



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II**

**DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PÓS - GRADUAÇÃO  
EM METEOROLOGIA**

MUDANÇAS CLIMÁTICAS URBANAS

AUTORA: ANA PAULA LIMA MARQUES DA SILVA

PUBLICAÇÃO DCA - CMM TD Nº 03 - 1998

**CAMPINA GRANDE**

AGOSTO - 1998

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO EM METEOROLOGIA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS URBANAS**

***ANA PAULA LIMA MARQUES DA SILVA***

**Campina Grande – PB**

**Agosto de 1998**

# **MUDANÇAS CLIMÁTICAS URBANAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Meteorologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção do Grau de Mestre.

Área de Concentração: Ciências Atmosféricas  
Sub-área de Concentração: Climatologia Urbana

**Banca Examinadora**

**Profa. Dra. Gilda Tomasini Maitelli (UFMT)**

**Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva (UFPB)**

**Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão (UFPB)**

**Campina Grande – PB**

**14 de Agosto de 1998**

**ANA PAULA LIMA MARQUES DA SILVA**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS URBANAS**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Meteorologia da  
Universidade Federal da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para a  
obtenção do Grau de Mestre.

Área de Concentração: Ciências Atmosféricas

Sub-área de Concentração: Climatologia Urbana

**Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão**  
Orientador

**Campina Grande – PB**  
**Agosto de 1998**



S586m Silva, Ana Paula Lima Marques da.  
Mudanças climáticas urbanas / Ana Paula Lima Marques da  
Silva. - Campina Grande, 1998.  
125 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade  
Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1998.  
"Orientação : Prof. Dr. Mário de Miranda Vilas Boas  
Ramos Leitão".  
Referências.

1. Mudanças Climáticas. 2. Mudanças Climáticas Urbanas.  
3. Clima Urbano. 4. Dissertação - Meteorologia. I. Leitão,  
Mário de Miranda Vilas Boas Ramos. II. Universidade Federal  
da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título


CDU 551.583(043)

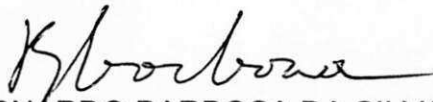
ANA PAULA LIMA MARQUES DA SILVA

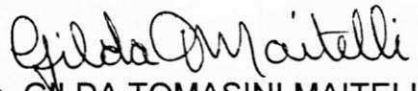
MUDANÇAS CLIMÁTICAS URBANAS

APROVADA EM 14/8/98

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. MÁRIO DE MIRANDA VILAS BOAS RAMOS LEITÃO  
Universidade Federal da Paraíba

  
Prof. Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA  
Universidade Federal da Paraíba

  
Profa. Dra GILDA TOMASINI MAITELLI  
Universidade Federal do Mato Grosso

Aos meus pais,  
*Iolanda & Antonio Carlos,*  
pela dedicação ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus irmãos,  
*Alexandre & Carlos Roberto,*  
pelo apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças da vida e da inteligência;

Ao Curso de Mestrado em Meteorologia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela estrutura didático-científica;

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo;

Ao Prof. Dr. Mário de Miranda V. B. R. Leitão, pela orientação acadêmica e de execução dos trabalhos de campo;

À Profa. Dra. Gilda T. Maitelli, pela assistência contínua do material bibliográfico;

Ao Diretor do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Prof. Dr. Benedito G. Aguiar Neto, pelas facilidades de vigilância das estações micro-meteorológicas;

Aos Coordenadores do LMRS, Dr. Marx Prestes e Ricardo Correia de Lima, pelo apoio no transporte dos instrumentos da pesquisa;

Às Prefeituras de Campina Grande e Patos, pelo acesso aos locais dos experimentos e vigilância do instrumental;

Aos professores do Departamento de Ciências Atmosféricas, muito especialmente ao Prof. Dr. Tantravahi V. Ramana Rao, pela atenção e amizade;

Aos colegas Emerson, Flaviano e Gertrudes, pelo apoio efetivo na monitoração das estações usadas na pesquisa;

Aos colegas Arthur, Adelmo, Adma, Daise, Eduardo, Fábio e Micheline, pela ajuda na parte prática da experimentação;

Ao amigo Geórgenes, pela filmagem dos experimentos;

Aos amigos Edglay, Werônica e Luiz Antônio Cândido, pelos laços de amizade fortalecidos ao longo desses anos;

À Divanete Cruz Rocha, pelo apoio logístico da Secretaria do Curso;

À EDITEX, pelos trabalhos de editoração.



## LISTA DE MAPAS

|  | pag. |
|--|------|
| MAPA 3.1 – Localização do Estado da Paraíba na Região Nordeste do Brasil | 27   |
| MAPA 3.2 – Localização de Campina Grande e Patos no Estado da Paraíba    | 27   |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pag. |
|--|------|
| FIGURA 3.1 – Campina Grande. Área de asfalto - Inverno   | 29   |
| FIGURA 3.2 – Campina Grande. Área de asfalto - Verão   | 29   |
| FIGURA 3.3 – Campina Grande. Área de calçamento - Inverno  | 30   |
| FIGURA 3.4 – Campina Grande. Área de calçamento - Verão  | 30   |
| FIGURA 3.5 – Campina Grande. Área de praça - Inverno   | 31   |
| FIGURA 3.6 – Campina Grande. Área de praça - Verão   | 31   |
| FIGURA 3.7 – Patos. Área de asfalto  | 32   |
| FIGURA 3.8 – Patos. Área de calçamento.  | 32   |
| FIGURA 3.9 – Patos. Área de praça  | 33   |
| FIGURA 4.1 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de inverno na cidade de Campina Grande    | 42   |
| FIGURA 4.2 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de verão na cidade de Campina Grande      | 42   |
| FIGURA 4.3 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de inverno na cidade de Campina Grande | 45   |
| FIGURA 4.4 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de verão na cidade de Campina Grande   | 45   |
| FIGURA 4.5 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande      | 48   |
| FIGURA 4.6 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de verão na cidade de Campina Grande        | 48   |
| FIGURA 4.7 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de inverno na cidade de Patos             | 51   |
| FIGURA 4.8 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de verão na cidade de Patos               | 51   |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 4.9 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de inverno na cidade de Patos  | 54 |
| FIGURA 4.10 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de verão na cidade de Patos   | 54 |
| FIGURA 4.11 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de inverno na cidade de Patos  | 57 |
| FIGURA 4.12 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de verão na cidade de Patos  | 57 |
| FIGURA 4.13 – Temperatura média horária do ar (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande                                    | 61 |
| FIGURA 4.14 – Temperatura média horária do ar (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande                                      | 61 |
| FIGURA 4.15 – Temperatura média horária do ar (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça durante o inverno na cidade de Patos   | 64 |
| FIGURA 4.16 – Temperatura média horária do ar (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça durante o verão na cidade de Patos   | 64 |
| FIGURA 4.17 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de inverno na cidade de Campina Grande | 68 |
| FIGURA 4.18 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de verão na cidade de Campina Grande   | 68 |

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 4.19 – Temperatura instantânea do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e na estação meteorológica, durante o período de inverno na cidade de Patos | 74 |
| FIGURA 4.20 – Temperatura instantânea do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e na estação meteorológica, durante o período de verão na cidade de Patos   | 74 |
| FIGURA 4.21 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, no período de inverno na cidade de Campina Grande                 | 81 |
| FIGURA 4.22 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, no período de verão na cidade de Campina Grande                   | 81 |
| FIGURA 4.23 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, no período de inverno na cidade de Patos                          | 83 |
| FIGURA 4.24 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, de praça, no período de verão na cidade de Patos                                  | 83 |
| FIGURA 4.25 – Radiação líquida média horária ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de inverno na cidade de Campina Grande                           | 85 |
| FIGURA 4.26 – Radiação líquida média horária ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de verão na cidade de Campina Grande                             | 85 |
| FIGURA 4.27 – Radiação líquida média horária ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de inverno na cidade de Patos                                    | 86 |

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 4.28 – Radiação líquida média horária ( $W/m^2$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de verão na cidade de Patos                   | 86 |
| FIGURA 4.29 – Radiação média horária ( $W/m^2$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento, e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande   | 88 |
| FIGURA 4.30 – Radiação média horária ( $W/m^2$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento, e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande     | 88 |
| FIGURA 4.31 – Radiação média horária ( $W/m^2$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento, e de praça no período de inverno na cidade de Patos            | 89 |
| FIGURA 4.32 – Radiação média horária ( $W/m^2$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento, e de praça no período de verão na cidade de Patos              | 89 |
| FIGURA 4.33 – Radiação refletida média horária ( $W/m^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande  | 91 |
| FIGURA 4.34 – Radiação refletida média horária ( $W/m^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande    | 91 |
| FIGURA 4.35 – Radiação refletida média horária ( $W/m^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos           | 94 |
| FIGURA 4.36 – Radiação refletida média horária ( $W/m^2$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos             | 94 |
| FIGURA 4.37 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 4.38 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande | 97  |
| FIGURA 4.39 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos        | 98  |
| FIGURA 4.40 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos          | 98  |
| FIGURA 4.41 – Velocidade do vento média horária (m/s) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande     | 100 |
| FIGURA 4.42 – Velocidade do vento média horária (m/s) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande       | 100 |
| FIGURA 4.43 – Velocidade do vento média horária (m/s) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos              | 101 |
| FIGURA 4.44 – Velocidade do vento média horária (m/s) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos                | 101 |

