo ponto e a temperatura do ar, considerando-se apenas as edificações de seu entorno, são positivas, fracas e com baixa significância pela manhã e positivas, médias e com baixa significância à tarde. Já à noite, obtiveram-se correlações positivas, médias e significativas. Acredita-se que, a correlação mais forte à noite se deve ao albedo dos materiais de revestimento das vias onde os pontos de medição foram situados. O concreto absorve a radiação solar durante todo o dia (maioria dos pontos fica exposta durante muito tempo) apresentando retardo na perda térmica no período noturno.

As correlações entre o fator de céu visível e a temperatura do ar por horário são positivas, médias e significantes, à tarde e à noite, assumindo o caráter de baixa significância pela manhã. Possivelmente se tivesse sido considerado as massas vegetais, existiriam correlações significantes e mais fortes em todos os horários. Nota-se que todas as correlações foram positivas confirmando que quanto maior for o grau de obstrução do ambiente, mais ele tende a se manter aquecido.

# Capítulo 6



## 6 CONCLUSÕES

O clima urbano exerce influência significativa no consumo de energia das edificações, na sensação de conforto térmico, no desempenho do trabalho e, principalmente, na saúde do ser humano. Sabe-se que a forma urbana altera o comportamento das variáveis climáticas, modificando as condições térmicas dos recintos. Assim, faz-se necessário que estudos em climatologia sejam mais específicos, considerando espaços reais e estudos de caso, a fim de se entender como os parâmetros climáticos e morfológicos particulares de cada lugar se relacionam, para que seja possível potencializar as condições climáticas do local.

Esta pesquisa trata da análise microclimática de um recorte urbano no bairro de Manaíra em João Pessoa – PB, tendo como objetivo caracterizar o microclima existente na porção urbana formada pela Praça Silvio Porto e suas ruas adjacentes. Buscou-se investigar as relações existentes entre variáveis climáticas e morfológicas. A verificação do comportamento das variáveis ambientais foi feita através de uma estação fixa, localizada no centro da praça, e do método de medições móveis. Escolheram-se doze pontos que se dividiram em três transectos. Durante oito dias consecutivos observou-se: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, nos horários da manhã, tarde e noite nos períodos de verão e inverno.

Partiu-se da premissa, comprovada por alguns trabalhos anteriores, que a vegetação encontrada em praças e parques das cidades, atenua o rigor térmico local e do entorno. Pela verificação feita no recorte urbano escolhido, no espaço de tempo determinado na pesquisa, conclui-se que o efeito amenizador da vegetação presente na Praça Silvio Porto sobre as condições climáticas do recorte urbano deve-se ao sombreamento das superfícies provocado pela arborização e pelas edificações do entorno.

Com a série temporal escolhida e a quantidade de equipamentos disponíveis foi possível verificar que a massa vegetal encontrada no anel externo da praça propicia uma amenização climática na temperatura do ar principalmente pela diminuição do fator de céu visível causado pelo o sombreamento gerado pela copa das árvores. Confirmando e concordando com o que afirmam Rivero (1986), Sattler (1992), Furtado (1994) que a vegetação intercepta e bloqueia a incidência da radiação solar direta contribuindo para um resfriamento passivo das áreas sombreadas. E ainda com Oke (1989) que constatou que em pequenas áreas verdes o efeito atenuador da temperatura do ar é obtido essencialmente por meio do sombreamento das espécies arbóreas.

Considerando as variáveis observadas, não se observou influência da vegetação existente na praça sobre as condições climáticas das ruas adjacentes e de seu interior. A Praça Silvio Porto concentra a sua massa vegetal em sua periferia, tendo no seu centro uma ausência de elementos arbóreos ou arbustivos. Visto que as temperaturas registradas na periferia da praça foram inferiores àsquelas encontradas no interior da praça, enfatiza-se ainda mais o efeito amenizador climático provocado pelo sombreamento das espécies arbóreas e das edificações. As temperaturas verificadas no interior da praça foram, freqüentemente, superiores aos pontos localizados nas vias do entorno, mesmo no ponto D que se encontrava a uma distância de aproximadamente 40 metros da massa vegetal existente. Verifica-se assim que as constatações feitas por Hoffman e Shashua (2000), em Tel-Aviv, que pequenas áreas verdes inseridas no meio urbano produzem um efeito amenizador climático que pode ser sentido um raio de até 100m, não se aplicou a esta porção urbana da cidade de João Pessoa no espaço de tempo estudado.

Pela análise do dia representativo, percebeu-se que os pontos mais aquecidos, no verão, foram C4 e D pela manhã e D, à tarde e à noite. Já no inverno, os pontos com comportamento térmico mais elevado foram B1 pela manhã, A3 e C2 à tarde e A3 à noite. Concluiu-se que os pontos com temperatura do ar mais elevada são aqueles que apresentaram maior desobstrução de céu, ou seja, maior fator de céu visível e conseqüentemente, mais horas de exposição à radiação solar. A proximidade com a praça, não exerceu amenização climática significativa, pois, o ponto localizado no seu interior, que por sua vez obteve a maior quantidade de horas de exposição à insolação do conjunto, foi o mais aquecido. Este ponto também estaria mais exposto à ventilação, fator que poderia contribuir na redução da temperatura local. Nas medições de inverno, esta forte relação da temperatura com as horas de exposição à radiação foi confirmada, uma vez que, os pontos que tiveram uma diminuição na quantidade de horas de insolação recebidas, passaram a ter comportamentos térmicos menos elevados, a exemplo do ponto D. Foram registradas temperaturas mais elevadas exatamente naqueles que recebiam maior incidência de radiação solar.

Ainda é possível destacar os pontos mais resfriados do recorte urbano. Para o verão, A1 registrou as temperaturas menos elevadas nos três horários, acrescido de A2 à noite. No inverno, A1 continuou a apresentar o comportamento nos horários da manhã e da tarde. Confirmando a influência da vegetação nas condições térmicas dos ambientes urbanos, provida fundamentalmente pela proximidade a estas e o fator do sombreamento das superfícies que a massa vegetal arbórea propicia. Este sombreamento, por sua vez influencia no fator de céu visível e nas horas exposição à insolação, comprovando que esta variável



morfológica é possivelmente a que mais controla o efeito da temperatura neste recorte urbano. À noite do inverno, ocorreu de uma homogeneidade de temperatura em todos os pontos, com amplitude de apenas 0,1°C, sendo os menos aquecidos os pontos B1, B2, B3, B4, C1, C3, C4 e D.

Os pontos que apresentaram maiores índices de umidade relativa, como o termo já explicita, foram aqueles onde se registraram as temperaturas mais amenas e vice-versa. Para efeito de análise teórica, tomaram-se os valores de umidade absoluta do ar. Assim, observou-se que nos pontos do perímetro externo da praça, onde se tinha maior concentração de massa vegetal, não foram obtidas diferenças consideráveis de umidade absoluta do ar. Esta constatação diverge do que se encontra na literatura quanto ao efeito de evapotranspiração das árvores umidificando o ambiente. Porém, concorda com Barbosa (2005), que também não encontrou diferenças significativas de valores de umidade absoluta do ar em estudo feito com nove pontos localizados em estruturas urbanas distintas (com e sem presença de vegetação) em Maceió - AL.

De acordo com os registros obtidos nos dias representativos, os pontos mais ventilados da amostra foram, no período de verão, B2 pela manhã e a tarde, e B4 à noite. Já no inverno, apresentaram ventos mais significantes os pontos B4 à tarde e A1 à noite (pela manhã, todos os pontos do conjunto registraram predominância de calmarias). Os pontos mais ventilados foram observados em vias de sentido leste-oeste, onde o vento predominante tende a sofrer o efeito de canalização, tornando-se mais acelerado. Nota-se ainda predomínio de velocidades mais elevadas nos pontos onde as edificações de entorno imediato apresentavam gabaritos menores, formados por casas térreas ou de até 2 pavimentos. Conformação esta encontrada, sobretudo, a barlavento da praça onde se localizavam os pontos do transecto B. Isto possivelmente comprova que as edificações com alturas elevadas, encontradas principalmente nas vias que envolvem a Praça Silvio Porto, produzem o efeito barreira sobre a ventilação proveniente de sudeste. Verificou-se também que a direção predominante na estação de referência foi alterada, de sudeste para sudoeste.

Pela análise estatística, foi possível apreender as correlações que existem entre cada uma das variáveis ambientais e a temperatura do ar. Percebe-se que, a um nível de significância de 5%, a umidade relativa do ar foi a variável que mais se correlacionou com a temperatura do ar nos pontos observados. Em seguida, as horas de insolação obtiveram uma correlação significativa em metade dos dias registrados. Uma vez que se esperava que essa correlação fosse maior, destacam-se as seguintes variáveis que contribuíram negativamente: a obstrução do céu provocada pela vegetação não ter sido considerada numericamente, a

distribuição não homogênea dos pontos e a quantidade de dias medidos. Essas variáveis também podem explicar a correlação diária entre a temperatura do ar e o fator de céu de visível encontrada em poucos dias.

Verifica-se que, por horário de medição, quando se aumenta a amostra, as correlações passam a ser mais significativas e consistentes. Observa-se que, a um nível de significância de 5%, a umidade relativa obteve correlação significativa e inversamente proporcional com a temperatura do ar em todos os horários. O mesmo ocorreu com a velocidade do vento, que apresentou correlações significativas e indiretas com a temperatura. O fator de céu visível obteve, com nível de significância menor que 5%, correlações diretas e significativas no horário da tarde e da noite. Já a variável horas de insolação apresentou correlações significativas apenas a noite. Reafirma-se que as justificativas citadas no parágrafo anterior, podem ter mascarado as correlações entre essas duas variáveis e a temperatura também nesta associação feita por horário de medição.

Analisando a atuação meteorológica da atmosfera global nos meses escolhidos para as medições, foram percebidas algumas situações que justificam os registros de temperatura do ar mais elevadas em determinados dias do inverno. No mês de fevereiro, ocorreram anomalias de precipitação que favoreceram a ocorrência de chuvas superiores à média total mensal no estado da Paraíba. Acrescido ao fato de, no mês de maio e início de junho, ter sido constatada a presença de anomalias negativas de precipitação, abaixo da média histórica para o nordeste já registrada pelos pesquisadores do CPTEC/INPE. Sendo assim, admitindo-se que estas variáveis exercessem influência significativa nas estruturas urbanas como o recorte analisado, estas modificações inesperadas no comportamento da temperatura do ar possivelmente podem ser explicadas.

Por fim, analisando os dados da estação de referência do INMET, viu-se que esta apresentou comportamento térmico mais elevado do que os pontos medidos no entorno da Praça Silvio Porto. Na maioria dos dias, na estação do INMET, as temperaturas do ar se mantiveram mais elevadas que os pontos do recorte urbano, principalmente à noite. Isto se explica, possivelmente, pela proximidade da estação de referência com a BR-230, principal acesso aos bairros da porção norte da cidade de João Pessoa, centros comerciais e a universidades, com intenso tráfego de veículos e geração de calor.

## DISCUSSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Investigações provenientes de estudos desta natureza reforçam a importância de políticas públicas de manutenção do processo de organização do crescimento urbano e de preservação ambiental. Perante isto, reafirma-se a necessidade de revisão dos instrumentos básicos de gerenciamento urbano como o plano diretor, o código de urbanismo e de obras, considerando aspectos sociais, urbanos, ambientais e climatológicos.

Se as questões climáticas locais fossem consideradas nas etapas que precedem a fase de projeto e planejamento urbano poderia ser possível um desenvolvimento sustentável para cidade, não só no aspecto do conforto, mas no campo da saúde, da conservação dos recursos energéticos e no aumento da vida útil dos materiais.

Sabe-se que estudos como este em climatologia vêm sendo produzidos na maioria dos estados brasileiros e do mundo. Porém, o conhecimento gerado por estas pesquisas deve influenciar na tomada de decisões dos planejadores, arquitetos, engenheiros entre outros. Ressalta-se ainda a necessidade de um monitoramento contínuo do clima urbano, com a locação de estações climatológicas espalhadas pela cidade, levando-se em consideração assim, recortes urbanos com características específicas.

Com esta pesquisa, foi possível verificar que os pontos que sofreram o efeito de sombreamento, gerado pela arborização urbana ou pela conformação de seu entorno (edificações existentes), apresentaram valores de temperatura do ar mais amenos. Uma possível solução em relação ao conforto no projeto urbano seria o planejamento adequado dos recuos intra-lotes e altura das edificações, a inserção de canteiros centrais mais alargados que comportassem arborização de grande porte nas vias principais da cidade e calçadas mais generosas nas vias coletoras que pudessem abrigar árvores que propiciassem sombras.

Por fim, defende-se que o planejamento, criação e manutenção de praças na cidade de João Pessoa estejam mais voltadas para as questões técnicas e científicas. Atenta-se para que estas ações estejam além dos valores sociais e de lazer. As áreas verdes urbanas como as praças e parques, devem ser consideradas, contudo pela proeminência do uso vegetação em quantidade e qualidade adequada às questões climáticas. Os conceitos comprovados na climatologia urbana devem ser empregados no planejamento urbano procurando potencializar os efeitos favoráveis ao comportamento térmico do ambiente.

# Referências



## REFERÊNCIAS

- ABREU, Loyde Vieira de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. Campinas: UNICAMP/ Faculdade de Engenharia Civil, arquitetura e urbanismo, 2008. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).
- AKBARI, H., et al. **Peak power and cooling energy savings of high-albedo roofs**. *Energy and Building* 25, 1997, p.117–126.
- ARAÚJO, Bianca Carla Dantas de; Caram, Rosana; **Análise Ambiental: estudo Bioclimático Urbano em Centro Histórico**. Anais eletrônicos. Disponível em <[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT14/bianca\\_dantas.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT14/bianca_dantas.pdf)>. Acesso em 27 de Outubro de 2008.
- ASSIS, Eleonora Sad de. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. Rio de Janeiro, 1990. FAU, UFRJ. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).
- \_\_\_\_\_. Bases teóricas para a aplicação da climatologia ao planejamento urbano. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, 1990, Gramado. **Anais...** Gramado: Antac, 1990. 1 CD-ROM.
- \_\_\_\_\_. **A abordagem do clima urbano e aplicação no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8 e 4, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Antac, 2005. 1 CD-ROM.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.
- BARBIRATO, Giana Melo. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. EDUFAL, 2007.
- BARBOSA, Ricardo Vitor Rodrigues. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo de microclimas em Maceió – AL**. São Carlos: UFSCAR / USP, 2005. (Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental).
- BUENO, Carolina Lotufo. **Estudo da Atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Campinas: UNICAMP, 1998. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).
- BUENO BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo. **Influência da Vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. Campinas: UNICAMP, 2003. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).
- BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília, Ed. Universidade de Brasília, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo, Ed. Pro Editores, 2000.

CARVALHO, Homero Jorge Matos de. **Parâmetros climatológicos para o estudo do balanço termo-energético de edificações da cidade de João Pessoa – PB.** Natal: UFRN, 2001. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

\_\_\_\_\_. **Metodologia para a análise das interrelações entre a forma urbana e o clima:** aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa latitude. Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. (Tese de Doutorado em Urbanismo).

CARVALHO, Márcia Monteiro. **Clima urbano e vegetação:** estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal. Natal: UFRN, 2001. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

CAVALCANTE, Miquelina R. Castro; ÁVILA, Iuri; Barbirato, GIANNA Melo. Efeito Microclimático da presença de vegetação em recintos urbanos em Maceió. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8 e 4, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Antac, 2005. 1 CD-ROM.

CHAPMAN, Lee et al. **Potential applications of thermal fisheye imagery in urban environments.** Geoscience and Remote Sensing Letters. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, v.4, n. 1, p. 56-59, 2007.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre mudanças climáticas globais e regionais. **Boletim de Geografia Teotérica.** Vol. 23, 1993.

CORREA, Erica N. et al . **Evaluación del factor de visión de cielo a partir del procesamiento digital de imágenes hemiesféricas.** Influência de la configuración del canón urbano en la disponibilidad del recurso solar. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v.9, p. 43-48, 2005.

COSTA, Angelina Dias Leão. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos:** uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. Natal: UFRN, 2003. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

\_\_\_\_\_. **O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido.** Campinas: UNICAMP, 2007. (Tese de Doutorado Arquitetura e Urbanismo).

COSTA, Sérgio Francisco. **Introdução ilustrada à estatística.** 3ª edição. São Paulo – SP. Ed. Harbra Ltda.