## LISTA DE TABELAS

|  | pag. |
|--|------|
| TABELA 4.1 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o inverno na cidade de Campina Grande.   | 43   |
| TABELA 4.2 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o verão na cidade de Campina Grande      | 43   |
| TABELA 4.3 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o inverno na cidade de Campina Grande | 46   |
| TABELA 4.4 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o verão na cidade de Campina Grande   | 46   |
| TABELA 4.5 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o inverno na cidade de Campina Grande      | 49   |
| TABELA 4.6 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o verão na cidade de Campina Grande        | 49   |
| TABELA 4.7 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o inverno na cidade de Patos.            | 52   |
| TABELA 4.8 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o verão na cidade de Patos.              | 52   |
| TABELA 4.9 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o inverno na cidade de Patos.         | 55   |
| TABELA 4.10 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o verão na cidade de Patos.          | 55   |

|  |    |
|--|----|
| TABELA 4.11 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o inverno na cidade de Patos.   | 58 |
| TABELA 4.12 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o verão na cidade de Patos.   | 58 |
| TABELA 4.13 – Temperaturas absolutas (°C) observadas nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande                                | 62 |
| TABELA 4.14 – Temperaturas absolutas (°C) observadas nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande                                  | 62 |
| TABELA 4.15 – Temperatura média (°C) horária máxima das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos  | 65 |
| TABELA 4.16 – Temperatura média (°C) horária máxima das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos  | 65 |
| TABELA 4.17 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de inverno na cidade de Campina Grande | 69 |
| TABELA 4.18 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de verão na cidade de Campina Grande   | 70 |
| TABELA 4.19 – Temperaturas máximas absolutas (°C) observadas durante o período de inverno na cidade de Campina Grande  | 71 |
| TABELA 4.20 – Temperaturas máximas absolutas (°C) observadas durante o período de verão na cidade de Campina Grande  | 71 |



|   |    |
|---|----|
| TABELA 4.21 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de inverno na cidade de Patos     | 75 |
| TABELA 4.22 – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de verão na cidade de Patos       | 76 |
| TABELA 4.23 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de inverno na cidade de Patos.  | 77 |
| TABELA 4.24 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de verão na cidade de Patos.  | 77 |
| TABELA 4.25 – Temperaturas observadas em transecto móvel na cidade de Patos durante um dia de verão.  | 79 |
| TABELA 4.26 – Temperaturas observadas próximas a paredes de diversas cores, nos dois lados de uma rua asfaltada não arborizada na cidade de Patos durante um dia de verão (22/12/97). | 79 |
| TABELA 4.27 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça durante o período de inverno na cidade de Campina Grande  | 92 |
| TABELA 4.28 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça durante o período de verão na cidade de Campina Grande  | 92 |
| TABELA 4.29 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça durante o período de inverno na cidade de Patos   | 95 |
| TABELA 4.30 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça durante o período de verão na cidade de Patos   | 95 |

## SUMÁRIO

|  | pag.  |
|--|-------|
| RESUMO   | xvii  |
| ABSTRACT   | xviii |
| 1. INTRODUÇÃO                                      | 1     |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA                           | 4     |
| 2.1. Ilha de calor                                 | 4     |
| 2.2. Clima urbano                                  | 10    |
| 2.2.1. Transferência de calor                      | 13    |
| 2.3. Poluição do ar                                | 18    |
| 2.4. Circulação atmosférica                        | 20    |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS                              | 24    |
| 3.1. Localização do experimento                    | 24    |
| 3.2. Características climáticas                    | 24    |
| 3.3. Instrumental utilizado                        | 25    |
| 3.4. Sistemática de observações                    | 28    |
| 3.5. Métodos                                       | 34    |
| 3.5.1. Balanço de radiação                         | 34    |
| 3.5.2. Albedo                                      | 37    |
| 3.5.3. Radiação de ondas longas                    | 37    |
| 3.5.4. Umidade do ar                               | 38    |
| 3.5.5. Comparação dos microclimas                  | 39    |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES                         | 40    |
| 4.1. Temperatura do ar                             | 40    |
| 4.1.1. Temperatura do ar em Campina Grande         | 40    |
| 4.1.2. Temperatura do ar em Patos                  | 50    |
| 4.2. Temperatura da superfície                     | 59    |
| 4.2.1. Temperatura da superfície em Campina Grande | 59    |
| 4.2.2. Temperatura da superfície em Patos          | 63    |

|   | pag. |
|---|------|
| 4.3. Temperatura instantânea                              | 66   |
| 4.3.1. Temperatura instantânea em Campina Grande          | 66   |
| 4.3.2. Temperatura instantânea em Patos                   | 72   |
| 4.4. Temperatura observada em transecto móveis            | 78   |
| 4.5. Fluxo de calor no solo                               | 80   |
| 4.5.1. Fluxo de calor no solo em Campina Grande           | 80   |
| 4.5.2. Fluxo de calor no solo em Patos                    | 82   |
| 4.6. Radiação líquida                                     | 84   |
| 4.6.1. Radiação líquida em Campina Grande                 | 84   |
| 4.6.2. Radiação líquida em Patos                          | 84   |
| 4.7. Radiação emitida pela superfície                     | 87   |
| 4.7.1. Radiação emitida pela superfície em Campina Grande | 87   |
| 4.7.2. Radiação emitida pela superfície em Patos          | 87   |
| 4.8. Radiação refletida                                   | 90   |
| 4.8.1. Radiação refletida em Campina Grande               | 90   |
| 4.8.2. Radiação refletida em Patos                        | 93   |
| 4.9. Umidade relativa                                     | 96   |
| 4.9.1. Umidade relativa em Campina Grande                 | 96   |
| 4.9.2. Umidade relativa em Patos                          | 96   |
| 4.10. Velocidade do vento                                 | 99   |
| 4.10.1. Velocidade do vento em Campina Grande             | 99   |
| 4.10.2. Velocidade do vento em Patos                      | 99   |
| 5. CONCLUSÕES   | 102  |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS                             | 104  |
| ANEXOS  | 115  |

## RESUMO

A presente pesquisa teve como premissa, o fato de que o crescimento das cidades tem levado a grandes modificações de suas estruturas, provocando seu aquecimento pronunciado, principalmente devido a implantação de asfalto e construção de prédios com janelas de vidro espelhado. Tentando estudar essa situação no estado da Paraíba, foram conduzidos experimentos microclimáticos urbanos nos períodos de inverno (julho-agosto) e verão (dezembro) de 1997 nas cidades de Campina Grande e Patos, objetivando estudar o microclima e a influência das superfícies de asfalto, calçamento e de praça, no aquecimento urbano. Para tanto, foram instaladas estações micrometeorológicas nas superfícies mencionadas, equipadas com sistema de aquisição de dados (micrologger 21X), que possibilitaram leituras instantâneas de radiação solar global, radiação refletida, saldo de radiação, fluxo de calor, temperatura e umidade do ar, temperatura da superfície e velocidade do vento. Também foram efetuadas observações com transecto móvel. Além da comparação entre os parâmetros observados sobre as três áreas estudadas, também comparou-se a temperatura do ar obtida nessas áreas com aquela observada na estação meteorológica. Os resultados mostraram que a superfície de asfalto é a mais quente das três áreas urbanas estudadas. Na cidade de Campina Grande, a temperatura do asfalto alcançou médias horárias entre 14 e 15 horas de 60,8°C e 47,5°C, respectivamente, no verão e inverno, enquanto na cidade de Patos chegou a 63,9°C e 55,5°C nos dois períodos citados. Um fato que chama atenção é que, embora o asfalto seja a superfície mais aquecida, a temperatura do ar sobre a rua de calçamento, foi maior do que sobre o asfalto na cidade de Patos, no inverno e no verão e, em Campina Grande, no verão. Esse fato pode estar associado à grande reflexão de radiação solar pela superfície de calçamento que, embora contribua para amenizar a temperatura da superfície, disponibiliza mais radiação de ondas curtas para ser absorvida pelo vapor d'água na atmosfera adjacente. Observações com transectos móveis efetuadas em Patos, indicam que a arborização pode contribuir para reduzir a temperatura do ar em até 1,8°C em rua asfaltada e em 1,3°C em rua de calçamento. Por último, as observações efetuadas próximas a paredes de diversas cores, mostraram que no lado ensolarado da rua, a temperatura foi em média 4,7°C superior àquela observada no lado sombreado e que quanto mais escura for a cor da parede, maior aquecimento esta terá.

---

## ABSTRACT

The research had a basic assumption, namely the fact that the growth of the cities has been taking to great modifications of its structures, provoking its pronounced heating, mainly due to asphalt's application and construction of buildings with mirrored windows. Trying to study that situation in the state of Paraíba, experiments with urban microclimate were driven in the winter periods (July-August) and summer (December) of 1997 in the cities of Campina Grande and Patos, objectifying to study the microclimate and the influence of the asphalt surfaces, pavement and square, in the urban heating. So that, micro-meteorological stations were installed in the mentioned surfaces, equipped with system of data's acquisition (micrologger 21X), that facilitated instantaneous readings of global solar radiation, reflected radiation, radiation balance, flow of heat, temperature and humidity of the air, temperature of the surface and speed of the wind. Observations were also made with mobile transecto. Besides the comparison among the parameters observed on the three studied areas, the temperature of the air was also compared with that observed in the meteorological station. The results showed that the asphalt surface is the hottest of the three studied urban areas. In the city of Campina Grande, the temperature of the asphalt reached hourly averages between 14 and 15 hours of 60,8°C and 47,5°C, respectively, in the summer and winter, while in the city of Patos it arrived at 63,9°C and 55,5°C in the two mentioned periods. A fact that gets attention is that, although the asphalt is the warmest surface, the temperature of the air on the pavement street was larger than on the asphalt in the city of Patos, in the winter and in the summer and, in Campina Grande, in the summer. That fact can be associated to the great reflection of solar radiation by the pavement surface that, although it contributes to liven up the temperature of the surface, provides more radiation of short waves to be absorbed by the vapor of water in the adjacent atmosphere. Observations with mobile transectos made in Patos, indicate that the forest can contribute to reduce the temperature of the air in up to 1,8°C in asphalt paved street and in 1,3°C in pavement street. Last, the close made observations to walls of several colors, they showed that on the sunny side of the street, the temperature went 4,7°C superior on the average to that observed on the shaded side and that the more dark it goes the color of to wall, larger heating this will have.

## 1 – INTRODUÇÃO

O progresso tem levado a maioria das cidades de grande e médio portes, a significativas modificações de suas estruturas urbanas, principalmente quanto a implantação de asfalto em suas ruas e revestimento de artérias. Com isso, as áreas urbanas têm experimentado um razoável aumento de temperatura, denominado de ilha de calor (Kimura & Takamashi, 1991). Tais efeitos são causados principalmente pelo asfaltamento das ruas e estruturas de concreto (Munn, 1966; Lee, 1992), pois o asfalto tem uma grande capacidade de armazenar calor e, conseqüentemente, transferi-lo para a atmosfera.

No Nordeste torna-se ainda mais acentuada esta situação principalmente na sua porção semi-árida, que devido à sua proximidade do equador, recebe uma grande incidência de radiação solar. Com isso, as cidades, naturalmente, já apresentam temperaturas médias bem mais elevadas do que outras regiões do país.

Estudos do balanço de energia sobre áreas urbanas têm mostrado que ao contrário do que ocorre em áreas naturais, o fluxo de calor sensível

apresenta-se bem mais elevado do que o fluxo de calor latente (Schmid et al., 1991; Oke et al., 1992). Por outro lado, os efeitos causados pela ausência de vegetação, também contribuem para modificar o clima urbano, pois as plantas exercem uma influência positiva no clima, principalmente sobre a temperatura e a umidade do ar (Stulpnagel et al., 1990).

Como conseqüência do clima insuportável causado pelo aquecimento das ruas e pela ausência de vento, que nos grandes centros é bloqueado pelos edifícios (Munn, 1966), as pessoas (principalmente as mais idosas), ao transitarem por ruas muito aquecidas e entrarem em determinados ambientes que contém ar condicionado (bancos, lojas, shopping, etc), muitas vezes, não resistem a mudanças tão bruscas de temperatura (choque térmico), e terminam desmaiando.

Outros fatores que contribuem para o aumento da temperatura do ar, são: o uso de cores escuras nas paredes dos prédios, visto que os objetos de cor escura têm uma tendência normal de absorver maior quantidade de radiação; por outro lado, a prevenção das janelas de vidro nas modernas construções, funcionam como verdadeiros aquecedores ao refletir a radiação solar que sobre elas incide.

Sair de uma temperatura variando entre 35°C e 40°C, freqüentemente observada nas ruas asfaltadas e adentrar num ambiente refrigerado, geralmente com temperatura de 20°C, representa um impacto muito grande para o organismo e certamente um problema sério, não apenas de ordem respiratória, mas para a saúde como um todo.

O presente trabalho tem como objetivo estudar o clima urbano das cidades de Campina Grande e Patos, nos períodos de inverno e verão, visando analisar a influência no aquecimento urbano pelos seguintes parâmetros: radiação solar incidente e refletida, saldo de radiação, armazenamento de calor no solo, umidade do ar, velocidade do vento e temperatura no ar e na superfície, bem como avaliar o impacto causado ao microclima por ruas asfaltadas e ruas calçadas com paralelepípedo comparando-os com aquele observado em áreas de praças, bem como a situação observada em estações meteorológicas, que representa uma condição de microclima natural, ou seja, sem a presença de estruturas urbanas.



## **2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 – ILHA DE CALOR**

Heino (1979), estudando os efeitos da relocação de estações meteorológicas com mudanças de aeroportos observou que os registros observacionais contínuos de longo tempo têm mostrado uma aparente tendência local atribuível à taxa de desenvolvimento da cidade. Tal tendência aparente é freqüentemente relacionada ao aumento da população e sua magnitude tem sido da ordem de 0,05 a 0,1<sup>o</sup>C por década, porém mudanças de até 0,3 a 0,4<sup>o</sup>C por década têm sido observadas em grandes cidades.

Ao investigar aspectos mesoclimáticos em Vila Annecy, Alto Savoy – Paris, Endlicher (1981), observou a existência de ilha de calor com uma intensidade de até 5<sup>o</sup>C, durante a noite. Neste caso, a ilha de calor foi atribuída ao estreitamento das ruas, que contribuiu para um maior armazenamento de calor durante o dia e liberação mais lenta durante a noite.

Ching (1985), tomando como base medidas dos fluxos de calor sensível e de calor latente, obtidas por avião em transectos móveis realizados a 150 metros de altura acima da área metropolitana de St.Louis, no Missouri, concluiu que os altos valores dos fluxos de calor sensível estavam associados a ilha de calor.

Lombardo (1985), ao analisar o crescimento de cidades e a degradação da qualidade de vida nas grandes aglomerações dos países de crescimento acelerado, concluiu que as pessoas se tornam mais vulneráveis às enfermidades cardiovasculares, principalmente as de idade avançada e que o tamanho cada vez maior das cidades passa a ser inconveniente à população. As áreas urbanas de grande edificação e acumulação de calor, produz stress térmico (ilha de calor), que em clima tropical pode ser persistente, causando desconforto térmico que ultrapassa os limites de tolerância dos habitantes.

Lombardo (1985) afirma que a poluição do ar e ilhas de calor constituem exemplos importantes das alterações que o processo urbano impõe às condições climáticas locais. A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura do ar é mais elevada do que nos seus arredores, o que propicia o surgimento de uma circulação característica do ar.

Para Kukla et al. (1986) a longo prazo, a tendência de aquecimento observada nos últimos anos e que tem modificando a temperatura média à superfície em escala global e hemisférica, pode estar relacionada com o

crescimento urbano ao redor das estações meteorológicas, visto que os efeitos de ilha de calor urbano produzem uma variação na temperatura, similar ao relacionado com o aumento do efeito estufa dos gases na atmosfera.

Yamaschita et al. (1996), utilizando sensores acoplados a um automóvel, mediram a temperatura do ar em duas cidades do Nordeste brasileiro: Patos e Campina Grande no estado da Paraíba e observaram 2<sup>o</sup>C para ilha de calor em Patos e valores inferiores a 1<sup>o</sup>C em Campina Grande.

Givoni (1989) afirma que há cinco fatores que contribuem para o desenvolvimento de ilhas de calor urbano: a diferença entre o balanço de radiação na área urbana e nos arredores descampados rurais; armazenamento de energia solar nas construções; geração de calor pelas atividades urbanas, baixa evaporação do solo e transpiração pela vegetação nas áreas urbanas edificadas, e fontes de calor sazonais.

Evans & de Schiller (1989), estudando o planejamento urbano e o clima em Buenos Aires – Argentina, concluíram que no verão a ilha de calor urbano produz desconforto generalizado, enquanto a insolação afeta em especial as crianças e pessoas idosas. Sendo assim, propõem hipóteses estratégicas para gerar melhores condições de ventilação.

Sham (1991) estudando a intensidade de ilhas frias de calor em parques da cidade de Kuala na Malásia, considerada de clima quente e úmido,

encontrou uma variação na temperatura de 4 a 5 °C, comparado com as vizinhanças.

Ao analisar os efeitos do uso do solo e do aquecimento antropogénico na temperatura do ar da área metropolitana de Tokyo, Kimura & Tahahashi (1991), adotaram um modelo numérico e classificaram a superfície em várias categorias: áreas construídas, áreas verdes, pavimentadas, de solo nu e superfície de água. Neste estudo, foi encontrada uma ilha de calor no centro de Tokyo, com intensidade de 3°C no período noturno e cerca de 1°C para o período diurno.

Jáuregui & Cruz (1992) estudando aspectos de desenvolvimento de ilha de calor no México, concluíram que existe variações intensas entre locais urbanos e áreas rurais. Contraste de 7,0 °C foi observado em março entre local urbano e rural. Num parque suburbano a temperatura foi 3,0°C mais fria do que na área urbana, durante a estação seca. A fraca ilha de frio (1,5°C) observada em Guadalajara está associada à existência do efeito de oásis.

Lee (1992), ao fazer uma análise das relações entre intensidade de ilha de calor e tamanho da cidade, tendo como parâmetro o número de habitantes, concluiu que além do tamanho da cidade, a ilha de calor urbana é função da estrutura física urbana e da densidade populacional, bem como das condições sinóticas locais.

Moreno - Garcia (1993), utilizando o método popular (transectos móveis) para registrar temperatura através de transectos instalados em carro numa área metropolitana em Barcelona, detectou uma ilha de calor urbana com intensidade de 8°C.

Barros & Camilloni (1994) encontraram uma correlação negativa para o período de 1929-1991 entre a média anual da diferença de temperatura entre áreas urbanas e rurais, com a temperatura da zona rural de Buenos Aires – Argentina. Isso justifica-se quando a temperatura da área rural é representativa de condições atmosféricas regionais, e existe relação entre intensidade de ilha de calor urbano próximo à superfície, com a taxa de variação vertical da temperatura e estabilidade atmosférica.

Brádzil (1994) afirma que devido ao crescimento da população a ilha de calor é intensamente marcada. Ao comparar áreas urbanas a áreas rurais, o autor encontrou tendências de aumento da temperatura do ar, estimadas entre 0,07 – 0,08 °C, por década.

Zamparoni (1995) afirma que estudos realizados em duas cidades de pequeno porte do norte do estado de Mato Grosso, mostraram ilhas de calor de até 5°C. Segundo esta autora a retirada da vegetação, a aceleração do processo de asfaltamento e a cimentação de ruas e avenidas parecem estar aquecendo as cidades. Esta autora ainda afirma que estudos realizados em cidades de pequeno porte, que apresentam acelerado desenvolvimento, têm a

vantagem de possibilitar uma ação de prevenção e de orientação de uso do solo mais adequado.