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: International Conference on Passive And Low Energy Architecture, 18, 2001, Brasil. **Anais...** Brasil: PLEA, 2001.

DE PAULA, Roberta Zakia Rigitano. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído.** Campinas: UNICAMP, 2004. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

DEL RIO, Vicente. **Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento.** São Paulo: Pini, 1990.

DIEB, Marília de Azevedo. **Áreas Verdes Públicas da cidade de João Pessoa: diagnóstico e Perspectiva.** João Pessoa: UFPB, 1999. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

DUARTE, Denise Helena Silva. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental.** São Paulo: USP, 2000. (Tese de doutorado).

FERRAZ, Aline Paiva Montenegro. **Estudo da repercussão das variáveis climáticas decorrentes da ocupação do solo em Intermares.** João Pessoa: UFPB, 2003. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S.; A qualidade Climática dos Espaços públicos urbanos: um estudo de caso na Cidade de Bauru-SP. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6 e 3, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Antac, 2001. 1 CD-ROM.

FREITAS, E. D. **Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes.** São Paulo, USP, 2003. (Tese de doutorado em Ciências Atmosféricas).

FROTA, Anésia; SCHIFFER, Sueli R. **Manual de Conforto Térmico.** 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARCÍA, Maria C. M. **Climatologia Urbana.** Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture.** London: Applied Science Publishers, 1976.

\_\_\_\_\_. **Impact of planed areas on urban environmental quality: a review.** Atmospheric Environment. 1991.

\_\_\_\_\_. **Climate considerations in buildings and urban design.** New York: Van Nostrand reinold, 1998.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. Issues in outdoor comfort research. In: International Conference on Passive And Low Energy Architecture, 17, 2000, Brasil. **Anais...** Brasil: PLEA, 2000.

GUERRA, V. **Verificação da influência do padrão de ocupação do solo urbano no topo de parte da falésia do Cabo Branco, em João Pessoa - PB, na variável climática vento.** João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Urbana).

HOFFMAN, L., SHASHUA-BAR, M. E. **Vegetation as a climatic component in the design of na urban street.** An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Ed. Energy and Buildings, n. 31, 2000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas climatologia Brasil.** Disponível em [www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br). Acesso em 05 de Setembro de 2009.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos para a cidade de João Pessoa.** Disponível em [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em Dezembro de 2009.

JOHNSON, Glenn T.; WATSON, Ian D. **The determination of view-factors in urban canyons.** *Journal of Applied Climate and Meteorology*, v. 23, 1984.

Katzschner, L. **Urban Climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: Antac, 1997. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Thermal Comfort Conditions in City-Outdoor Spaces**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6 e 3, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Antac, 2001. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **The Contribution of urban climate studies to a new urbanity**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8 e 4, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Antac, 2005. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **New Deveolpments in applied urban climatology**. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9 e 5, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Pedro: Antac, 2007. 1 CD-ROM.

KOENIGSBERGER, Otto et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid, Ed. Paraninfo, 1977.

KUTTLER, W. **Spatial and temporal structures of the urban climate – a survey**. In Grefen, K. Lobel, J. Environmental meteorology; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 1988.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F., 1996, **Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar**. Projeto FAPESP. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP - SP.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: SP, 1997.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Maryland Academic Press, 1981.

LLANDERT, L. R. A.; **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, 1982.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo, Ed. HUCITEC, 1985.

Lowry, W. P. **Empirical Estimation of urban effects on climate: A problem analysis**. 1977.

MASCARÓ, Lúcia. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre, Ed. Sagra- D.C. Luzzato, 1996.

MILLS, G. **Progress toward sustainable settlements: a role for urban climatology. Theoretical Applied Climatology**. Austria: 2006.

MILLS, G. **Urban Climatology and urban design**. 15<sup>a</sup> International Congress of Biometeorology & International Conference on urban climatology. Sidney – Australia, Macquarke University, 1999.

MODMA, Daniela; VECCHIA, Francisco. **Calor e áreas Verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos, SP**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Antac, 2003. 1 CD-ROM.



\_\_\_\_\_. **Clima e excepcionalismo**; conjecturas sobre o desenvolvimento da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Ed. UFSC, 1991.

MONTEIRO, Carlos A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP, 1975. (Tese de Livre-Docência em Geografia).

MONTEIRO, Carlos A. de F.; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano**. São Paulo: Ed. Contexto, 2003.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978.

\_\_\_\_\_. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island**: comparison of scale model and field observations. In: Journal of Climatology, 1981.

\_\_\_\_\_. **The energetic basis of the urban heat island**. In: Quart. J. R. Met. Soc. V. 108, 1982.

\_\_\_\_\_. **Boundary Layer Climates**. Second Ed. Routledge, London: Methuen & CO, 1987.

\_\_\_\_\_. **The micrometeorology of the urban forest**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. London, Series B, 1989.

\_\_\_\_\_. **Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites**. In: Air Pollution Modeling and its Application, 17, Borrego, C. and A.-L. Norman, (eds.), Springer, 2004

\_\_\_\_\_. **Towards better scientific communication in urban climate**. Theoretical and Applied Climatology. Austria: 2005.

OLIVEIRA, P. M. P. de. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UNB, 1988. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

PANET, Miriam de Farias. **Praça Newton Fernandes Maia: uma análise bioclimática**. João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana).

PEREGRINO, P. **Inter-relações existentes entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú/João Pessoa – PB**. João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana).

PEZZUTO, Claudia Cotrim. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos**. Estudo de caso em Campinas, SP. Campinas, UNICAMP, 2007. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).

**PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br>>. Acesso em: 25. Out. 2008.

QUEIROGA, Silvana C. C. de. **Verificação da eficiência do dimensionamento de aberturas para a ventilação natural nos bairros do Cabo Branco e Tambaú - João Pessoa/PB**. João Pessoa: UFPB, 2005. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana).

RIBEIRO, Carlos A. M.; FIDELIS, Cícero N.; CARVALHO, Homero J. M. Fator de visão do céu e ilhas de calor: geoprocessamento aplicado ao conforto urbano. In: III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 3, 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CONNEPI, 2008.

RIBEIRO, et al. **Sistemas de áreas livre e verdes urbanas em João Pessoa – PB**. Relatório de Análise da Cidade disponível em PMJP, 2008.

RIVERO, R.; **Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural**. 2ª edição. Porto Alegre: Ed. DC Luzzato. UFRGS, 1986.

RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico. In: ENCONTRO NACIONAL E LATINO AMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2 e 5, 1999, Natal. **Anais...** Natal: Antac, 1999. 1 CD-ROM.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre uso do solo ilhas de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador**. São Paulo: FFLCH/USP, 1981. (Dissertação, Mestrado em Geografia).

SANTAMOURIS, M. **Energy and indoor climate in urban environments – Recent trends**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: Antac, 1997. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **Energy and climate in the urban built**. Londres: Ed. James & James, 2001.

SANTOS, Janine Holmes. **Determinação e Verificação de ângulos de céu decorrentes dos padrões de ocupação do solo nos bairros de Cabo Branco e Tambaú/João Pessoa – PB**. João Pessoa. UFPB, 2007 (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana).

SATTLER, M. A.; Arborização urbana e conforto ambiental. In: CONGRESSO DE ARBORIZAÇÃO DAS CIDADES, 1, 1992, Vitória. **Anais...** Vitoria, 1992.

SILVA, Francisco de Assis Gonçalves da. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil**. São Paulo: FAU/USP, 1999. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo).

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. J. **Expandindo um SIG-3D aplicado em conforto ambiental em nível urbano**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Antac, 2003. 1 CD-ROM

SPIRN, A.W. **O jardim de granito**. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Ed. USP - Edusp, 1995.

TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik Rezende. **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 2001.

TRINTA, Patrícia Vieira. **Análise Bioclimática do Bairro de Renascença II – São Luiz – MA: Realidade e Perspectiva do Conforto térmico em ambientes externos**. Natal: UFRN, 2007. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo).

VIDAL, Roseane D. M. **Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal**. Brasília: UNB, 1991. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).

VIEIRA, Fernanda Marques. **Proposta de Roteiro para Análise e Concepção Bioclimática dos Espaços Externos Urbanos**. Estudo de caso: praças. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. (Tese de doutorado em Arquitetura).

# **Apêndice A**

**Dados registrados nas medições móveis.**



TEMPERATURA DO AR - PERÍODO DE VERÃO																								
PONTOS/HORA	17/fev			18/fev			19/fev			20/fev			21/fev			22/fev			23/fev			24/fev		
	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
A1	25,9	26,1	25,2	24,6	s/d	26,7	28,3	24,9	27,3	24,4	26,2	28,1	25,2	24,4	26,0	24,4	26,0	24,6	26,2	28,3	25,3	27,4	28,8	25,6
A2	26,3	26,4	25,2	26,4	25,3	s/d	27,7	30,1	24,9	27,5	29,1	26,4	30,3	25,2	24,6	27,3	24,6	26,1	26,1	30,0	25,4	28,4	30,8	25,5
A3	27,4	27,2	25,6	26,6	25,8	s/d	27,3	31,1	24,8	26,9	30,1	25,2	31,3	25,6	23,5	26,6	24,6	26,7	30,1	25,6	27,0	30,1	25,7	
A4	27,1	26,7	25,3	26,2	25,0	24,7	26,7	27,5	24,9	26,3	26,9	25,0	27,7	25,6	23,0	25,3	24,7	26,7	27,5	25,3	26,7	27,4	25,5	
B1	28,8	28,7	26,7	28,1	26,7	25,8	28,3	32,8	26,0	27,8	30,8	26,2	32,4	26,8	24,2	27,1	25,8	31,0	31,0	26,7	30,3	31,7	26,9	
B2	28,3	28,5	26,7	28,0	27,0	s/d	31,1	31,2	26,0	30,5	30,8	26,5	32,1	26,8	24,6	27,8	25,8	31,0	30,3	26,7	32,2	30,3	26,8	
B3	27,8	28,6	26,6	28,5	27,0	s/d	30,5	33,5	26,2	31,2	33,2	26,5	32,8	26,6	26,3	29,7	25,8	28,8	32,6	26,7	32,5	32,1	26,9	
B4	27,3	28,3	26,5	28,1	26,0	s/d	29,5	30,5	26,2	29,8	31,3	26,0	31,2	26,6	26,3	28,9	25,7	29,7	29,2	26,7	32,5	30,2	26,7	
C1	27,2	27,5	25,4	27,0	25,2	s/d	28,5	29,7	25,1	28,4	29,6	24,9	29,6	25,5	25,2	32,7	24,8	28,2	30,6	25,5	29,6	31,3	26,1	
C2	27,7	28,3	25,5	27,2	25,8	s/d	30,5	30,8	25,1	29,2	30,8	24,9	31,1	25,9	25,4	32,6	24,8	26,9	31,1	25,6	30,7	31,9	26,1	
C3	28,9	28,8	25,7	26,9	25,8	s/d	29,9	31,4	25,0	28,6	30,4	25,4	31,4	26,2	23,6	28,9	24,8	28,9	29,7	25,7	30,5	30,8	25,9	
C4	29,2	28,6	25,6	26,8	26,0	24,9	28,4	30,9	24,9	28,9	28,8	25,4	31,4	26,4	23,7	27,6	24,9	29,8	30,3	25,7	29,6	31,2	26,2	
D	29,2	29,7	28,8	29,3	27,5	27,7	30,3	31,8	28,1	30,2	31,1	28,4	29,6	31,8	28,9	26,4	28,6	27,9	29,8	30,8	28,8	30,5	31,2	29,8

TEMPERATURA DO AR - PERÍODO DE INVERNO																								
PONTOS/HORA	26/mai			27/mai			28/mai			29/mai			30/mai			31/mai			1/jun			2/jun		
	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
A1	27,0	29,4	27,9	29,2	27,6	27,6	28,6	29,6	27,6	35,2	33,4	27,8	28,9	36,4	27,7	s/d	28,4	26,6	28,2	29,5	28,2	29,0	29,2	27,9
A2	28,4	29,8	27,9	28,1	29,9	27,6	28,6	30	27,6	35	34,2	27,8	28,9	37,8	27,6	s/d	24,9	26,7	28,6	30,4	28,2	29,1	30	27,9
A3	28,4	29,8	27,8	28,1	31	27,8	28,3	31,6	27,8	30,8	35	27,8	28,9	38,6	27,8	s/d	25,8	26,8	28,8	31,8	28,3	28,9	31,1	28,1
A4	28,6	29,8	27,8	27,9	30,1	27,8	28,5	30,9	27,7	31,7	34,6	27,8	29,1	37,6	27,8	24,1	26,2	27	28,8	31	28,2	28,8	30,4	27,9
B1	28,6	31,5	28,1	27,9	31,1	27,8	29,7	32,1	27,8	29,2	31	27,9	40,2	31,3	27,8	24,3	25,9	25,9	31,1	31,1	28,1	29,1	31,8	28,2
B2	29,3	31,6	28,1	28,9	31,5	27,9	29,2	31,8	27,9	30,9	31,4	27,9	34	31,1	27,9	24,8	25,3	26	30,2	30,9	28,1	30,1	30,4	28,3
B3	29,1	32,6	27,3	28,5	32,2	27,5	29,1	32,6	27,9	29,8	32,6	27,9	37,9	31,9	27,8	s/d	24,9	26,1	29,8	29,9	28,1	29,9	31,5	28,2
B4	28,6	30,3	28	28,5	30	27,6	28,9	30,3	27,9	29,1	30,4	27,8	34,6	30,1	27,8	s/d	24,8	25,9	29,1	29,8	28,1	29,6	30,6	28,1
C1	27,7	29,5	27,8	28,4	29,6	27,6	29,2	30,4	27,8	29,3	29,9	27,7	29,8	29,9	27,5	s/d	24,9	26,2	28,8	30,4	28,1	30,1	30,1	27,9
C2	28,6	30,9	27,9	28,3	31,8	27,7	28,8	32	27,8	29,3	30,6	27,8	29,3	31,3	27,6	s/d	25,1	26,3	29	31,8	28,2	29,4	31,8	28,1
C3	28,7	30,6	27,9	28,4	31,6	27,9	28,9	32,4	27,9	29,6	31,5	27,8	29,3	30,9	27,6	s/d	25,3	26,3	29,4	31,3	28,1	29,4	31,6	28,1
C4	28,6	31	27,9	28,3	30,8	28,6	29,3	31,8	27,9	29,4	30,4	28,2	29,1	31,6	27,8	24,4	26	26,3	28,5	31,2	29,9	29,9	31,6	28,1
D	28,2	30,5	27,9	28,1	30,4	27,8	28,8	30,7	27,8	29	30,4	27,9	29,2	30,6	27,7	24	25,7	26,3	29,3	30,2	28,1	29,3	30,4	28,1

UMIDADE DO AR - PERÍODO DE VERÃO																								
PONTOS/HORA	17/fev			18/fev			19/fev			20/fev			21/fev			22/fev			23/fev			24/fev		
	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
A1	82	82	84	80	80	84	76	87	80	75	89	80	73	83	89	85	90	86	78	89	81	76	88	
A2	81	81	86	80	90	s/d	82	71	89	79	87	79	66	83	90	82	90	86	73	88	79	71	86	
A3	79	80	86	80	90	s/d	83	69	90	78	84	79	65	82	92	86	90	84	74	89	82	72	85	
A4	80	80	87	80	90	90	84	78	89	81	74	84	72	83	91	88	89	84	81	88	82	81	87	
B1	77	76	84	77	88	88	81	66	89	78	68	81	78	63	81	86	88	72	72	87	74	71	83	
B2	78	77	85	77	87	s/d	73	66	89	69	68	81	76	62	81	83	88	72	76	86	70	73	84	
B3	78	77	84	76	87	s/d	75	65	89	69	62	81	74	62	81	84	77	88	80	70	70	71	84	
B4	79	77	84	76	90	s/d	75	72	85	71	65	84	73	66	81	84	78	88	77	76	70	73	86	
C1	78	76	85	78	91	s/d	77	72	88	74	71	85	77	68	81	87	68	91	81	72	89	74	86	
C2	77	77	86	78	90	s/d	72	69	90	72	66	85	77	64	81	87	66	90	84	71	88	73	85	
C3	73	74	86	78	88	s/d	78	67	91	72	65	82	78	63	80	91	77	90	78	73	89	72	85	
C4	74	74	86	79	90	90	80	69	92	73	70	82	79	63	79	90	81	90	74	74	88	75	86	
D	75	73	77	73	87	85	76	68	84	71	65	77	72	61	74	88	83	83	78	73	82	75	79	