Camilloni & Barros (1996) comentam que o fenômeno ilha de calor urbano tem sido observado em muitas cidades, de regimes climáticos, topografia e diferentes densidades populacionais. No entanto, devido a complexidade em incluir todos os fatores que contribuem para afetar a ilha de calor urbano, a distribuição da população é o parâmetro mais freqüentemente utilizado para representar o nível de urbanização de uma cidade.

Zamparoni & Lombardo (1996) estudaram a temperatura do ar em duas pequenas cidades do Mato Grosso – Barra de Bugres e Tangará da Serra, com população de 22.229 e 30.840 habitantes, respectivamente. Os resultados obtidos mostraram ilha de calor durante a estação chuvosa de 2,0°C na primeira, e de 4,0°C na segunda. Na estação seca em Barra de Bugres, a ilha de calor foi de 3,6°C, enquanto em Tangará da Serra foi de 5,4°C.

Holmer & Eliasson (1996) observaram que a pressão de vapor d'água urbano em Goteberg, na costa oeste da Suécia (700 mil habitantes) em noites de inverno, sob condições anticiclônicas, aumenta de 1 a 2 hPa e um pouco menos, durante o período diurno. No verão, o aumento noturno era bem maior e existia um déficit de vapor durante o período diurno.

## 2.2 – CLIMA URBANO

Monteiro (1976), fazendo uma ampla explanação sobre teoria e metodologia do clima urbano, comparou varias abordagens e propôs uma teoria de clima urbano vinculada ao espaço geográfico. Nesta teoria o Sistema Climático Urbano (SCU) é formado por três subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico, conforme os canais de percepção humana de conforto térmico, qualidade de ar e meteoros de impacto, respectivamente.

Lombardo (1985), estudando o fenômeno ilha de calor na cidade de São Paulo, encontrou uma alta correlação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação das temperaturas superficiais. Esse estudo mostrou que as altas temperaturas foram observadas principalmente nos setores industriais e residenciais em áreas com crescimento vertical intenso, densidade demográfica acima de trezentos habitantes por hectare e pouca vegetação.

Ao fazer comparação entre a cidade e o campo Lombardo (1996) retratou os seguintes fatos: a cidade modifica o clima através de alterações na superfície; as grandes superfícies horizontais e verticais respondem diferentemente tanto à radiação solar como ao regime de ventos; a cidade também tem muitas fontes adicionais de calor, resultantes das atividades antropogênicas. Além disso, distintos materiais que compõem suas variadas superfícies, quase todos têm boa condutividade térmica e capacidade calorífica.

Ao analisar bairros como unidades de vida e de relações na análise da construção do ambiente urbano da cidade de São Paulo, Seabra (1991), ressaltou que é possível observar "ecossistemas" que se singularizam por ter temperaturas mais amenas, arborização, menos densidade de construções e de população, completamente opostos aos velhos bairros industriais e operários com alta densidade de construções, alta densidade de população e temperaturas mais elevadas devido à ausência de alamedas e áreas verdes.

Maitelli (1994), ao estudar o clima urbano da cidade de Cuiabá – MT, utilizando três abordagens: uma análise estatística de série temporal do período de 1920-1992; medidas horizontais de temperatura e umidade do ar em pontos fixos e transectos móveis e medidas verticais para determinar o balanço de energia, encontrou ilha de calor de 5°C na estação seca, e concluiu que a urbanização influenciou positivamente nas temperaturas mínimas médias.

Spronken-Smith (1994), investigando a contribuição relativa do resfriamento evaporativo, a geometria da superfície e as diferenças térmicas ocasionadas pelo resfriamento noturno em parques urbanos, concluiu que uma largura ideal para o parque ter o acúmulo máximo de resfriamento radiativo, seria de aproximadamente 7,5 vezes a altura da fronteira/margem do parque, porém parques maiores tem efeitos maiores, na medida em que aumenta a cobertura das árvores.



Maitelli & Zamparoni (1995) afirmam que o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e a sua urbanização. O sistema climático urbano (SCU) é o resultado das interações entre as atividades humanas urbanas e as características da atmosfera local, dentro de um contexto regional.

Heino (1996) afirma que a urbanização tende a diminuir a umidade do ar e a velocidade do vento. O efeito da urbanização na umidade relativa do ar pode ser explicado pela presença de superfícies secas, menos evaporação e drenagem rápida das águas precipitadas. Tendência decrescente da velocidade do vento é uma consequência da fricção causada pelas construções mais altas de muitas cidades em crescimento.

Endlicher & Schultz (1996) observaram que o clima subtropical do Noroeste da Argentina é caracterizado por calor e condições muito úmidas no verão e, frio e seco durante o inverno, com condições fracas de dispersão. Isto se deve a poeira espalhada pelo vento oriunda de pistas não pavimentadas nas áreas residenciais e de solos erosivos.

Mendonça (1996) afirma que a variação hipsométrica da área urbana de Londrina revelou-se como um importante fator a influenciar o clima da cidade, pois observou-se que as localidades genericamente mais aquecidas são aquelas localizadas na porção mais elevada do relevo local. A dinâmica dos ventos de superfície revelou importante participação no clima urbano, ora

dissipando ora intensificando a formação de ilhas de calor ou de frio urbanas. O autor conclui que toda cidade de médio ou pequeno porte situada em regiões de forte atividade agrícola e destituídas de espaços verdes, possuem forte determinação de seu clima urbano no seu entorno rural.

Spronken-Smith (1996) afirmam que durante o dia, as árvores são importantes para o resfriamento ao nível do solo, principalmente através da sombra. Resfriamento devido a evaporação é apropriado para ter um impacto negligenciado na temperatura do ar, ao nível da superfície, quando o ar frio é rapidamente misturado na camada limite urbana. Durante a noite, pelo contrário, o resfriamento é reduzido embaixo das árvores porque estas impedem a liberação da radiação para o espaço. Na proporção que o tamanho do parque aumenta, um volume maior de ar é resfriado, aumentando o potencial de advecção de ar frio além das fronteiras dos parques.

### **2.2.1 – TRANFERÊNCIA DE CALOR**

Hage (1975), analisando os efeitos do crescimento urbano no comportamento da umidade do ar em Edmonton e comparando-os a dados de duas estações climatológicas situadas em área rural e área urbana, concluiu que a cidade era mais seca em todos os horários quanto às taxas de umidade relativa e mais úmida à noite, quanto ao teor de umidade absoluta.

Bowen (1926) foi o primeiro a desenvolver estudos do balanço de energia sobre uma superfície natural, determinando a razão entre os fluxos de calor sensível e de calor latente numa superfície de água, em função da pressão de vapor e da temperatura observada sobre a superfície, por ocasião do processo de evaporação. Essa relação foi denominada de Razão de Bowen.

Com o surgimento do saldorradiômetro, inicialmente utilizado por Gier & Dunkle (1951) e dos medidores de fluxo de calor no solo, por Deacon (1950), o método do balanço de energia tomou grande impulso, tendo em vista que esses equipamentos foram sendo aperfeiçoados e fabricados em escala comercial.

Chandler (1962) acredita que a capacidade de armazenar calor de uma cidade é o fator mais importante, isto é máximo no verão e no início do outono. Por outro lado, o automóvel é uma importante fonte de calor artificial no centro das cidades. Este autor sugere que a cidade é uma coleção de microclimas.

Munn (1966) afirma que construções de concreto e superfícies de asfalto têm relativamente alta capacidade de absorver calor e alta condutividade. O armazenamento diário de calor em áreas de concreto e asfalto é maior do que em campo coberto de grama. Outro fator que contribui para o aumento de calor nas cidades são as muitas janelas de vidro das modernas construções. À noite, o

calor armazenado durante o dia é liberado das construções e pavimentos, resultando em maiores temperaturas do ar na cidade, do que no campo.

Cleugh & Oke (1986), ao compararem o balanço de energia de uma área rural ao de uma área suburbana em Vancouver, utilizando medidas diretas de radiação líquida e de fluxos de calor sensível e latente e de calor armazenado à superfície, encontraram valores da razão de Bowen de 0,46 para a área rural e de 1,28 para a área suburbana.

Grimmond et al. (1991) desenvolveram um modelo para estimar o armazenamento de calor no sistema urbano de Vancouver. Para isso, o espaço urbano foi dividido em duas partes: áreas verdes abertas e áreas construídas, incluindo construções verticais e horizontais, pavimentação de asfalto e cimento. Deste modo, estabeleceram relações entre a temperatura destas superfícies e a radiação líquida e obtiveram parâmetros para estimar o calor armazenado. Estes autores comparando os resultados obtidos com aqueles observados por OKE (1981) para Vancouver, concluíram existir uma boa correlação, contudo sugerem ser necessários estudos para outras áreas urbanas com características e localizações geográficas diferentes.

Grimmond (1992), estudando o balanço de energia na cidade de Vancouver, Bristh Columbia, observou que durante o inverno e primavera, o balanço de energia urbano se diferenciava do verão.

Oke et al. (1992), ao investigarem o balanço de energia na cidade do México, observaram que o fluxo de calor sensível na maioria das vezes foi mais elevado do que o fluxo de calor latente. Stulpnagel et al., (1990) afirmam que as plantas exercem uma influência positiva no clima da cidade, principalmente no que se refere à temperatura e a umidade. Lombardo (1985 e 1990), **apud** Maitelli (1995), avaliando as relações entre clima e vegetação nas cidades tropicais, concluíram que a vegetação das áreas urbanas, quando utilizada de forma adequada, pode minimizar efeitos indesejáveis de temperatura, vento e precipitação.

Padmanabhamurty and Bandopadhyay (1993) concluíram que no verão a incidência de radiação de ondas curtas é alta em áreas rurais, florestais e áreas comerciais novas moderada em áreas residências e florestais urbanas, e baixa em áreas industriais e áreas comerciais velhas. A diferença entre áreas comerciais novas e velhas é atribuída à grande reflexão múltipla e à retenção de radiação de ondas curtas por janelas de vidro e materiais de construções.

Mendonça (1995) comenta que a temperatura é amenizada em lugares mais abertos com presença de vegetação; além disso, a topografia local desempenha papel fundamental na distribuição da energia calorífica. O autor observou que devido à partição do fluxo radiativo incidente em superfícies inclinadas, o sombreamento de edifícios e árvores é muito mais expressivo em áreas planas do que naquelas inclinadas.

Segundo Anadakumar (1996) as superfícies artificiais como asfalto e concreto exibem diferentes características do balanço de energia comparadas à maioria das superfícies naturais. Estas superfícies artificiais devido a propriedades térmicas peculiares absorvem grande quantidade de energia durante o dia, e emitem para a atmosfera durante à noite. Informações sobre partição de energia de tais superfícies são necessárias para entender o fenômeno da ilha de calor, que é um problema ambiental sério em cidades ou em áreas industriais. O autor, ao avaliar a partição da energia disponível numa superfície de asfalto seca, observou que ao longo do ano o fluxo de calor no solo foi maior do que o fluxo de calor sensível.

Jauregui et al. (1996) afirmam que os efeitos observados no clima, estão associados principalmente às diferenças energéticas entre áreas urbanas e rurais. Estes autores ao analisar o balanço de energia em áreas urbana e rural, na cidade do México durante a estação úmida (maio a outubro), concluíram que a energia disponível foi maior na área rural do que na área urbana, e afirmaram que isso é reflexo, principalmente, da absorção de parte da radiação incidente, pela poluição atmosférica.

Tsutsumi (1996), usando o método da correlação de Eddy para estimar o fluxo de calor sensível, observou que o fluxo de calor sensível sobre solo descoberto a 100cm foi maior do que a 50cm, e que sobre solo descoberto o fluxo de calor sensível é maior do que sobre solo gramado.

## 2.3 – POLUIÇÃO DO AR

Landsberg (1981) afirma que existe uma probabilidade crescente de precipitação nas cidades em que há uma consequência natural do aumento da poluição térmica, da poluição atmosférica, da turbulência e da convecção térmica.

Oke (1987) e Arya (1988) afirmam que no processo de urbanização, a poluição do ar afeta a transferência de radiação, aumentando o número de núcleos de condensação no ar, e assim propicia aumento da precipitação. A densidade e a geometria dos prédios criam uma superfície rugosa que influenciam a circulação do ar e o transporte de calor e de vapor d'água. Os materiais de construção e o asfaltamento das ruas aumentam o armazenamento de calor, e a impermeabilização do solo aumenta a possibilidade de enchentes. Estes fatores, associados a outros, alteram o balanço de energia e favorecem a formação de ilhas de calor urbano.

Quigao (1996) considera que a qualidade do ar e o clima de um edifício podem ser melhorados. Dependendo do estilo de prédio, o ar que escoar pelas dependências pode ser fresco e seco, visto que a estrutura pode permitir uma renovação contínua do ar, tornando o clima mais confortável, aquecido no período de inverno e fresco no verão.

Shultz (1994) afirma que o problema da qualidade do ar é agravado devido a crescente concentração de carbono negro, originado pelo tráfico de

automóveis. Em pistas altamente movimentadas na Alemanha, as concentrações de carbono excedem consideravelmente os níveis típicos. O nível de nitrogênio reflete a contribuição da poluição automotiva. No início do verão, as concentrações de partículas são reduzidas drasticamente.

Van Den Hout et al. (1988) e Theurer (1993) observaram que emissões de poluentes por indústrias e automóveis, reduzem a qualidade do ar em áreas urbanas e mostram a importância de diferentes arranjos de construção nas concentrações locais de poluição. As emissões dependem do número de automóveis, velocidade dos carros e das construções.

Kuttler & Schwegler (1996) estudando a concentração de poluentes do ar em determinadas áreas e ruas, da cidade de Essen na Alemanha, verificaram que as áreas urbanas expostas a tráfego pesado têm uma concentração mais baixa de poluentes primários, e são menos poluídos do que as ruas, quando os prédios ao redor são homogêneos. Foi visto também, que a diminuição do NO durante a tarde é responsável pela baixa redução do nível de ozônio nas áreas urbanas, enquanto à noite, o acúmulo de poluentes primários no ar pode ser causado pela diminuição da velocidade do vento.

Romero et al. (1996) analisando configurações do fluxo de vento associados a variações climatológicas, poluentes atmosféricos, orografia e tráfego urbano em Santiago do Chile, concluíram que o fluxo de vento e transporte de poluentes nas diferentes partes da cidade, devem ser estimados cuidadosamente



para implementar um novo planejamento urbano, projetos e regularizações de uso da terra. Estes autores afirmam que é importante dar suporte climatológico à localização das fontes de poluição e áreas saturadas, alocações de uso da terra, projetos de construções, largura e direção das ruas, planejamento do desmatamento de áreas, incorporação de cinturões verdes, dentre outras medidas, deveriam ser tomadas para reverter a pobre condição de ar nas cidades chilenas mais importantes.

## **2.4 – CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA**

Whiten (1956), Gold (1956), Oke (1989) defendem a hipótese de que grandes parques induzem um sistema de circulação térmica centrípeta, isto é, que existe uma brisa dirigida para fora do parque durante tempos claros e calmos. A brisa pode ter grande importância para a qualidade do ar nas cidades e é, portanto, de interesse para o planejamento urbano.

Kratzer (1956) afirma que devido ao efeito local dos terrenos, o modelo de circulação nunca é tão simples e que circulação de vale pode ser induzida nas ruas da cidade. Já Davenporti (1963) acredita que as estruturas das cidades têm sido superestimadas para cargas de ventos porque muitos dados climáticos provêm de aeroportos.

Para Pielke (1984) as circulações urbanas e rurais são similares às brisas marítima e terrestre e à ventos de montanhas e de vales, só que o aquecimento e resfriamento é diferenciável entre as áreas urbanas e rurais.

Hunter et al. (1991) sugerem que o comportamento das características chaves do fluxo de vento dentro de um canyon urbano pode ser determinado pela geometria relativa do canyon, em particular pela razão entre altura e largura do canyon, e para uma menor extensão pela razão comprimento altura.

Cleugh et al. (1995) e Johnson et al. (1995) afirmam que fluxo dentro de um canyon é mais complexo do que afirma (Hunter et al., 1990), e que o efeito de canalização do canyon deve ser incluído na descrição do fluxo através de modelos numéricos que contemplem uma visão tri-dimensional completa dos sistemas de fluxos típicos.

Haberfeld et al. (1996) afirmam que áreas urbanas costeiras, devido ao desenvolvimento de ilha de calor, afetam o padrão do fluxo de ar em mesoescala e especificamente a propagação de brisa . A brisa influencia o transporte diurno de calor sensível e latente, bem como de poluentes. Por outro lado, a distribuição e as características geométricas das construções afetam não apenas o padrão geral do fluxo de ar, mas também determina a extensão da ventilação que pode ser alcançada em uma área urbana.

Ernest (1996) ao estudar a circulação urbana de Friburgo, situado na margem oeste da Floresta Negra, verificou que o vento noturno da montanha influencia a estrutura vertical do vento e a temperatura sobre diferentes condições climáticas. Os resultados obtidos demonstraram que os perfis de vento da montanha são dependentes da cobertura de nuvens, bem como da força e direção do vento. Antes de penetrar numa área urbana em noites sem nuvens, o vento da montanha tem baixa inversão de movimento próximo a superfície e uma corrente principal com movimento mais rápido. Condições inversas reduzem a altura e a força do vento de montanhas.

Johnson & Hunter (1996), estudando os fluxos de ar típicos em canyons urbanos, não observaram a ocorrência de vorticidade, embora a geometria relativa do canyon sugerisse sua existência, porém dados observados indicaram um forte fluxo de ar ao longo do canyon, o qual poderia encobrir o vórtice. Esta hipótese é suportada pelos resultados de modelagem numérica.

Kiyota & Narita (1996), analisando as características do fluxo de ar em três dimensões em um canyon leste – oeste, com largura de 40,5 m, na cidade de Hiroshima no Japão, concluíram que a forte circulação observada é derivada de brisa marítima, na direção sul durante o dia, com uma circulação contrária aparente logo cedo.

Estudando os efeitos das diferentes condições da camada limite na concentração de poluentes acima da cidade industrial de Linz (213.000 habitantes), Radlgruber & Prabha (1996) observaram estreita relação dos fortes efeitos gerados pela cidade e pela topografia na estrutura vertical da camada limite. Sob condições de céu claro e favorável escoamento de mesoescala, foram observadas situações de forte velocidade vertical gerada diretamente acima dos edifícios na presença de forte inversão.

Sang (1996), ao analisar o fluxo de ar e a estrutura de temperatura no inverno, observou que em noites de ventos fracos a força do gradiente de pressão em direção ao centro da cidade induz convergência na camada limite. Como o vento é suave pela manhã, a radiação solar é enfraquecida pela alta concentração de fumaça. Sendo assim, a cidade se torna uma ilha de calor fria, o que retarda o desenvolvimento da camada de limite convectiva, causando estagnação dos poluentes. Quando o vento é forte, a frequência de inversão noturna é baixa, especialmente no centro, ocorrendo efeito de fricção urbana convergente na parte superior da cidade, e divergência na parte inferior.

### **3. – MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 – Localização do Experimento**

A presente pesquisa foi desenvolvida nas cidades de Campina Grande( 7° 12' S; 35° 52' W; 408m) e Patos( 7° 01' S; 37° 17' W ; 250 m), no estado da Paraíba, no período de inverno (3 a 7 de julho/97) e (8 a 12 de agosto/97), e no período de verão (6 a 10 de dezembro/97) e (18 a 22 de dezembro/97) – ver mapa 1 e mapa 2.