UMIDADE DO AR - PERÍODO DE INVERNO																								
PONTOS/HORA	26/mai			27/mai			28/mai			29/mai			30/mai			31/mai			1/jun			2/jun		
	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
A1	77	67	74	72	68	73	71	68	76	52	57	76	72	49	74	s/d	87	73	78	72	76	71	69	77
A2	72	64	74	72	65	72	70	64	76	47	54	76	72	46	74	s/d	84	72	76	70	76	72	68	77
A3	72	61	74	73	64	73	73	63	76	46	55	75	72	45	74	s/d	83	72	78	66	75	75	65	76
A4	70	63	73	74	66	73	72	63	77	69	53	75	72	47	74	87	83	72	79	69	75	76	66	76
B1	71	61	72	74	64	74	69	61	75	72	64	75	50	64	75	78	85	83	70	68	77	75	63	75
B2	70	60	72	71	63	74	69	61	75	67	63	74	67	64	75	72	84	82	76	68	76	72	64	75
B3	70	60	72	73	60	73	69	60	75	69	62	75	48	63	74	s/d	86	83	71	68	77	70	64	75
B4	72	64	73	71	65	74	69	65	75	71	66	75	53	67	74	s/d	87	84	73	71	77	68	66	75
C1	77	66	73	71	66	73	69	64	75	71	68	74	68	66	75	s/d	85	80	75	69	76	69	67	76
C2	73	63	73	72	61	72	70	60	75	71	67	73	70	63	75	s/d	85	80	74	66	75	71	63	75
C3	72	61	73	72	61	71	71	69	75	70	64	73	71	64	76	s/d	84	79	74	67	76	72	63	75
C4	72	61	73	74	64	70	71	61	75	72	65	71	72	64	76	s/d	81	79	76	68	75	74	63	75
D	79	68	78	79	69	78	76	68	81	77	71	80	76	70	80	96	90	87	79	75	82	78	71	82

		VELOCIDADE DO VENTO - PERÍODO DE VERÃO																												
		17/fev				18/fev				19/fev				20/fev				22/fev				23/fev				24/fev				
PONTOS/HORA		08:00	14:00	20:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
A1	1,8 SW	1,6 S	1,5 SW	2,5 SW	2,7 SW	s/d	2,7 SSW	2,8 SSW	1,2 SW	1,3 WSW	2,4 SW	0,0	1,2 SW	2,1 SW	1,9 WSW	2,1 SW	2,1 SW	2,1 SW	2,1 SW	1,5 SSW	1,9 SSW	1,6 SE	1,5 SW	2,9 SSW	1,8 S					
A2	2,5 SW	1,6 SE	1,2 SW	1,3 SW	0,0	s/d	2,9 SW	4,4 SW	1,1 SSW	1,5 SSE	4,7 SW	2,6 SSW	0,8 WSW	1,2 SSE	1,3 SSW	2,2 SSE	1,9 SSE	1,6 SE	1,5 SW	2,9 SSW	1,6 SE	1,5 SW	2,9 SSW	1,8 S						
A3	0,0	1,1 SW	0,4 SW	0,5 S	0,4 SSE	s/d	1,1 SSW	1,9 SW	0,5 WSW	1,6 SSW	2,4 SW	1,0 SW	0,0	0,5 SW	1,6 SW	2,8 SW	2,8 SW	0,8 WSW	1,7 SW	2,9 SW	0,8 WSW	1,7 SW	2,9 SW	2,6 SSW						
A4	0,4 SW	1,8 SW	1,0 SW	1,3 SW	0,6 WSW	s/d	0,6 W	1,5 SW	1,2 SSW	1,4 SW	2,3 WSW	1,0 SSW	1,3 SSW	0,3 SW	0,4 W	0,0	1,8 SW	0,7 WSW	1,4 WSW	1,9 WSW	2,9 WSW	2,9 WSW	2,9 WSW	2,9 WSW						
B1	1,3 SSE	0,6 SW	0,0	0,0	0,0	s/d	0,0	1,0 SE	0,5 SW	2,5 S	0,9 S	2,9 S	1,9 SE	0,0	0,0	0,0	1,5 SE	0,0	0,0	1,3 SSE	2,9 SE	2,9 SE	2,9 SE	0,0						
B2	2,8 SSE	2,7 S	2,3 SSE	0,0	0,6 S	s/d	1,9 SW	1,3 SSE	1,1 S	2,6 S	5,3 SSE	0,0	1,5 S	3,5 S	0,0	0,0	1,7 S	2,2 S	2,2 S	2,2 S	2,2 S	2,2 S	2,2 S	2,7 S						
B3	1,7 SSE	0,3 SSE	0,0	1,1 SE	0,0	s/d	0,2 SE	2,4 SSE	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8 SE	0,0	0,0	0,0	1,8 SE	0,0	0,0	2,1 SSE	0,0	0,0	1,8 SE	0,4 SE						
B4	1,6 SE	1,6 SSE	2,9 SSE	2,5 SE	2,3 SE	s/d	2,3 S	2,9 SE	2,1 SE	3,8 SE	1,0 SE	2,5 SE	2,6 SE	0,8 SE	0,0	0,0	2,4 SSE	2,9 SE	3,9 SE	2,7 SSE	2,7 SSE	2,9 SSE	2,9 SSE	2,5 SSE						
C1	1,2 SE	2,4 SW	1,4 SW	0,8 SW	2,5 SW	s/d	1,5 WSW	1,7 SW	1,2 S	3,9 SSW	4,0 SW	1,4	1,9 SSW	2,8 SSW	1,8 SW	0,5 WNW	0,4 W	1,0 SW	1,2 SSW	1,2 SSW	1,2 WSW	0,9 SE	1,1 SSW	0,0						
C2	0,0	0,7 SSW	0,0	0,3 SSE	0,0	s/d	0,4 S	0,9 SE	1,3 S	1,2 S	0,8 SSW	0,9 S	1,1 S	1,1 SSE	2,0 S	0,0	0,0	0,9 SW	1,2 NE	0,0	1,8 SSW	1,5 SW	0,0							
C3	0,0	1,4 ENE	0,8 SW	0,3 S	1,1 SW	s/d	0,6 SSE	1,7 SSW	1,4 S	3,9 SSE	3,2 SSW	1,2 SSW	1,4 SW	1,0 SSW	0,0	0,0	1,7 SW	1,9 SW	1,3 WSW	0,0	1,8 SSW	2,5 SSW	1,5 SW							
C4	0,0	0,0	0,5 E	0,4 SSW	0,0	s/d	0,5 SE	1,2 SW	0,6 SSW	1,3 S	3,6 SW	0,8 S	1,6 SSW	0,0	0,0	0,0	0,8 WSW	1,9 SE	0,6 SUL	0,7 W	1,9 WSW	1,1 SW	1,1 SW							
D	1,3 SSE	1,3 SSE	0,9 SSE	0,4 SSE	0,9 SSE	s/d	1,3 SSE	1,8 SSE	0,9 SW	1,8 SW	2,2 SW	0,9 SW	1,3 SW	1,8 SW	0,9 SW	0,4 SW	0,9 SW	0,9 SW	1,3 SSE	1,3 SSE	0,9 S	1,3 SSE	1,3 SSE	1,3 SSE						

		VELOCIDADE DO VENTO - PERÍODO DE INVERNO																															
		26/mai				27/mai				28/mai				29/mai				30/mai				31/mai				1/jun				2/jun			
PONTOS/HORA		08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00		
A1	0,9 NW	1,2 WNW	0,0	0,7 WSW	2,1 NW	0,0	2,9 WNW	1,9 N	1,2 SW	0,0	2,1 SSW	1,7 SW	2,5 SSW	2,9 SW	0,9 SW	s/d	0,0	0,0	0,0	1,8 SW	2,4 SW	4,0 SW	0,7 SSW	2,8 S									
A2	2,1 SSW	1,6 NNW	1,3 SW	2,1 SW	2,0 NW	2,1 SSW	1,9 WNW	2,7 NW	1,9 SW	1,1 SW	2,3 SW	1,9 SSW	2,3 SW	2,0 SSW	1,4 SW	s/d	0,0	0,0	0,0	0,7 SW	1,9 SW	0,8 SSW	2,8 S	2,8 S									
A3	0,4 SW	1,6 NNW	0,0	0,0	1,3 WSW	1,1 SW	0,0	0,0	0,0	1,1 WSW	1,1 SW	1,5 WSW	1,7 SW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3 WSW									
A4	0,4 WSW	2,3 NNE	0,6 SW	2,1 SW	2,4 WNW	1,1 WSW	0,0	2,1 N	0,0	0,5 SW	2,0 SW	1,4 SSW	2,0 SW	1,4 SW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2 SW									
B1	1,3 SW	1,3 SE	0,0	0,5 SE	1,2 SW	0,0	0,0	0,4 SW	0,0	1,1 SSW	0,0	1,4 WSW	0,6 SSE	3,0 SSW	0,4 SW	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6 SE	0,0	0,4 SSW	1,0 WSW	1,7 SSW									
B2	0,4 SSE	1,4 SSE	0,6 SW	0,0	1,2 SSE	0,0	1,2 SSE	3,9 SSE	0,0	0,0	0,0	1,1 SSE	0,0	2,1 S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5 SSE	1,2 SSE	0,6 S	4,8 S	0,0									
B3	0,0	0,9 ENE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9 SSE	0,0	0,0	0,6 SE	0,0									
B4	2,6 SE	2,4 SSE	1,7 SE	0,0	2,3 SSE	1,4 SSE	1,9 SSE	2,4 SE	0,9 SE	2,5 NW	2,1 SE	1,9 SSE	2,8 NNW	2,5 E	1,4 SSE	s/d	0,0	0,0	0,0	2,7 SSE	0,3 SE	1,9 SSE	2,9 SSE	0,3 SE									
C1	0,0	1,3 SW	1,0 SSW	1,1 SW	2,2 WSW	1,2 SW	1,7 WSW	1,2 SW	1,0 SSW	1,2 WSW	2,5 SSW	1,3 SSW	3,0 SSW	1,2 SSW	0,9 SW	s/d	0,0	0,0	0,0	1,2 SE	0,0	1,1 SW	2,1 SSW	1,1 SSW									
C2	0,0	2,2 SW	0,0	1,4 SW	1,3 SE	0,0	1,1 SSW	2,0 SSW	0,0	1,2 WSW	1,8 SW	0,9 SW	0	2,0 S	0,0	s/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4 SW	0,9 SSW	0,0									
C3	0,0	1,2 SW	0,4 SSW	1,1 SW	1,2 SW	2,1 SW	1,7 SW	1,5 SW	1,0 SW	1,0 SW	1,4 SW	2,1 WSW	1,2 S	1,5 S	0,0	s/d	0,9 NNE	0,0	0,0	1,7 WSW	0,0	1,3 SW	0,8 SW	1,2 SSW									
C4	0,3 SW	1,1 SW	0,4 WSW	0,0	1,1 SW	1,4 SSW	1,2 SW	1,1 SSW	0,0	0,0	1,2 SSW	0,9 SW	0,0	1,2 SSW	0,0	0,0	0,4 NE	0,0	0,0	1,3 ENE	0,0	0,0	1,4 SSW	1,1 SSW									
D	0,9 WSW	1,3 WSW	0,4 WSW	0,9 WSW	1,8 WSW	0,9 WSW	0,9 WSW	1,3 WSW	1,3 WSW	1,3 WSW	1,8 WSW	0,9 WSW	1,3 WSW	2,2 WSW	0,4 WSW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9 S	0,4 WSW	0,9 WSW	1,3 WSW	0,4 WSW									

# **Apêndice B**

**Análise descritiva do comportamento  
diário**



## **Análise descritiva do comportamento diário**

*Período de Verão*

### **DIA 17/02/2010**

Notou-se que no primeiro dia das medições (Figura A1) para o período de verão, os pontos C4 e D apresentaram temperatura mais elevadas pela manhã, na ordem de 29,2°C. Durante à tarde e à noite, o ponto D, instalado no interior da Praça Silvio Porto, apresentou os maiores valores de temperatura 29,8°C, enquanto os pontos A1, A2 e A4 apresentaram temperatura menos elevadas durante todos os horários medidos, entre 25,2°C e 27,1°C.

Os maiores percentuais de umidade relativa do ar podem ser encontrados exatamente nos pontos que obtiveram menores temperaturas. A1, A2 e A4, entre 80 e 87%, no período da manhã e da tarde. À noite, A1 e A3 assumem umidades mais baixas, apenas A4 permanece com um alto índice de umidade do ar de 87%. As umidades mais baixas são registradas nos pontos C3, C4 e D, pela manhã e a tarde, entre 73 e 75%. No período da noite, apenas o ponto D continua com baixos índices, na ordem de 77%.

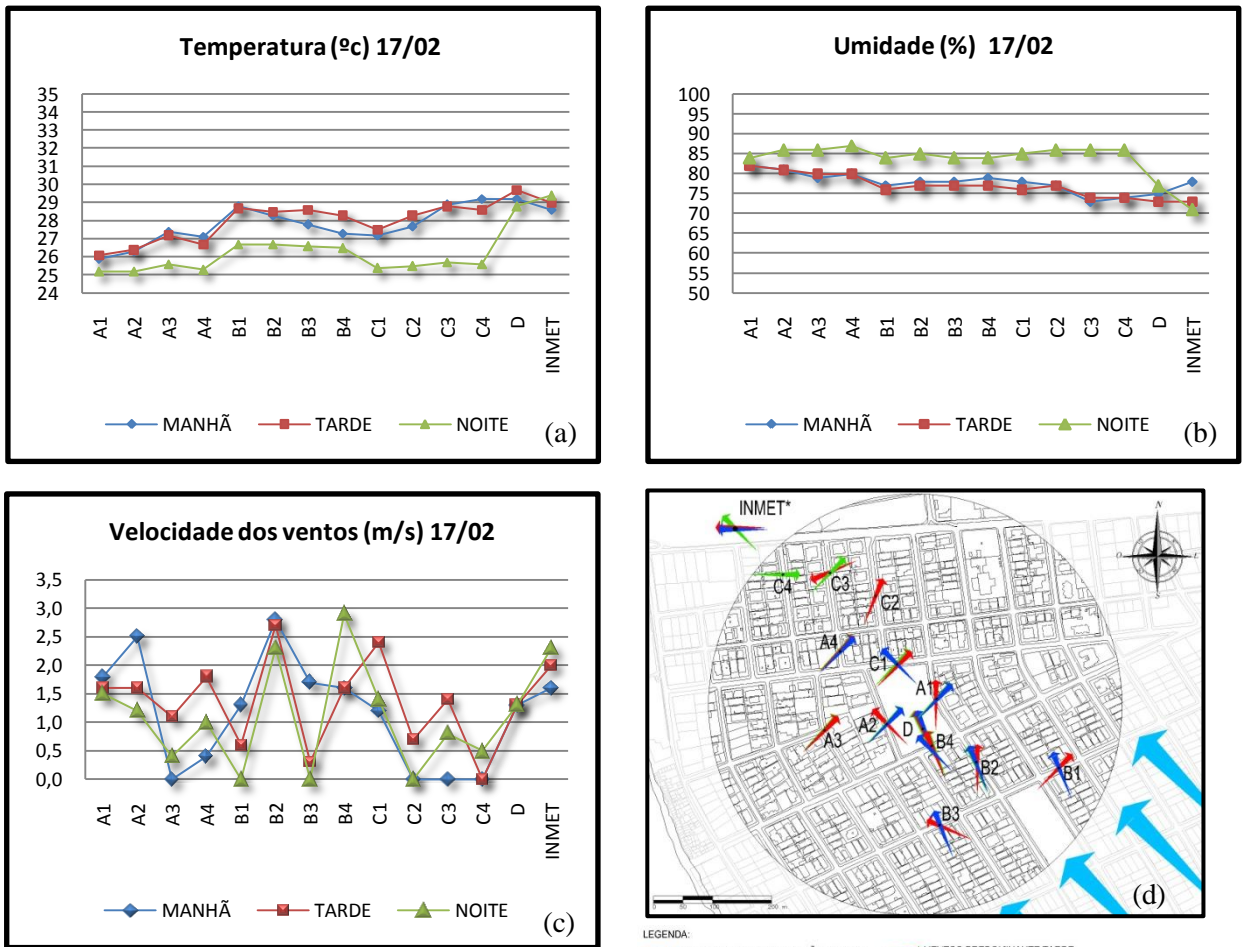
As temperaturas menos elevadas e os maiores índices de umidade foram obtidos no período noturno em todos os pontos de medição. Observando o comportamento climático deste dia, vê-se que as curvas de temperatura e umidade do ar da manhã e da tarde, se sobrepõem em vários dos pontos de medição.

Percebe-se uma variação quanto à velocidade e direção dos ventos, em praticamente todos os horários. Durante o dia 17/02/2010, há uma predominância de ventos entre calmarias e brisas leves<sup>1</sup> entre zero e 2,9m/s e de ventos sul-sudeste (202,5°) na parte da manhã e sudoeste (225°) à tarde e à noite.

---

<sup>1</sup> Velocidade dos ventos classificada segundo a escala de Beaufort, para todo o trabalho.





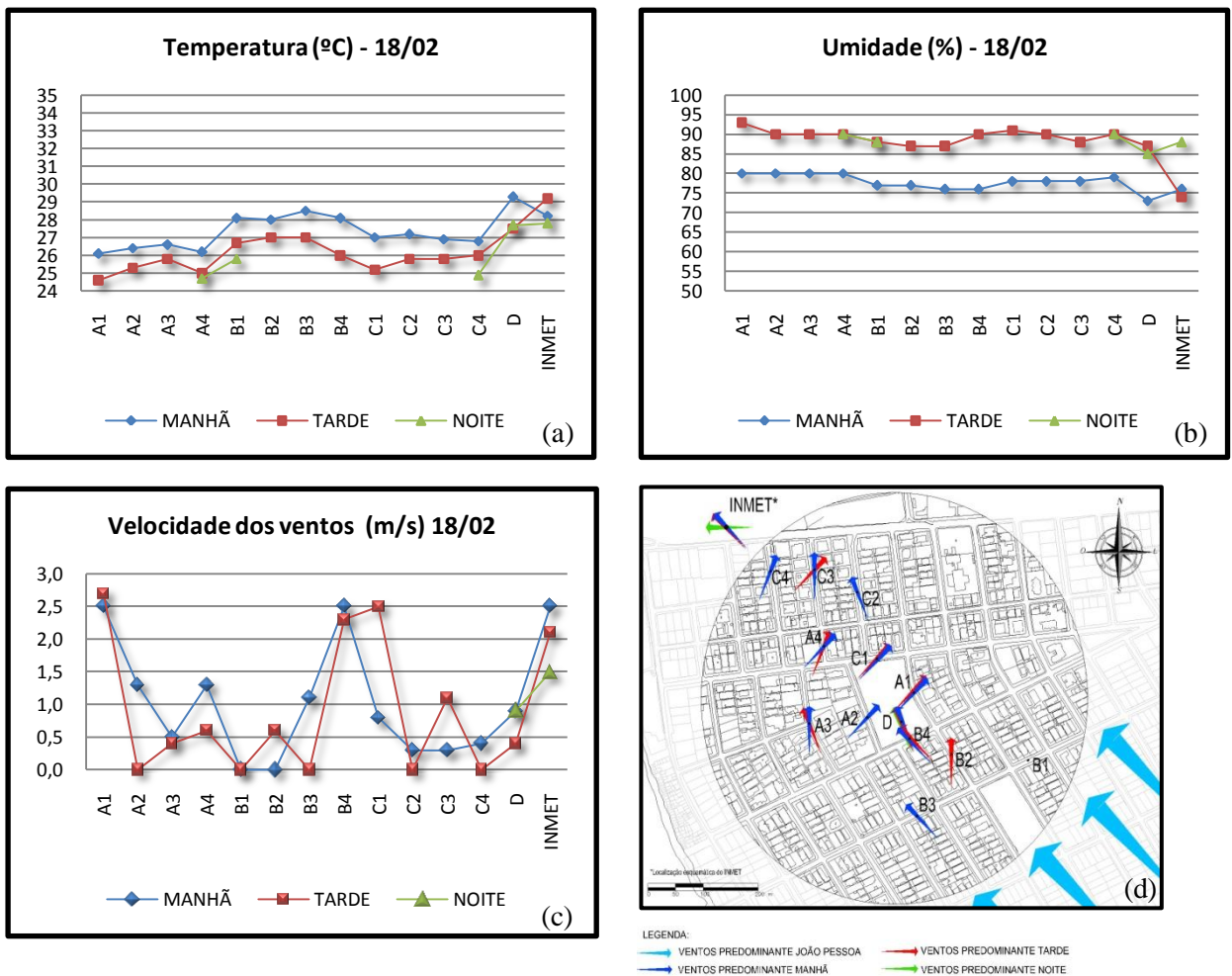
**Figura A1:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos Ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 17/02/2010.

## DIA 18/02/2010

No segundo dia de medição do período de verão (Figura A2), os dados da noite não puderam ser tomados, devido a presença de fortes chuvas na área. Sendo assim, analisando os dados da manhã e da tarde, vê-se que os pontos A1, A2 e A4 apresentaram temperaturas mais baixas pela manhã, de 26,1°C a 26,4°C. À tarde, o ponto C1 passou a assumir também valores menores de temperatura (25,2°C). A temperatura mais elevada foi registrada no ponto D, tanto pela manhã quanto à tarde 29,3°C.

Os maiores índices de umidade do ar foram encontrados nos pontos A1, A2, A3 e A4, 80%. Enquanto o mais baixo foi registrado no ponto D, pela manhã, 73% e nos pontos B2, B3 e D à tarde, 87%.

Observando os gráficos, percebe-se claramente que há uma relação indireta entre a temperatura e umidade, pois no período em que foram encontradas as maiores temperaturas observaram-se as menores taxas de umidades e vice-versa. Neste dia, houve predomínio de ventilação sudoeste (225°) pela manhã e à tarde com ventos variando entre calmarias, aragens e brisas leves. A velocidade dos ventos variou entre zero e 2,7m/s, sendo no ponto A1, registrado os maiores valores nos dois períodos medidos. Vale salientar a não incidência de vento em cinco pontos à tarde.



**Figura A2:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos Ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 18/02/2010.

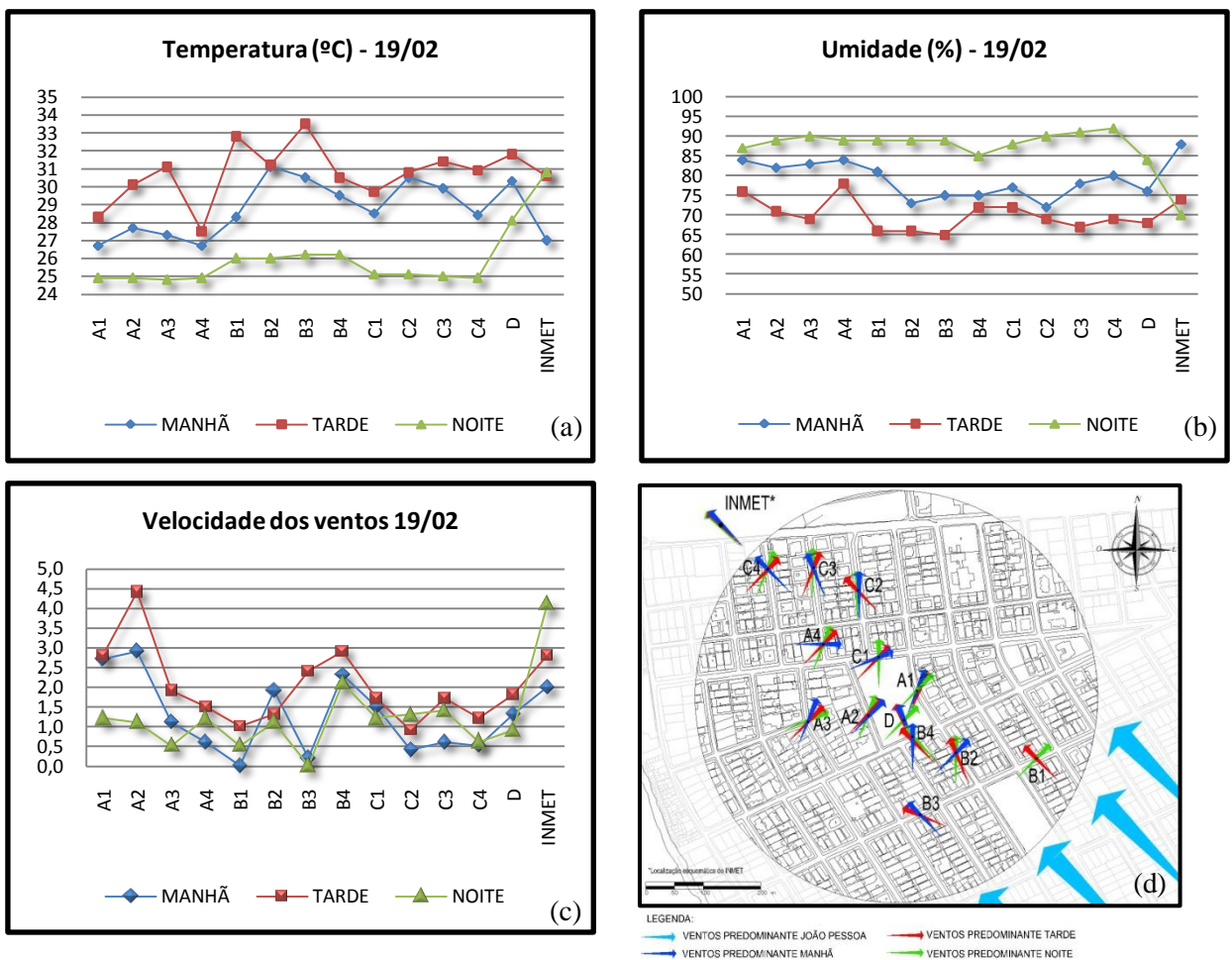
### DIA 19/02/2010

Neste dia de medição (Figura A3), ao contrário do anterior, os registros de temperaturas do ar mais elevadas e conseqüentemente menores índices de umidades em todos os pontos foram maiores à tarde do que pela manhã. Os pontos mais quentes

foram B2, C2 e B3 pela manhã, 31,1°C e 30,5°C; B3, B1. D à tarde, entre 33,5 e 31,8°C e D, B4 e B3 à noite, 28,1 a 26,2°C. Enquanto os mais resfriados foram A1 e A4 nos períodos da manhã e da tarde e A3 e C4 à noite.

Nos gráficos da Figura 28, pode-se perceber a relação indireta entre a temperatura e umidade em todos os horários medidos. As maiores taxas de umidade foram encontradas nos pontos A1 e A4, à tarde e nos pontos C4 e C3, à noite, 92 e 91%. Os menores índices de umidade foram observados nos pontos B2 e C2 pela manhã, 72 e 73%. Nos pontos B1, B2 e B3 à tarde, 65 e 66%. E à noite nos pontos D e B4, 84 e 85%

Observou-se a mesma calma encontrada nos dias anteriores, porém vê-se uma concentração de brisas fracas no ponto A4, principalmente, atingindo 4,4m/s de valor predominante no ponto durante os dez minutos de medição. Pela manhã, registraram-se ventos de sudeste (135°) a oeste (270°). À tarde e à noite, houve predominância de ventos sudoeste (225°), com alguns pontos apresentando ventos sul (180°).



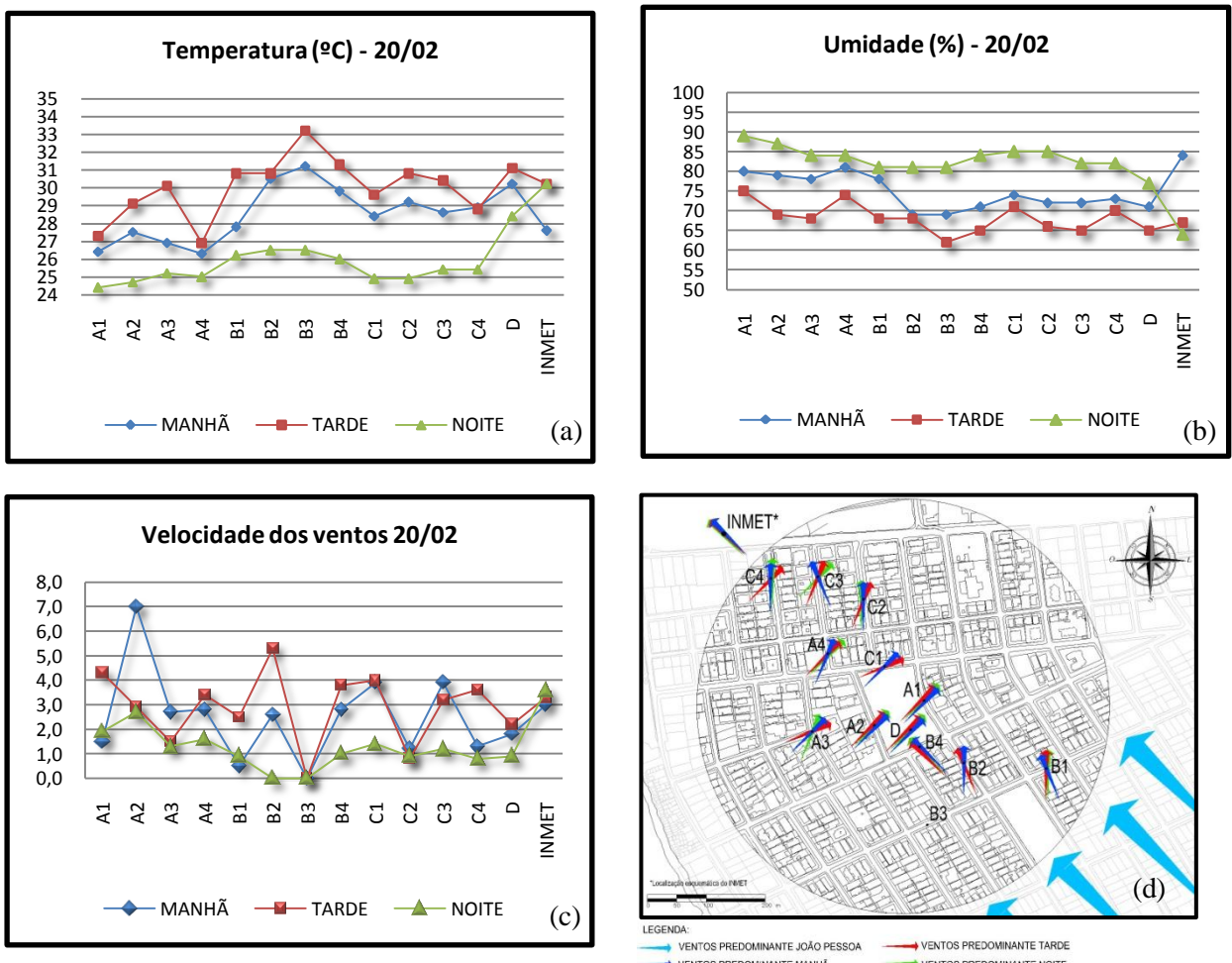
**Figura A3:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 19/02/2010.

## DIA 20/02/2010

No dia vinte de fevereiro (Figura A4), as temperaturas do ar mais elevadas foram encontradas nos pontos B3, B2 e D pela manhã, em B3, B4 e D à tarde e D, B3 e B2 à noite. Percebe-se que os pontos D e B3 foram os mais quentes, nos três horários medidos. As menores temperaturas foram registradas nos pontos A4 e A1, pela manhã e à tarde e nos pontos A1 e A2 a noite.

Nota-se que as temperaturas encontradas em todos os pontos pela manhã não ultrapassaram as encontradas à tarde. Conseqüentemente, a umidade tem efeito contrário, sendo registrados maiores valores de umidade pela manhã do que à tarde. Os pontos A1 e A2 em todos os horários se apresentaram como mais úmidos em comparação com os demais.

Viu-se que à tarde, alguns pontos apresentaram predominância de brisas fracas e moderadas, chegando a 5,3m/s no ponto B2 no período da tarde e até 7,0 m/s no ponto A2 no período da manhã. Nos três períodos, houveram registros de ventos na direção sudoeste (225°) e sul (180°), sendo a primeira observada na maioria dos pontos de medição.