#### **3.2 – Características climáticas**

O clima de Campina Grande é do tipo Aw'i, segundo a classificação climática de Köppen, considerado como tropical úmido, período chuvoso de março a julho, com um total anual médio de precipitação de 765 mm, e estação

seca ocorrendo do inverno para o outono, com temperatura média anual de 22,7°C variando pouco ao longo do ano.

O clima de Patos é do tipo Bsw<sup>h</sup>, segundo a classificação climática de Koppen, considerado como um clima seco do tipo estepe, estação seca coincide com o inverno, e estação chuvosa no período de janeiro a abril, apresentando temperatura média anual de 27,2°C e muito quente durante todo o ano.

Nas tabelas 1 e 2 do Apêndice, são apresentados os valores médios mensais de precipitação, temperatura do ar mínima, média e máxima, bem como de umidade do ar, das duas cidades.

### **3.3 – Instrumental utilizado**

Os parâmetros ambientais acima da superfície foram monitorados por sensores instalados em três torres montadas nas áreas de asfalto, de calçamento e de praça, respectivamente. Os sensores utilizados foram os seguintes:

a) 2 psicrômetros de ventilação natural a base de sensores termopares de cobre-constantan, instalados a 1 e 2 metros acima da superfície, para medir as temperaturas seca e úmida (precisão de 0,1°);

b) 1 piranômetro da Eppley tipo Estrela, situado a 2,5 metros acima da superfície, para medir a radiação solar global incidente (sensibilidade de  $11\mu\text{V/Wm}^{-2}$ );

c) 1 piranômetro Eppley-PSP sensível a variações de  $9\mu\text{V/Wm}^{-2}$ , para medir a radiação solar refletida pela superfície, instalado na posição invertida a 2 metros de altura da superfície.

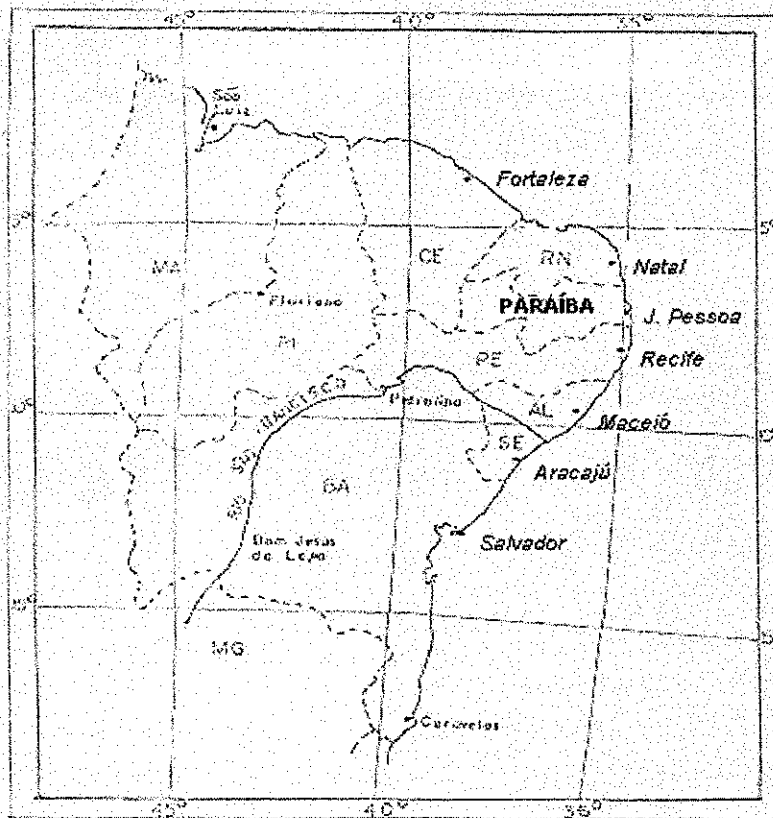
d) 1 saldo-radiômetro da Micromet Instruments com sensibilidade de  $5\mu\text{V/Wm}^{-2}$ , para medir o saldo de radiação à superfície, instalado à 1,7 metros acima da superfície.

e) 1 fluxímetro da Micromet Instruments com sensibilidade de  $11,5\mu\text{V/Wm}^{-2}$  para medir o fluxo de calor no solo, a uma profundidade de 1 cm do solo; no asfalto, a superfície foi quebrada, no calçamento instalou-se em fendas entre os paralelepípedos, sendo na praça depositado sobre o solo.

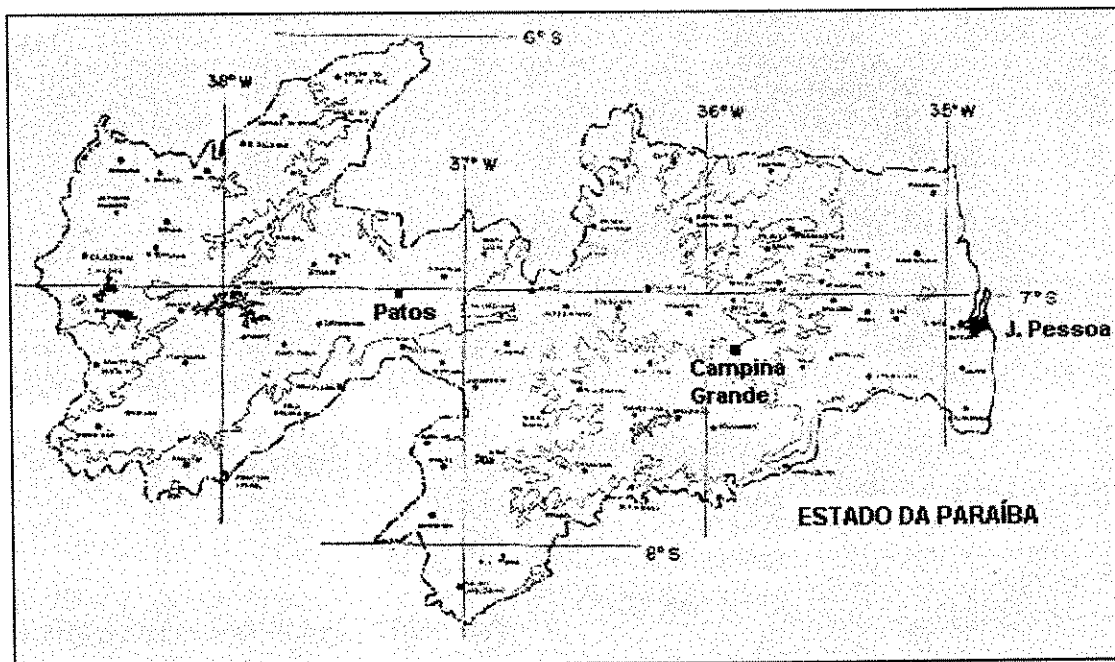
f) 2 anemômetros Young modelo 03002 da M.R.Y., sensível a variações de 0,2 m/s para medir a velocidade do vento, a 1 e 2 metros de altura da superfície.

h) Sensor de Temperatura (Termopar) para medir a temperatura da superfície à 1 centímetro de profundidade do solo; no asfalto quebrou-se a superfície, no calçamento foi colocado entre os paralelepípedos e na praça foi depositado sobre o solo.

Foram efetuadas, ainda, medidas de temperatura com transectos móveis próximos de paredes de cores variadas na cidade de Patos durante o período de verão.



MAPA 3.1 – LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DA PARAÍBA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL



MAPA 3.2 – LOCALIZAÇÃO DE CAMPINA GRANDE E PATOS NO ESTADO DA PARAÍBA



Durante o período de observações também foram obtidos nas estações meteorológicas de Campina Grande e de Patos, os registros de temperatura e umidade do ar, precipitação, velocidade e direção do vento, bem como da pressão atmosférica.

### **3.4 – Sistemática de Observações**

Foram efetuadas observações simultâneas em ruas asfaltadas, calçadas e praças bem como na estação meteorológica, representando uma situação natural. As campanhas experimentais de coleta de dados compreenderam observações contínuas durante 5 dias nos meses de períodos de inverno e verão como foi mencionado anteriormente.

Para coleta dos dados, foram montadas estações micrometeorológicas nas áreas de asfalto, de calçamento e praça, nas quais foram instalados sensores para medir: radiação solar global incidente e refletida, saldo de radiação, fluxo de calor no solo, temperaturas do ar e da superfície, velocidade e direção do vento. Todos os sensores foram acoplados a um sistema automático de aquisição de dados (Micrologger 21X), que possibilitou a obtenção dos valores médios dos parâmetros observados a cada 5 minutos, 24 horas por dia.

Para ambas as cidades, os valores obtidos de cada parâmetro nos diferentes locais de observação, foram comparados entre si e com aqueles que representam uma situação de condição natural, observados na estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia.

Nas figuras a seguir, estão ilustradas as estações micrometeorológicas nas cidades de Campina Grande e de Patos.