**Figura A4:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 20/02/2010.

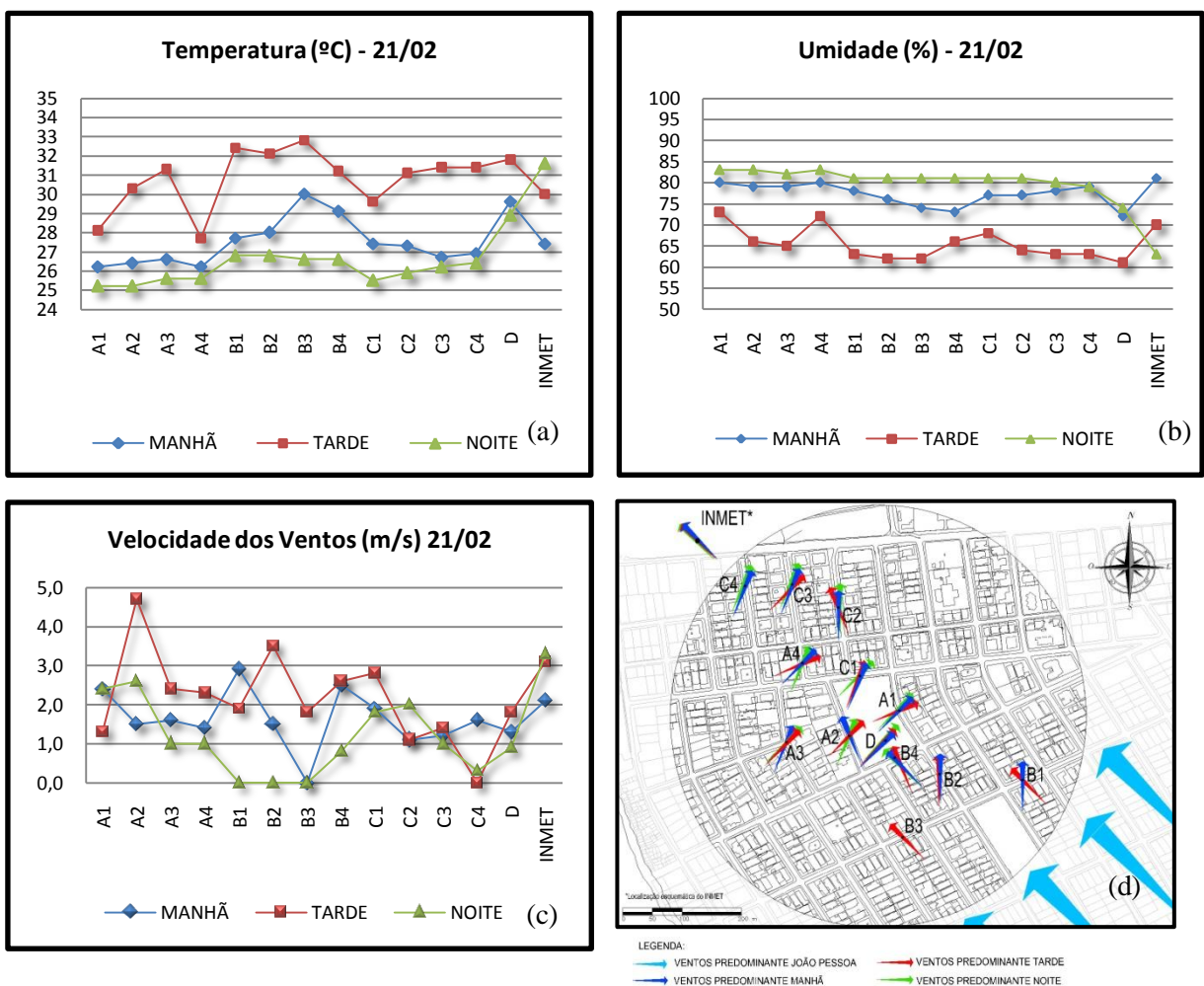


## DIA 21/02/2010

No quinto dia de medição (Figura A5), percebe-se a repetição do comportamento encontrado em alguns dos dias anteriores, onde a temperatura e umidade tiveram comportamentos inversos e os valores encontrados à tarde foram maiores para temperatura e menores para a umidade.

Os pontos mais quentes foram B3, D e B4 pela manhã, B3, B1 e B2 à tarde e D, B2 e B1 à noite. E os que obtiveram temperaturas menos elevadas foram os A1, A4 de manhã e tarde, e A1 e A2 à noite. Os maiores índices de umidade do ar foram encontrados nos pontos A1, A4 e A2, nos três períodos medidos. Enquanto os menores, foram encontrados no ponto D também em todos os períodos.

Percebe-se que velocidades dos ventos mais altas foram encontradas em todo transecto A, classificadas entre calmarias e brisas fracas, variando de 1,0 a 4,7 m/s. No período da noite, os ventos não passaram de aragens na maioria dos pontos. Pela manhã, houve uma predominância de ventos Sul-sudoeste ( $202,5^\circ$ ), enquanto à tarde prevaleceram os vindos de sudoeste ( $225^\circ$ ) voltando a dominar ventos de sul-sudoeste à noite.



**Figura A5:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 21/02/2010.

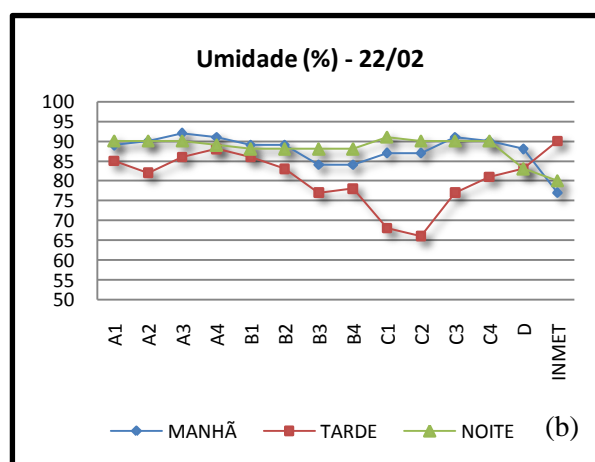
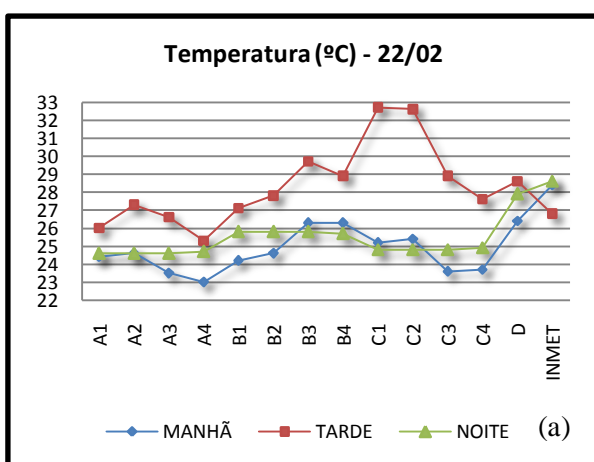
## DIA 22/02/2010

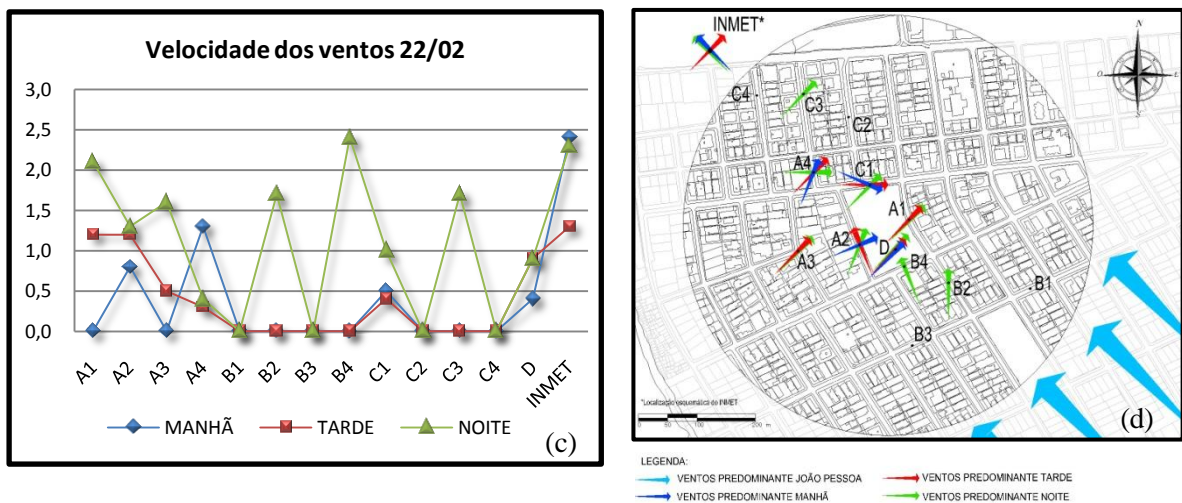
Neste dia, houve uma pequena mudança no comportamento ocorrido nos dias antecedentes. Os níveis de temperatura da noite em alguns pontos ultrapassaram os medidos pela manhã. O inverso, porém complementar, aconteceu com a umidade, onde no período da noite foram registrados valores menores que pela manhã em alguns pontos.

Os pontos mais quentes foram D, B3 e B4 pela manhã, C1 e C2 à tarde e D, à noite, com uma diferença de 2°C para o segundo mais quente. As menores temperaturas do ar foram registradas nos pontos A4 e A3 de manhã, A4 e A1 à tarde e A1 e A2 à noite.

Os menores índices de umidade aconteceram nos pontos B3 e B4 pela manhã, 84%, C1 e C2 à tarde, 68 e 66% respectivamente e em D, 83%, à noite. Os pontos A3, A4 e C3 registraram as maiores umidades pela manhã, A3, A4 e B1 à tarde e C2, A1 A2, A3, C2 e C3 à noite, com 91% no primeiro e 90% nos demais.

Houve um comportamento bem peculiar nos transectos B e C neste dia em relação aos ventos. Pela manhã e à tarde, houve uma predominância de calmarias na maioria dos pontos B e C e em alguns deles permanecendo com este comportamento até a noite. Com tantos valores neutros de velocidade dos ventos, a predominância de sua direção ficou também comprometida, porém nos pontos onde se encontrou alguma movimentação de ar predominaram as direções oeste-sudoeste (247,5°) pela manhã e sudoeste (225°) à tarde e a noite.





**Figura A6:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 22/02/2010.

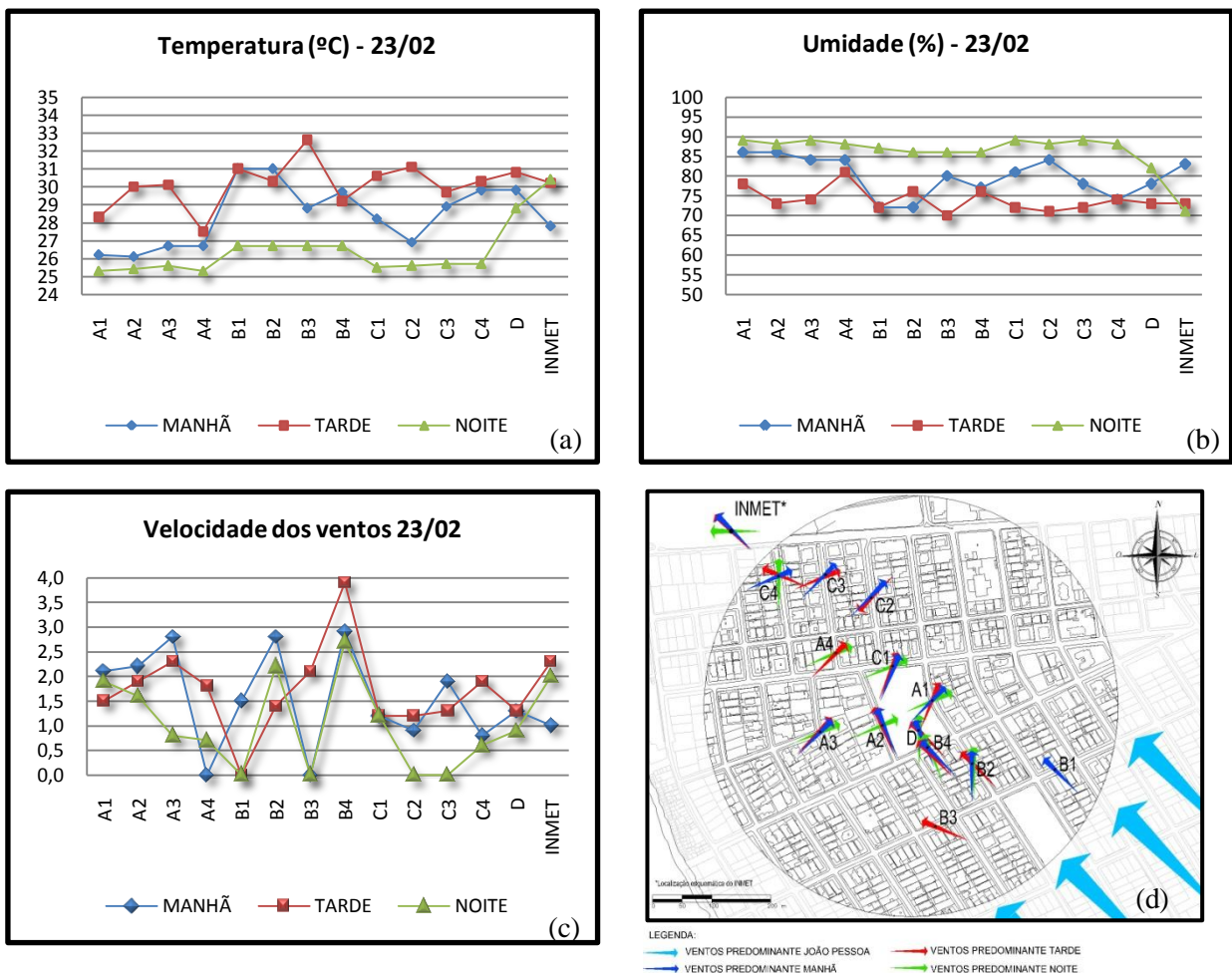
### DIA 23/02/2010

No dia vinte e três, o comportamento diferenciado continuava, de modo que os valores de temperatura se igualaram ou foram superados pela manhã em relação à tarde (Figura A7). Enquanto os dados de umidade, em alguns pontos se nivelaram ou foram menores do que encontrados à tarde em relação aos da manhã.

Os pontos com maiores valores de temperatura foram B1 e B2 pela manhã, B3 e C2 à tarde e D e todo o transecto B, apresentando a mesma temperatura em todos os seus pontos, à noite. Os menores foram registrados em A1 e A4 à tarde e à noite e em A2 e A1 pela manhã.

Em relação à umidade relativa do ar, temos que os pontos A2 e A1 tiveram maiores valores pela manhã, A4 e A1 à tarde e C3 e C1 à noite. Os menores valores foram encontrados nos pontos, B1 e B2 pela manhã, B3 e C2 à tarde e D e B2 à noite.

A velocidade dos ventos foi mais variada do que no dia anterior, ficando entre calmarias e brisas leves, na ordem de zero a 3,9m/s. As maiores velocidades foram encontradas no ponto B4 nos três períodos medidos. A direção sudoeste (225°) continuou predominante pela manhã, passando para sudeste (135°) à tarde e para oeste-sudoeste (247,5°) à noite.



**Figura A7:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 23/02/2010.

## DIA 24/02/2010

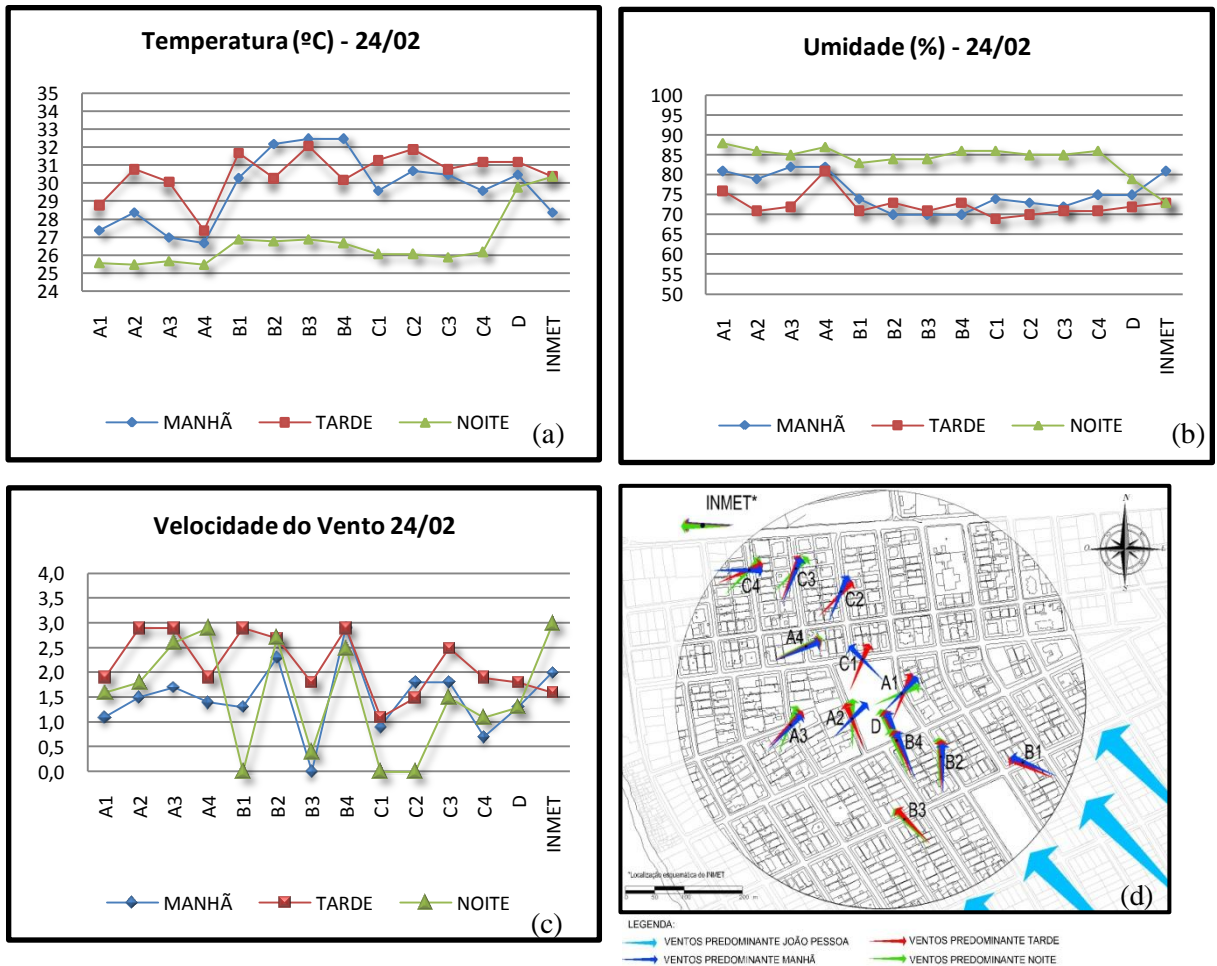
No último dia de medição do período de verão, as curvas de temperatura e umidade dos períodos da manhã e da tarde apresentaram um comportamento comumente encontrado nos dias anteriores, representados nos gráficos e mapa abaixo (Figura A8). Porém, à tarde, ainda houve maior quantidade de pontos mais aquecidos do que pela manhã.

Os pontos B4 e B3 assumiram as temperaturas maiores pela manhã, B3 e C2 à tarde e D e B3 à noite. Os pontos A4, A2 e A1 tiveram temperaturas menores nos três períodos de medição. Encontraram-se níveis de umidade mais elevados em A1 e A4 à



tarde e à noite e em A4 e A3 à noite. Enquanto as mais baixas foram registradas em B2, B3 e B4 de manhã, C1 e C2 à tarde e D e B1 à noite.

As velocidades continuaram com o comportamento entre calmarias e brisas leves, entre zero e 2,9m/s, assumindo direções predominantes em todos os pontos entre Sul-sudoeste (202,5°) e sudoeste (225°) nos três períodos medidos.



**Figura A8:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 24/02/2010.

### Período de Inverno

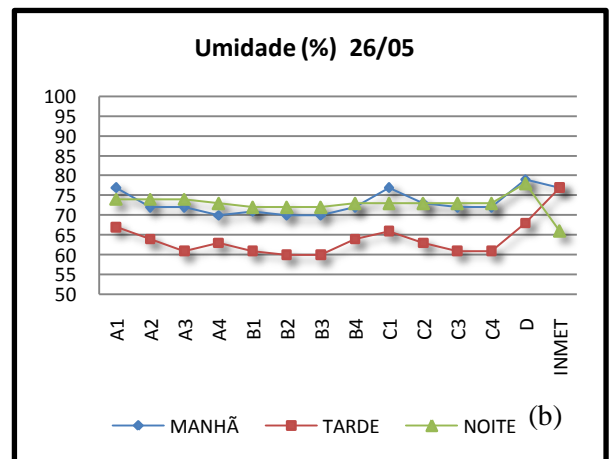
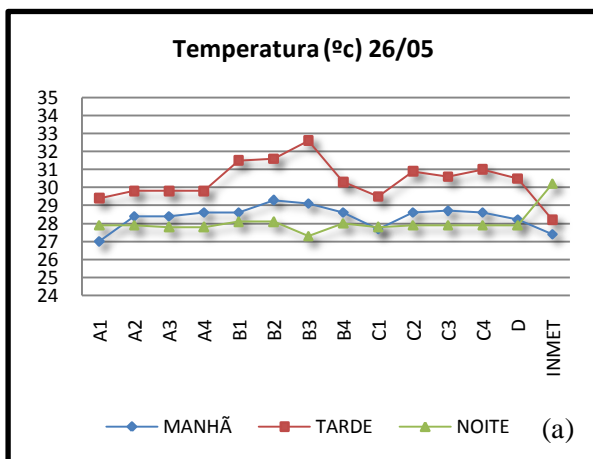
#### DIA 26/05/2010

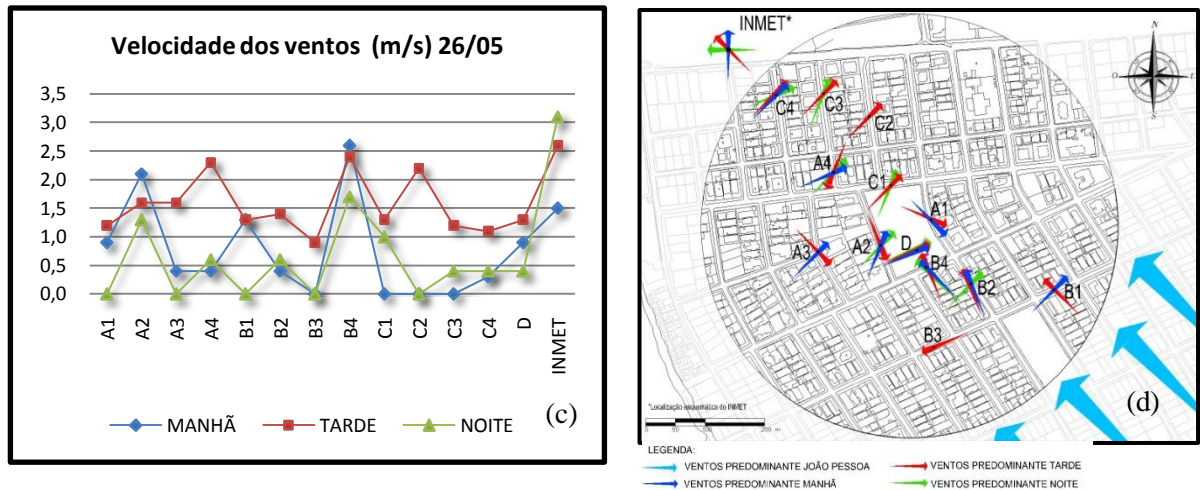
No primeiro dia das medições do período de inverno (Figura A9), nota-se que os pontos B2 e B3 apresentaram temperaturas mais elevadas pela manhã, na ordem de 29°C. Durante a tarde, o ponto B3, foi o mais quente com 32,6°C. No período da noite, viu-se que as temperaturas encontradas em todos os pontos seguiram o mesmo

comportamento, entre 27°C e 28°C. Os pontos A1 e C1 apresentaram temperaturas mais amenas durante todos os horários medidos, entre 27°C e 27,7°C. No comportamento diário, percebe-se que há uma pequena amplitude na temperatura entre os pontos. Os inseridos na malha urbana apresentaram-se mais aquecidos do que a estação de referência do INMET.

Os maiores índices de umidade relativa do ar podem ser encontrados no ponto D entre 68 e 77%, nos três horários. Os menores foram registrados nos pontos A4, B2 e B3 pela manhã (70%), em B2 e B3 à tarde, 60% e à noite, nos pontos B2, B3 e B1, apresentando 72% de umidade relativa do ar. As temperaturas mais baixas foram encontradas no horário noturno, na maioria dos pontos de medição. Observando o comportamento climático diário, vê-se que as curvas de temperatura e umidade do ar da manhã e da tarde se sobrepõem em alguns pontos de medição.

Percebe-se uma variação quanto à velocidade e direção dos ventos nos oito dias observados em todos os pontos de medição. Durante o dia analisado, há uma predominância de ventos entre calmarias e brisas leves entre zero e 2,6m/s, diferenciando-se do comportamento observado na estação de referencia do INMET, que apresenta velocidades entre 2,0 e 4,0 m/s. Neste dia, houve predominância de ventos sudoeste (225°), nos três horários observados.



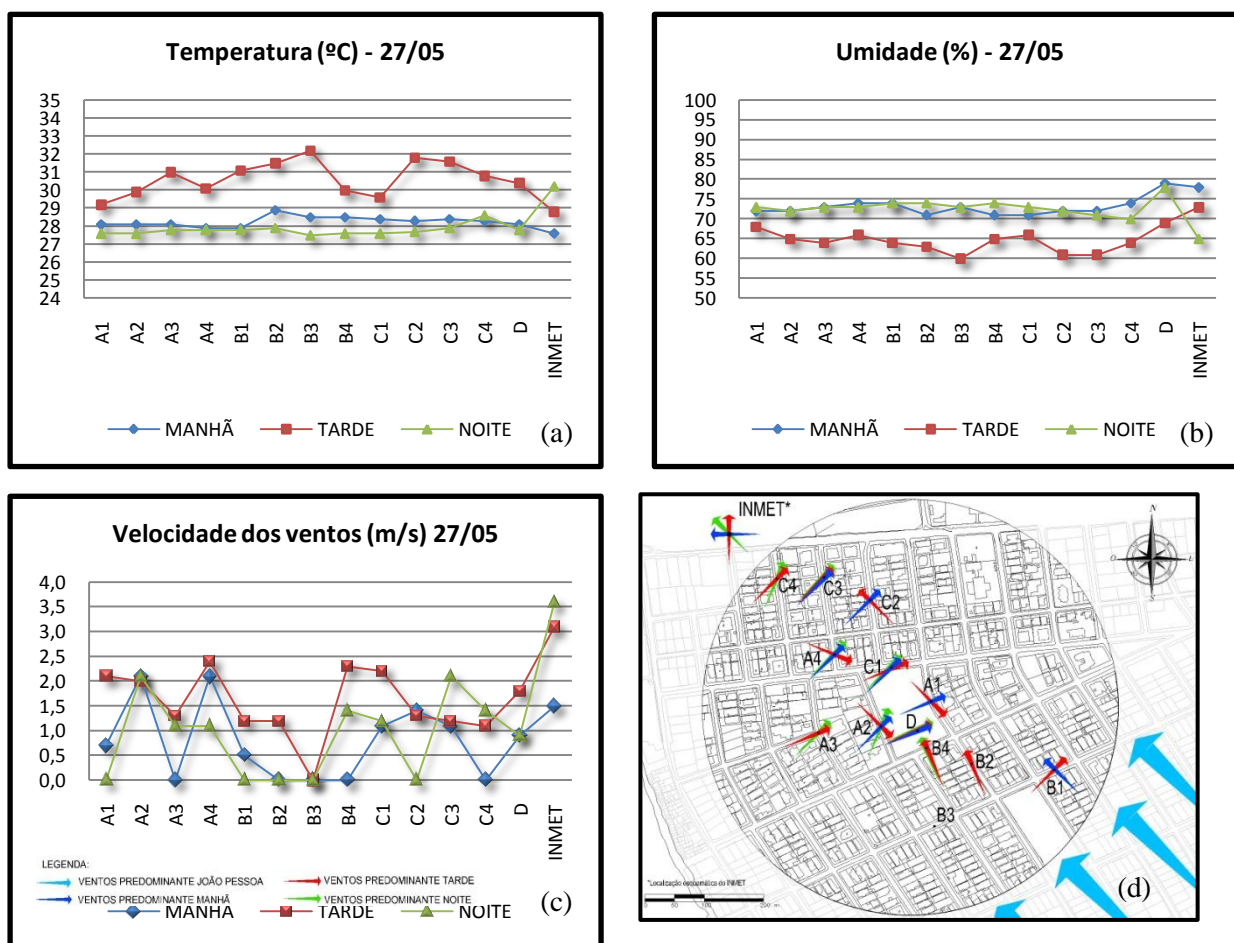


### DIA 27/05/2010

No segundo dia de medição do período de inverno (Figura A10), pela manhã, o ponto B2 atingiu 28,9°C de temperatura do ar, assumindo o caráter de ponto mais quente. Porém a amplitude máxima encontrada entre os pontos chega apenas a 1°C, sendo encontrado o menor valor observado de temperatura nos pontos A4 e B1. No período da tarde, o ponto B3 obteve a temperatura mais elevada, 32,2°C. Os pontos que apresentaram as menores temperaturas no período da manhã foram A1, A2, A3 e D, todos com 28,1°C. No período da tarde, A1 teve a menor temperatura observada, 29,2°C. No período da noite, todos os pontos apresentaram um comportamento semelhante, atingindo valores entre 27,5°C e 27,9°C de temperatura, exceto o ponto C4 que registrou 28,6°C.

Em relação ao comportamento da umidade relativa do ar, temos que nos períodos da manhã, tarde e noite, a umidade mais elevada foi observada no ponto D, instalado no interior da Praça Silvio Porto, ficando nos períodos da tarde e da noite mais elevada do que a da estação de referência do INMET. Os valores de umidade mais baixos foram observados nos pontos B2, B4 e C1 de manhã, 71%, B3 à tarde, 60% e C4 à noite, 70%.

Todos os pontos apresentaram velocidades dos ventos entre calmarias e brisas leves, chegando ao máximo de 2,4m/s no ponto A4 à tarde. Percebe-se que os pontos apresentaram temperaturas mais elevadas foram registradas calmarias com ausência de ventos. A direção predominante pela manhã e tarde na maioria dos pontos observados foi sudoeste (225°), mudando apenas à tarde para oeste-sudoeste (247,5°).



**Figura A10:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 27/05/2010..

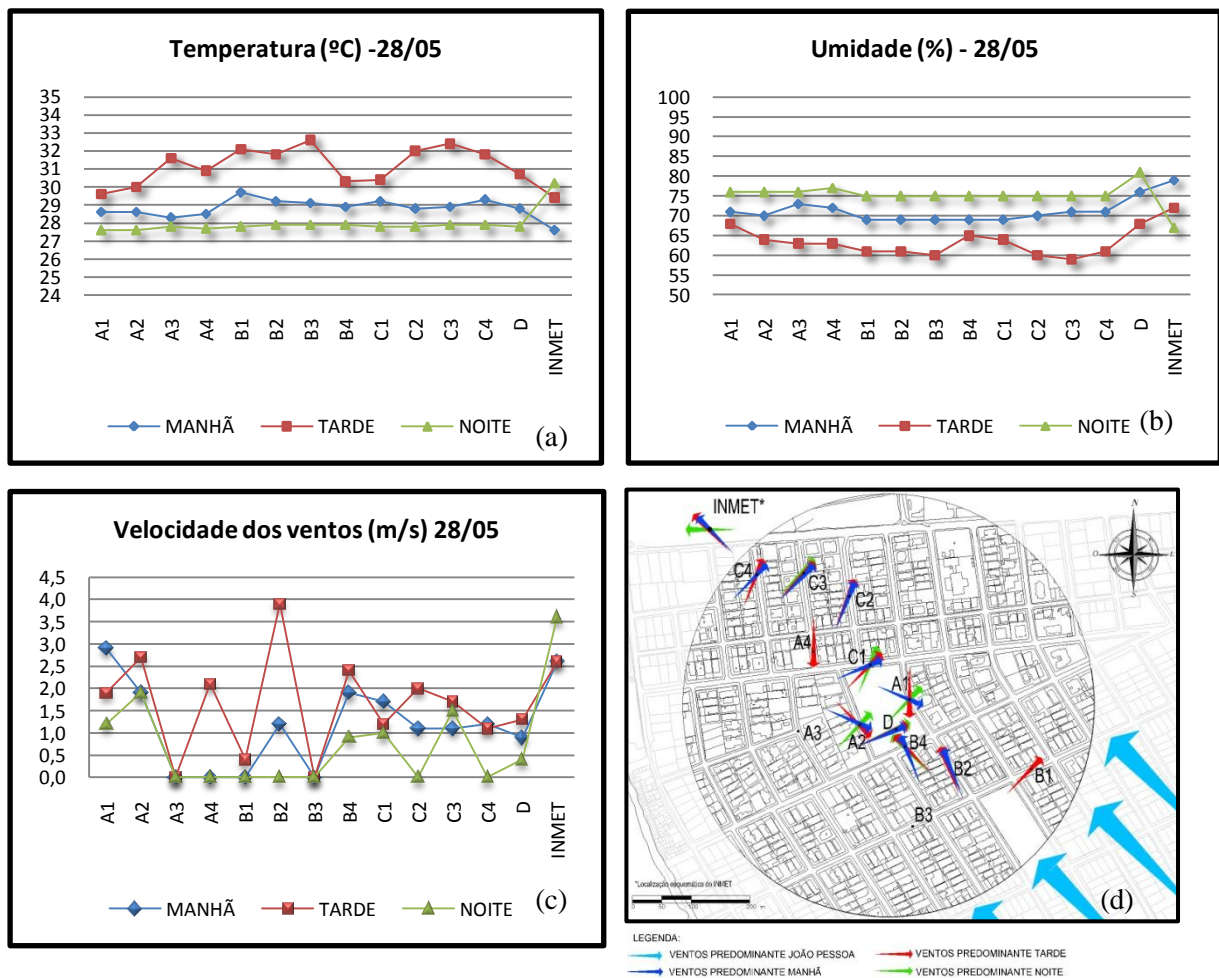
### DIA 28/05/2010

Neste dia de medição (Figura A11), os pontos B1, B2, B3 e C4 apresentaram as temperaturas mais elevadas, entre 29,7°C e 29,1°C, no período da manhã. À tarde B3, C2 e C3 apresentaram temperaturas maiores que os demais, na ordem dos 32°C. Os menores valores de temperatura do ar foram observados em A1, A2 e A3 pela manhã, entre 28,1°C e 28,6°C, e apenas em A1 à tarde, 29,6°C. No período da noite, todos os pontos tiveram o mesmo comportamento térmico, com uma amplitude de apenas 0,3°C, e temperaturas entre 27,6°C e 27,9°C.