## CAMPINA GRANDE

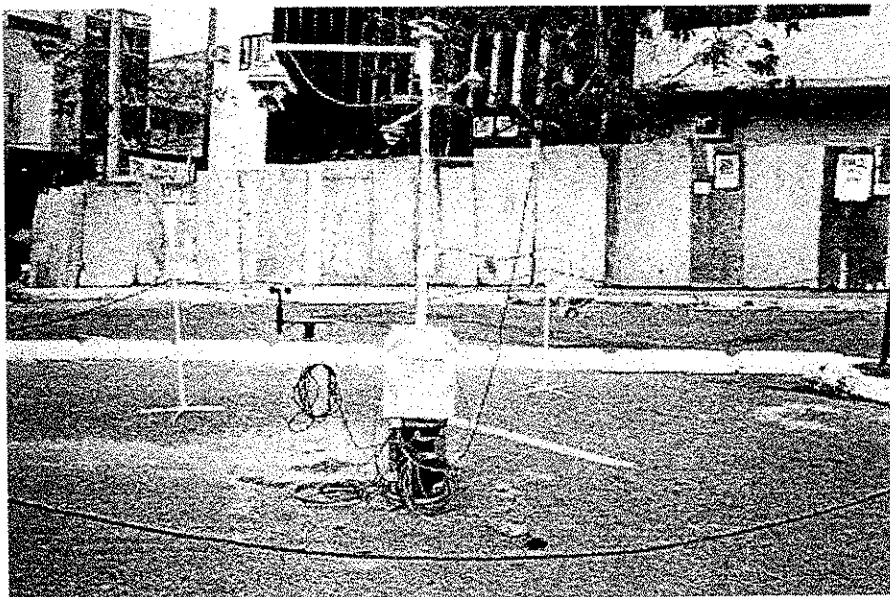


Figura 3.1 – Área de asfalto – Inverno



Figura 3.2 – Área de asfalto – Verão

## CAMPINA GRANDE

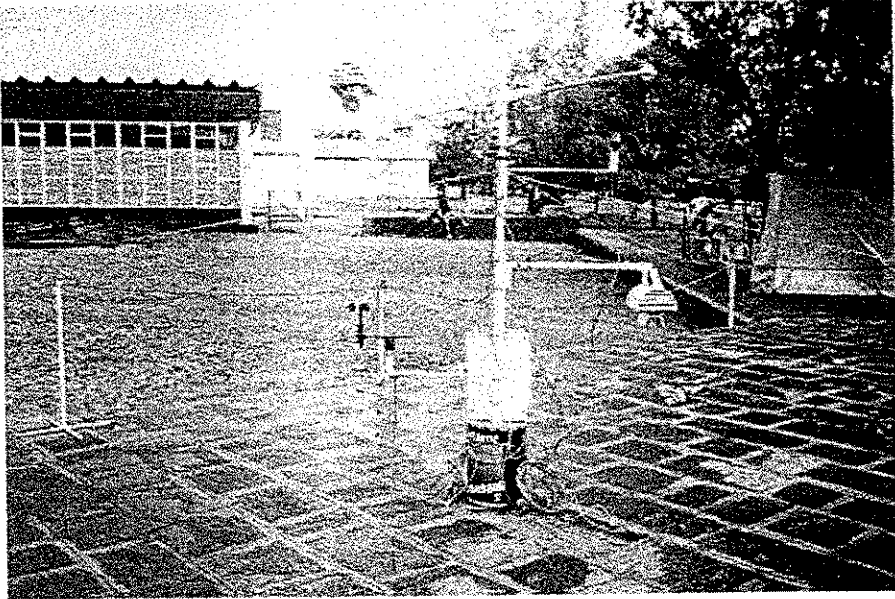


Figura 3.3 – Área de calçamento – Inverno

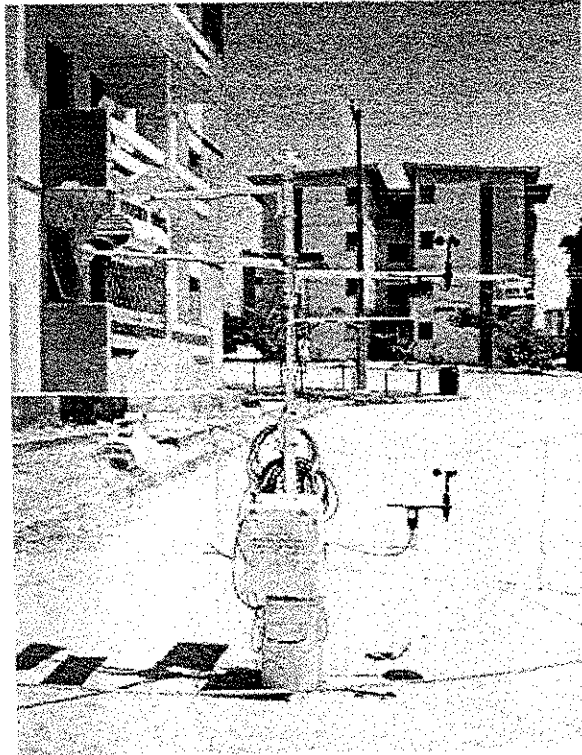


Figura 3.4 – Área de calçamento – Verão

## CAMPINA GRANDE

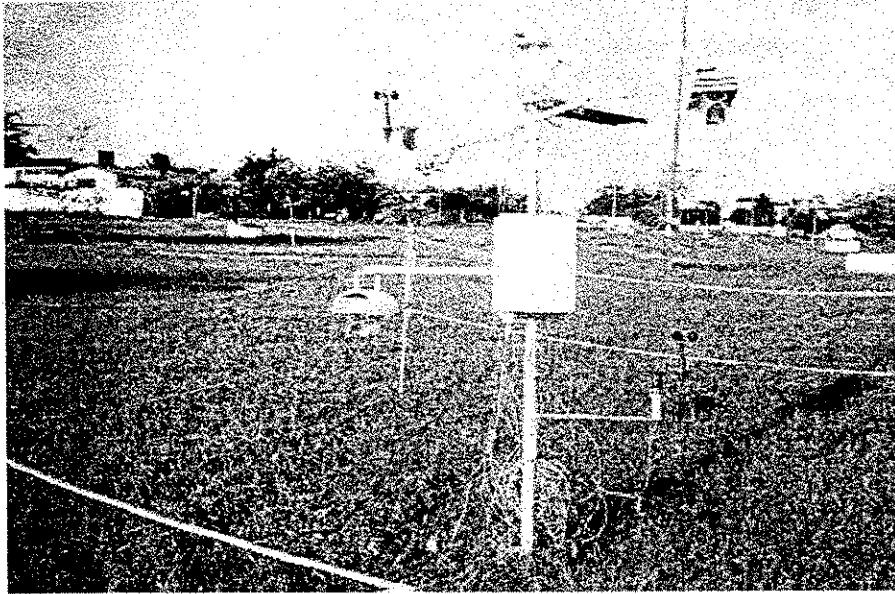


Figura 3.5 – Área de praça – Inverno



Figura 3.6 – Área de praça – Verão

## PATOS

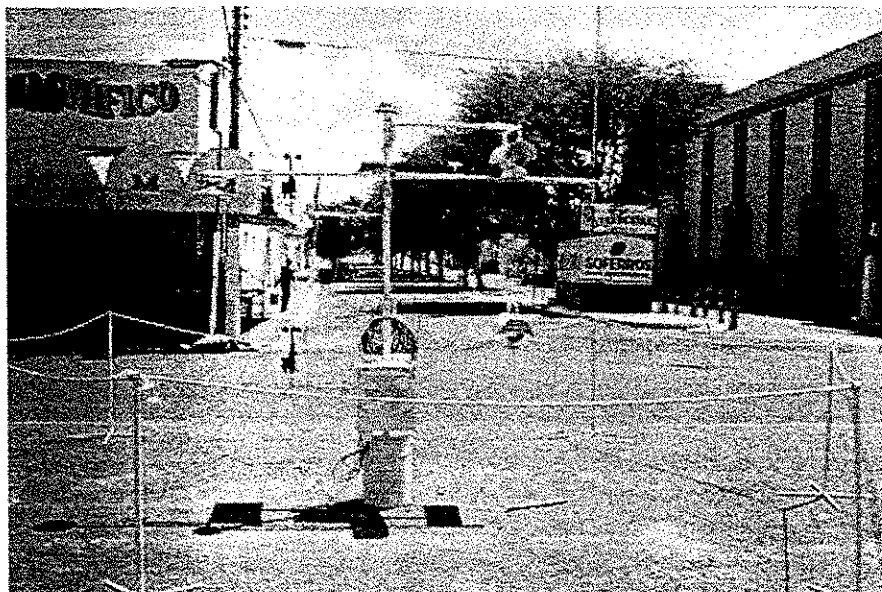


Figura 3.7 – Área de asfalto

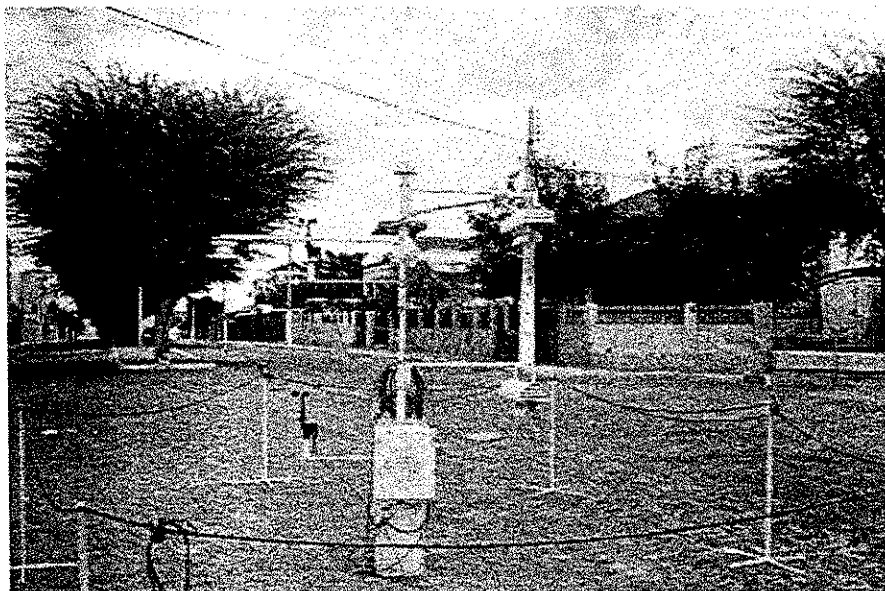


Figura 3.8 – Área de calçamento

## PATOS

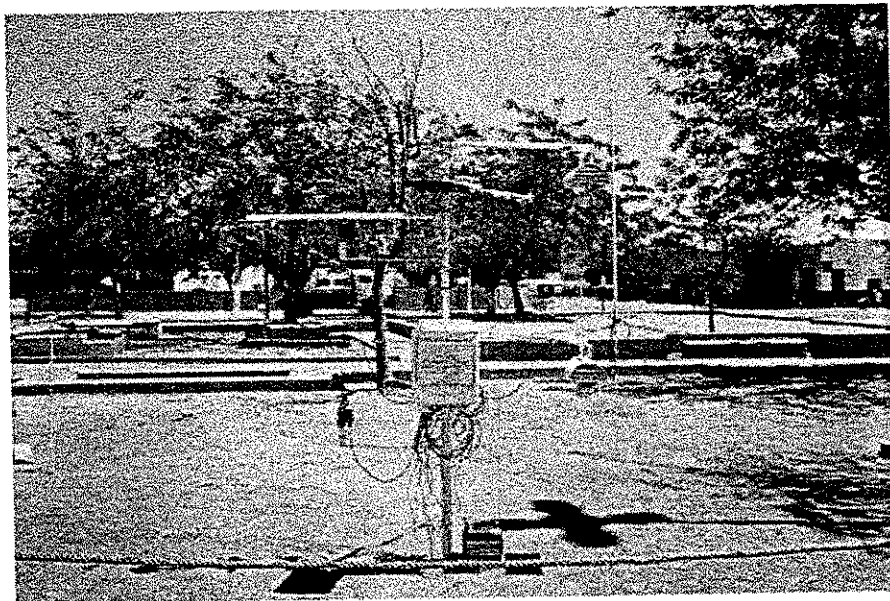


Figura 3.9 – Área de praça

## 3.5 – MÉTODOS

### 3.5.1 - BALANÇO DE RADIAÇÃO

Para se estudar o balanço de radiação sobre uma superfície de asfalto, de calçamento e de praças, é necessário caracterizar os fluxos de energia que incidem e refletem nessas superfícies. Desse modo, num instante qualquer, o fluxo líquido de energia radiante numa superfície é a soma algébrica dos fluxos incidentes e emitidos pela superfície considerada, em todos os comprimentos de onda, isto é:

$$R_n = R_s\downarrow - R_s\uparrow + R_L\downarrow - R_L\uparrow \quad (3.1)$$

onde:  $R_n$  é o saldo de radiação;  $R_s\downarrow$  é a radiação de ondas curtas incidente;  $R_s\uparrow$  é a radiação de ondas curtas refletida pela superfície;  $R_L\downarrow$  é a radiação de ondas longas emitida pela atmosfera em direção à superfície e  $R_L\uparrow$  é a radiação de ondas longas emitida pela superfície.

Toda superfície emite radiação proporcionalmente à quarta potência de sua temperatura absoluta. A quantidade de energia emitida é proporcional à área da superfície e ao intervalo de tempo considerado.

Quando à radiação incide numa superfície, podem ocorrer absorção, transmissão e reflexão da radiação. A soma dessas três quantidades será sempre igual ao total de energia incidente, de tal forma que as respectivas frações são representadas por  $a$ ,  $r$  e  $t$ , na forma:

$$a+r+t=1, \quad (3.2)$$

onde: **a** é o coeficiente de absorção,

**r** é o coeficiente de reflexão ou albedo,

**t** é o coeficiente de transmissão.

Campbell (1977) afirma que se uma superfície absorver toda a radiação incidente, ou seja,  $a=1$ , então tal superfície não seria percebida por nossa visão ( $r=0$ ); nesse caso, a superfície considerada é chamada de "corpo negro".

A lei que governa a emissão de radiação de um corpo negro foi descoberta empiricamente por Stefan-Boltzmann, e estabelece que a quantidade de radiação emitida por um corpo qualquer, por unidade de área e tempo, é dado por:

$$R_L = \varepsilon \sigma T^4, \quad (3.3)$$

onde:  $R_L$  é a densidade do fluxo de radiação ( $W/m^2$ );

$T$  é a temperatura absoluta do corpo (K);

$\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} Wm^{-2} K^{-4}$ );

$\varepsilon$  é a emissividade da superfície (de 0 a 1).

Através de Oke (1987) temos as variações do albedo e da emissividade abaixo para os materiais das áreas estudadas:



| Superfície         | Albedo    | Emissividade |
|--------------------|-----------|--------------|
| Ruas com asfalto   | 0,05-0,20 | 0,95         |
| Calçamento(pedras) | 0,20-0,35 | 0,85-0,95    |
| Solo escuro, úmido | 0,05      | 0,98         |
| Solo claro, seco   | 0,40      | 0,90         |
| Gramma baixa       | 0,26      | 0,95         |

Com base no exposto acima, conhecendo-se a temperatura da superfície ( $T_s$ ) e o albedo ( $r$ ) desta superfície, a equação (3.1), pode ser reescrita na forma:

$$R_n = (1-r)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - \epsilon\sigma T_s^4, \quad (3.4)$$

onde:  $R_n$  é a radiação líquida;

$r$  é o albedo da superfície;

$R_{s\downarrow}$  é a radiação de ondas curtas incidente;

$R_{L\downarrow}$  é a radiação térmica da atmosfera;

$R_{L\uparrow} = \sigma T_s^4$  é a radiação emitida pela superfície.