A umidade mais elevada foi observada no ponto D, instalado no interior da praça, em todos os períodos, manhã, tarde e noite, seguindo-se os pontos A3 pela manhã e A1 à tarde. Pela manhã, todos os pontos do transecto B e C1, apresentaram umidades mais baixas, 69%. À tarde, apenas B3 continuou o comportamento. Assim como as temperaturas, os dados observados de umidade relativa do ar no período da noite

apresentaram um comportamento semelhante em todos os pontos de medição, com uma baixa amplitude, variando de 75 a 81%.

A velocidade do ar encontrada apresentou uma variação considerável principalmente no período da tarde. Pela manhã, quatro pontos tiveram predominância de calmarias, A3, A4, B1 e B3. Os pontos A3 e B3 mantiveram este comportamento durante todo o restante do dia. À tarde, a maioria dos pontos apresentou ventos entre aragens e brisas fracas. E à noite, a maioria não passou de brisas leves, entre zero e 2,0 m/s. A direção dos ventos continuou a apresentar o comportamento dos dias anteriores, levando em consideração também a medição do período de verão, sendo observados ventos vindos de sudoeste (225°C) à tarde e noite. Pela manhã, foi observada, na maioria dos pontos, a presença de ventos vindos de sudeste (157, 5°C), considerados predominantes para a orla marítima de João Pessoa.



**Figura A 11:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 28/05/2010.

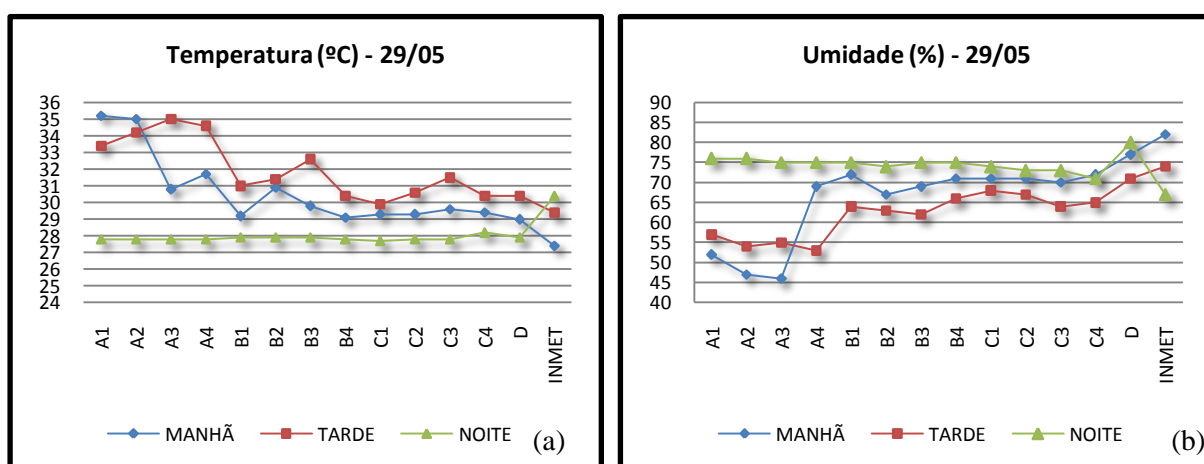


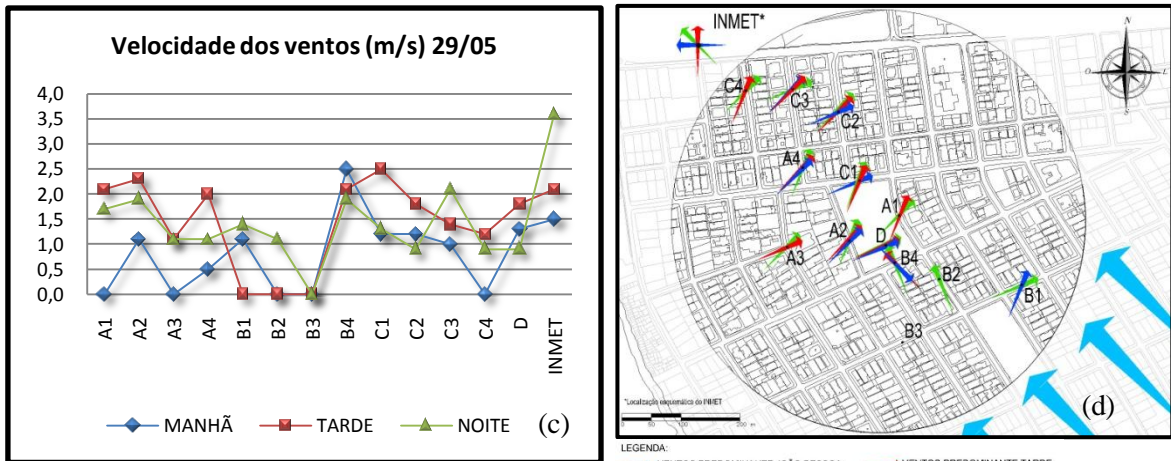
## DIA 29/05/2010

No dia 29 de maio de 2010, os dados observados de temperatura, umidade do ar e velocidade e direção dos ventos continuaram a seguir o comportamento dos outros dias analisados. As temperaturas mais elevadas foram encontradas nos pontos do transecto A, entre 30°C e 35°C, no período da manhã. À tarde, todos os pontos apresentaram valores de temperaturas do ar na ordem dos 30°C, caracterizando este dia como o mais quente dentre os observados. O ponto com temperatura mais elevada à tarde foi o A3, 35°C. Os pontos que apresentaram temperaturas menos elevadas foram D, pela manhã e C1, C4 e D à tarde. O comportamento térmico encontrado à noite também foi o mesmo dos dias anteriores. Os pontos observados apresentaram temperaturas com baixa amplitude entre si, 27,7°C e 28,2 °C.

O comportamento da umidade do ar neste dia apresentou valores bem menores do que a média dos dias anteriores. Esperado quando se tem um aumento considerável de temperatura. O ponto com umidade mais elevadas foi o D, nos três períodos do dia. E os pontos com umidade mais baixa foram A3 pela manhã, A3 e A4 à tarde e C4 à noite.

A direção da ventilação encontrada na maioria dos pontos observados foi sudoeste (225°C), assumindo o comportamento identificado nos dias anteriores. As velocidades do vento observadas na maioria dos pontos classificam-se entre calmarias, aragens e brisas leves, não passando dos 2,5m/s no ponto B4, no período da manhã. Percebe-se que neste dia os ventos da noite foram mais incidentes do que nos outros dois períodos.





**Figura A12:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 29/05/2010.

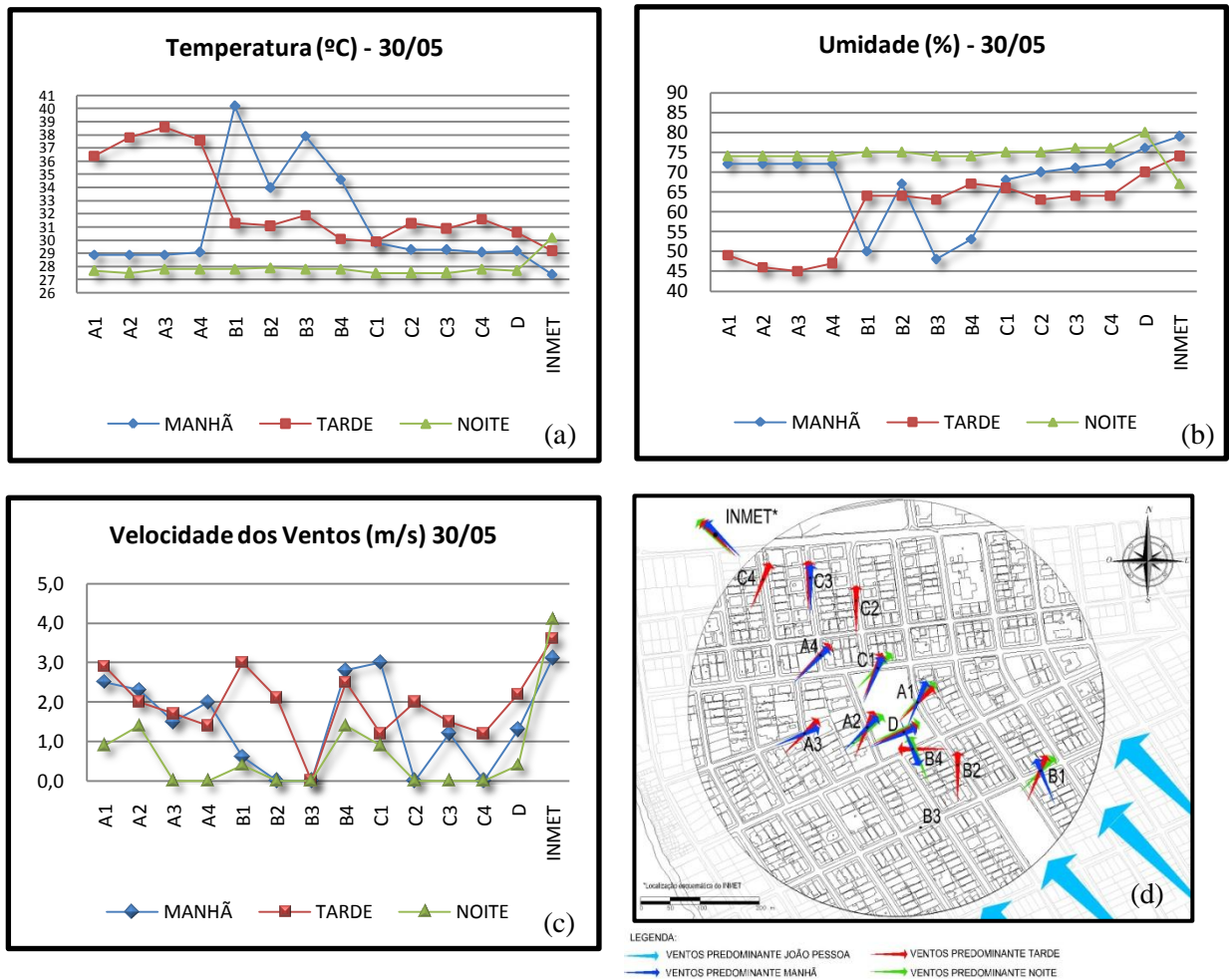
### DIA 30/05/2010

No quinto dia de medição do período de inverno, percebe-se que as temperaturas mais elevadas foram observadas em todos os pontos do transecto B, no período da manhã, entre 34°C e 40°C. À tarde, todos os pontos apresentaram temperaturas na ordem dos 30°C, sendo o transecto A o mais quente. As temperaturas menos elevadas foram encontradas nos pontos C4 e D no período da manhã e nos pontos C1 e D, à tarde. À noite, um comportamento semelhante entre os valores de temperaturas de todos os pontos torna a acontecer. Todos os pontos apresentaram temperaturas de 27°C, tendo uma amplitude de apenas 0,3°C.

Em relação ao comportamento da umidade relativa do ar, vê-se que nos pontos onde foram observadas as maiores temperaturas, há também baixas umidades. Todos os pontos do transecto B, apresentaram umidade mais baixa que os demais, pela manhã e os pontos do transecto A, no período da tarde. À noite, o comportamento visto com a temperatura é semelhante ao encontrado para a umidade, onde a maioria dos pontos assume valores de 74% de umidade.

No período da manhã, cinco pontos apresentaram calmarias, com predominância de ventos zero, porém os oito demais tiveram comportamentos de ventos considerados como aragens e brisas leves, até 3,0 m/s em C1. No período da tarde, os ventos se tornaram um pouco mais fortes, ficando entre aragens e brisas leves, sem presenças de calmarias, na maioria dos pontos observados. À noite, este comportamento se inverte passando a ter a presença de calmarias na maioria dos pontos, com ausência de ventos em sete pontos, A3, A4, B2, B3, C2, C3 e C4. A direção do vento na maioria dos pontos

observados (que não apresentaram ausência de ventos), nos três períodos de medição continua a exercer a mesma característica, com ventos vindos de sudoeste (225°).



**Figura A 13:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 30/05/2010.

### DIA 31/05/2010

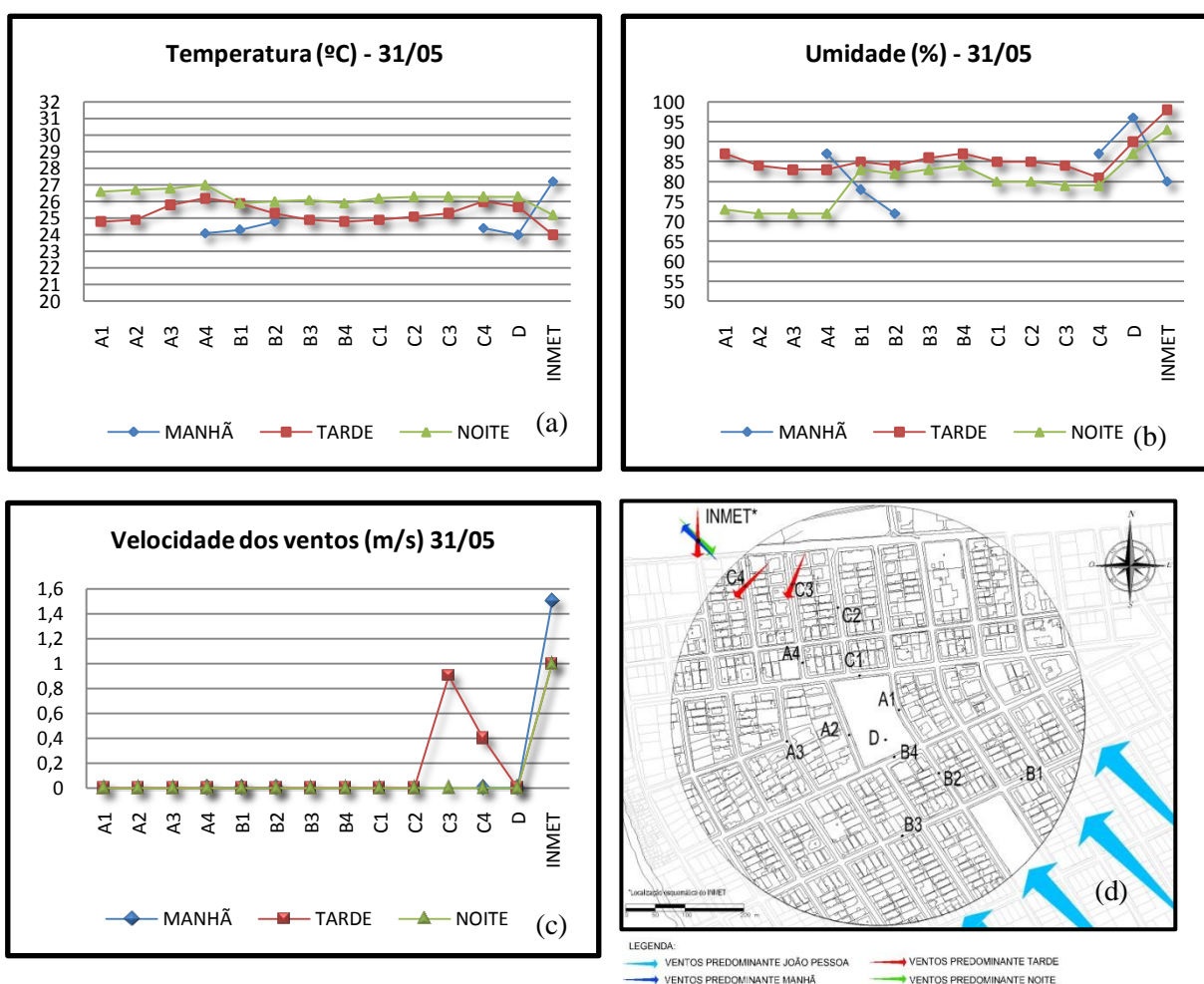
Neste dia tornou-se inviável a coleta de dados no período da manhã devido a uma forte chuva que aconteceu durante o horário previsto para medição. Assim, só foram observados dados de temperatura, umidade e direção e velocidade dos ventos em quatro dos doze pontos de medição móvel, no ponto D, instalado no interior da praça e na estação de referencia do INMET. Durante todo o restante do dia, foi registrada uma chuva fina com pouca incidência de radiação solar (dia nublado), gerando uma pequena variação de temperatura entre os pontos, comportamento que acontecia apenas no período da noite, nos dias anteriores nas observações feitas neste período de inverno. À tarde, o ponto com temperatura mais elevada foi o C4, 26°C e no período noturno, A4



(27°C). A amplitude da temperatura não passou dos 1,2°C à tarde e à noite, sendo as temperaturas mais baixas encontradas nos pontos A1, B4 e C1 à tarde e B1 e B4 à noite.

A umidade relativa do ar também apresentou uma baixa variação, comparando-se os pontos entre si, mesmo sendo alta durante todo o dia devido à chuva. As menores taxas de umidade foram encontradas no ponto C4 à tarde e em A2 e A3 a noite. Os valores de umidade mais elevados foram observados em D, tanto à tarde quanto a noite.

A velocidade dos ventos foi praticamente zero para todos os pontos nos três períodos observados. Apenas os pontos C3, C4 e a estação de referência do INMET apresentaram valores diferentes de zero, no período da tarde e noite.



**Figura 14:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 31/05/2010.

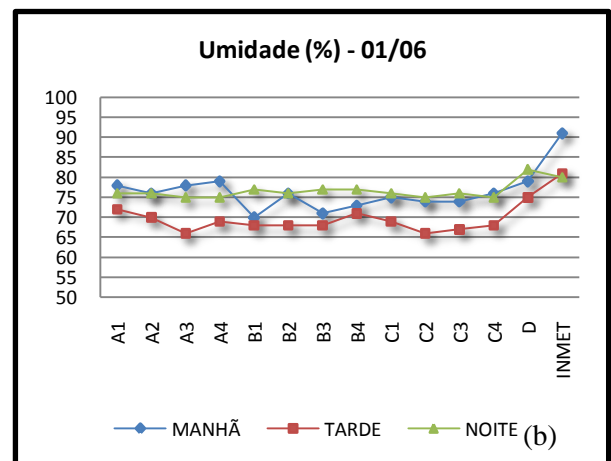
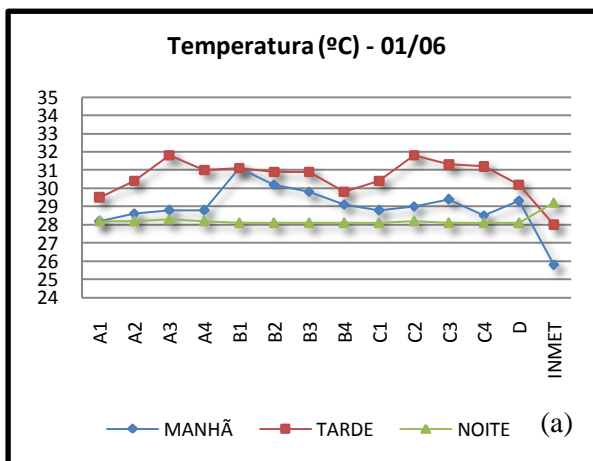
## DIA 01/06/2010

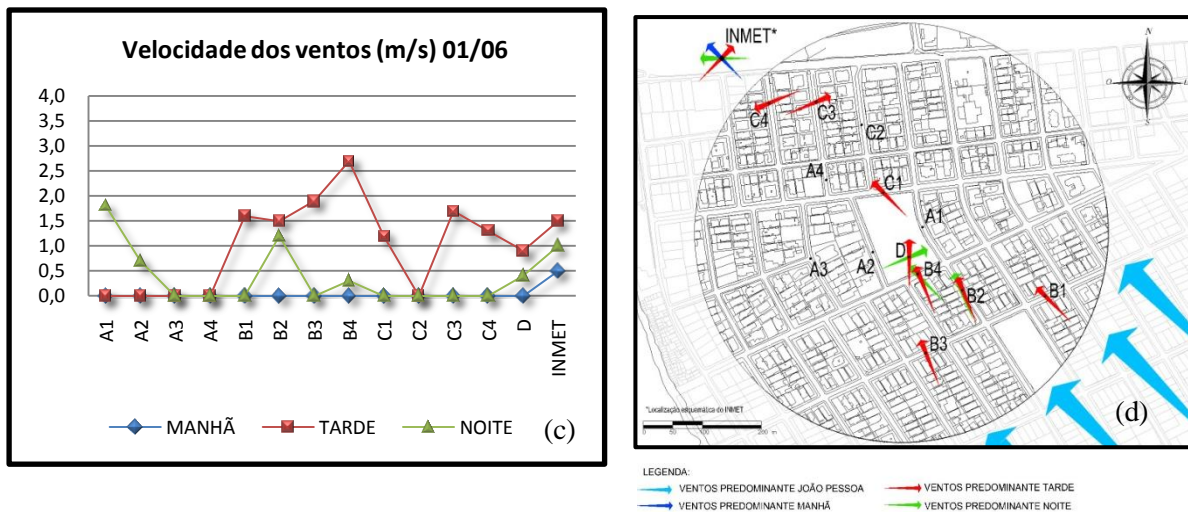
No penúltimo dia de medição do período de inverno, os pontos continuaram a apresentar uma baixa amplitude de temperatura e umidade, comparadas entre si, durante

os três horários observados. Mesmo assim, os pontos com temperaturas mais elevadas pela manhã foram o B1, 31,1°C e C2, no período da tarde, 31,8°C. As menores temperaturas foram observadas em todo o transecto A e nos pontos C1 e C4, todos na ordem dos 28°C, pela manhã. No período da tarde, apenas A1 continuou a assumir o papel de ponto com temperatura menos elevada. Percebe-se um comportamento análogo entre os valores de temperatura período da noite, onde todos os pontos apresentaram 28°C, com variação de apenas 0,1°C.

A umidade relativa do ar apresentou menores valores em B1 pela manhã, 70%, em A3 e C2 à tarde, 66% e A3, A4, C2 e C4 à noite, 75%. As taxas mais elevadas de umidade relativa do ar foram observadas mais uma vez no ponto D, instalado no interior da Praça Silvio Porto em todos os horários medidos, sendo 79% pela manhã, 75% à tarde e 82% à noite.

A velocidade do vento não apresentou valores diferentes de zero em nenhum dos pontos no período da manhã. À tarde, houve uma variação entre calmarias e brisas leves até 2,7 m/s em B4. À noite, a predominância de ausência de ventos volta a acontecer nos oito pontos. Com esta ausência de ventilação, a percepção da direção dos ventos fica comprometida, uma vez que sem vento não há como definir uma direção predominante, porém nos pontos que apresentaram alguma movimentação de ar, a direção predominante foi sul-sudeste (157,5°), principalmente nos períodos da tarde e da noite.





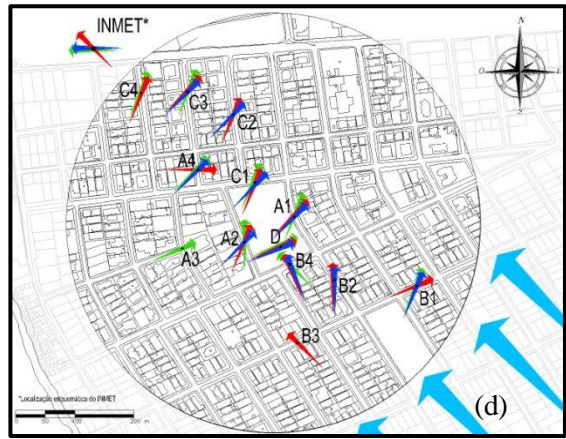
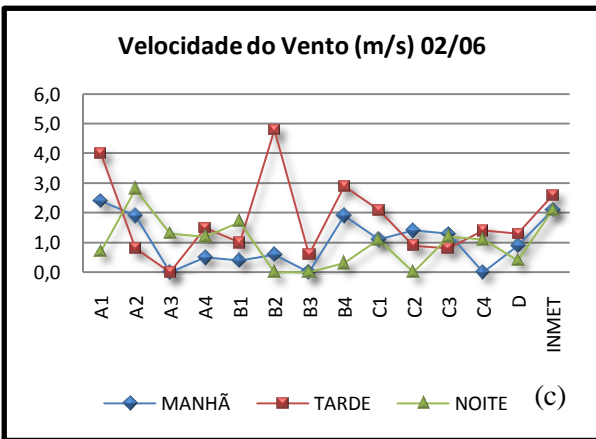
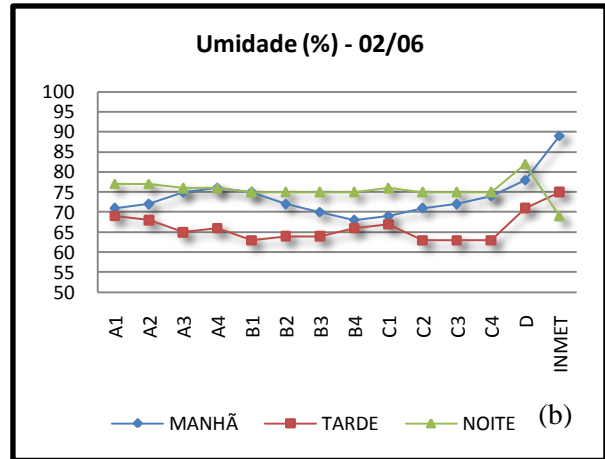
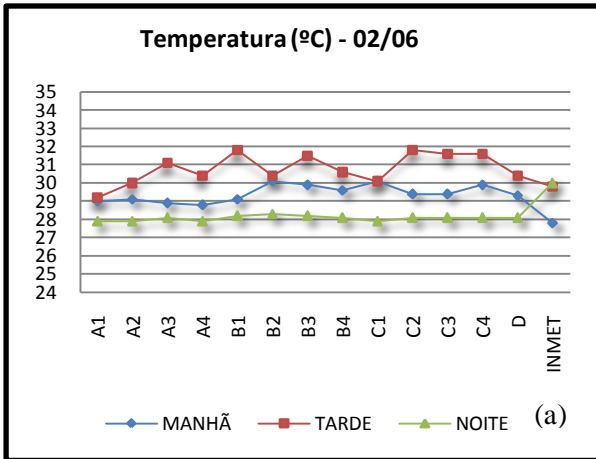
**Figura A15:** Gráficos de temperatura do ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 31/05/2010.

### DIA 02/06/2010

No último dia de medição do período de inverno (Figura A16), as curvas de temperatura e umidade dos períodos da manhã e da tarde apresentaram um comportamento comumente encontrado nos dias anteriores. Os pontos B2 e C1 assumiram as temperaturas mais elevadas pela manhã, 30,1 °C, B1 e C2 à tarde, com 31,8°C. O ponto A4 apresentou valores mais baixos de temperatura, no período da manhã (28,8°C) e A1 foi o ponto menos aquecido à tarde, 29,2°C. À noite, repete-se o comportamento similar entre os valores de temperaturas, entre 27,9°C e 28,2°C.

As maiores taxas de umidade relativa do ar foram encontradas novamente em D, no interior da Praça Silvio Porto, nos três horários de medição, manhã, tarde e noite. E as menores em B4 e C1 pela manhã, 68%, em B1, C2, C3 e C4 à tarde, 63% e em todos os pontos dos transecto B e C, exceto C1, todos com 75%.

As velocidades continuaram com o comportamento entre calmarias e brisas leves, nos períodos da manhã e noite, chegando a ter alguns pontos que apresentaram brisas consideradas fracas à tarde. O comportamento da direção modificou um pouco em relação aos dias anteriores. Os ventos vindos de sudoeste (225°) só foram observados pela manhã, tendo à tarde e à noite a presença de ventos sul-sudoeste (202,5°).



LEGENDA:  
 VENTOS PREDOMINANTE JOÃO PESSOA  
 VENTOS PREDOMINANTE TARDE  
 VENTOS PREDOMINANTE NOITE  
 VENTOS PREDOMINANTE MANHÃ

**Figura A16:** Gráficos de temperatura ao ar (a), umidade do ar (b) e velocidade dos ventos (c) e mapa de direção dos ventos (d) observados no dia 02/06/2010.

# **Anexo A**

## **Pré-inventário de arborização urbana.**





**ESTADO DA PARAÍBA**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA**  
**SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE**  
**DIRETORIA DE CONTROLE AMBIENTAL**  
**DIVISÃO DE BOTÂNICA**

**ÁRVORES QUE ENCONTRAM-SE PLANTAS NAS CALÇADAS,  
CANTEIROS CENTRAIS DAS AVENIDAS E PRAÇAS DA  
CIDADE DE JOÃO PESSOA**

**PERCENTUAL DAS ESPÉCIES**

As presenças das espécies foram avaliadas segundo dados quantitativos, tais como número de indivíduos nos logradouros estudados (escolhidos) para expressar os percentuais das espécies. Entretanto foram realizadas contagens por observações diretas em 941 ruas de 37 bairros, 01 Parque e 15 Praças de nossa cidade.

Total de árvores estudadas: **15.384**

**Tabela 01:** Percentual de árvores por bairros

<b>BAIRRO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>%</b>
Água Fria	444	2.88
Altiplano	134	0.87
Alto do Mateus	433	2.81
Bairro dos Estados	649	4.22
Bairro dos Novais /Oitizeiro	270	1.75
Bairro das Indústrias	212	1.37
Bairro dos Ipês	73	0.47
Bancários	585	3.80
Bessa	481	3.12
Brisamar	244	1.58
Cabo Branco	541	3.51
Castelo Branco	182	1.18
Centro/Varadouro	612	3.97
Costa e Silva	204	1.32
Cristo	716	4.65
Cruz das Armas	189	1.22
Expedicionarios	190	1.23
Funcionários I,II,III,IV	533	3.46
Geisel	689	4.47

<b>Grotão</b>	242	1.57
<b>João Agripino</b>	177	1.15
<b>Jardim 13 de Maio</b>	312	2.02
<b>Jaguaribe</b>	442	2.87
<b>Jardim Cidade Universitária</b>	286	1.86
<b>Jardim Veneza</b>	133	0.86
<b>José Américo</b>	512	3.33
<b>Mandacarú</b>	188	1.22
<b>Manaíra</b>	934	6.07*
<b>Miramar</b>	251	1.63
<b>Mangabeira</b>	269	1.75
<b>Pedro Gondim</b>	148	0.96
<b>Roger</b>	275	1.78
<b>Tambaú</b>	546	3.54
<b>Tambiá</b>	245	1.59
<b>Tambauzinho</b>	332	2.15
<b>Torre</b>	261	1.70
<b>Valentina Figueiredo</b>	375	2.43

\* Bairro com espécies estudadas na sua maioria em praças (duas grandes praças)

**João Pessoa, 14 de Março de 2007**

**Técnico Responsável**