O processo de urbanização altera o balanço de radiação à superfície, isto é, a substituição das condições naturais por materiais urbanos, provoca mudanças nos processos de absorção, transmissão e reflexão, bem como nas características da atmosfera local.

### 3.5.2 – Albedo

Tomando a radiação solar refletida pela superfície e a radiação de ondas curtas incidente, foi determinado o albedo para as três situações, usando a seguinte equação:

$$r = \frac{R_s \uparrow}{R_s \downarrow} \quad (3.5)$$

Esta razão entre a radiação solar refletida ( $R_s \uparrow$ ) e a radiação solar incidente ( $R_s \downarrow$ ) foi obtida tomando-se como base, tanto valores médios horários, como totais diários.

### 3.5.3 – Radiação de Ondas Longas

A radiação emitida pela superfície foi determinada pela Lei de Stefan-Boltzmann

$$R_L \uparrow = \epsilon \sigma T_s^4 \quad (3.6)$$

Como os demais termos do balanço de radiação foram medidos e  $R_L \uparrow$  calculado, a radiação de ondas longas da atmosfera ( $R_L \downarrow$ ), foi obtida por diferença usando-se a equação (3.1).

### 3.5.4 – Umidade do Ar (%)

Para calcular a umidade relativa do ar, efetuou-se a razão entre pressão parcial e a pressão de saturação do vapor d'água, ou seja:

$$UR(\%) = \frac{e(t_a)}{e_s(t_a)} \times 100\% \quad (3.7)$$

Onde  $t_a$  representa a temperatura do ar (°C) em 1,5m, e também foram usadas seguintes expressões para calcular  $e(t_a)$ ,  $e_s(t_w)$  e  $e_s(t_a)$ :

$$e_a(t_a) = e_s(t_w) - 0.00066 \times (1 + 0.00115 t_w) (t_a - t_w) P \quad (\text{mb}) \quad (3.8)$$

sendo  $T_w$  a temperatura do bulbo molhado (°C),  $P$  a pressão atmosférica (mb).

A estimativa da pressão de saturação do vapor d'água,  $e_s$ , foi obtida em função das temperaturas do ar seco ou úmido, segundo a expressão de Tetens (1930):

$$e_s(t_w) = 6.1078 \text{EXP} \left( \frac{17,269 t_w}{237,3 + t_w} \right) \quad (3.9)$$

$$e_s(t_a) = 6,1078 \text{EXP} \left( \frac{17,269 t_a}{237,3 + t_a} \right) \quad (3.1)$$

### **3.5.5 – Comparação dos microclimas**

Visando avaliar as variações entre os diferentes microclimas urbanos estudados nas duas cidades, foram comparados entre si os valores de cada parâmetro obtido nos três locais de observação (asfalto, calçamento e praça), bem como a temperatura instantânea destas áreas com a estação meteorológica.

## **4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 - TEMPERATURA DO AR**

Para ilustrar o comportamento diário da temperatura do ar ( $T_a$ ) a 1,5m acima das superfícies de asfalto, calçamento e praça, nos períodos de inverno e verão, são apresentadas as figuras e tabelas a seguir.

#### **4.1.1 – TEMPERATURA DO AR EM CAMPINA GRANDE**

Analisando o comportamento diário da temperatura do ar sobre uma rua asfaltada no período representativo de inverno (3/7/97) em Campina Grande (Figura 4.1), verifica-se que a temperatura máxima, ocorreu em dois dias às 13 horas, em outros dois dias às 14 horas e em um dia às 15 horas. Durante o inverno a menor temperatura foi de 18,2°C no dia 6 de julho, a máxima foi de 28,8°C no dia 7 de julho às 14 horas, enquanto a temperatura média foi de

21,8°C, tendo sido registrado no dia 7 de julho, a maior amplitude térmica foi de 10,1°C.

Durante o período de verão, como pode ser verificado na Figura 4.2, a temperatura mínima média, ocorreu às 5 horas e, a exemplo do que aconteceu no período de inverno, independentemente das condições de chuva. Entretanto, a temperatura máxima média, em dias de incidência normal de radiação e de pouca nebulosidade, como pode ser observado nas curvas de temperatura média horária relativas aos dias 9 e 10/12/97, ocorreu às 15 horas. No período de verão, a temperatura máxima média alcançou 34,1°C, enquanto a temperatura mínima média horária chegou a 21,1°C e a temperatura média para o período de observação foi de 26,1°C.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno 5,3°C, a mínima 2,9°C e média do período 4,3°C. Os valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas para os dois períodos, são apresentados nas Tabelas (4.1) e (4.2).

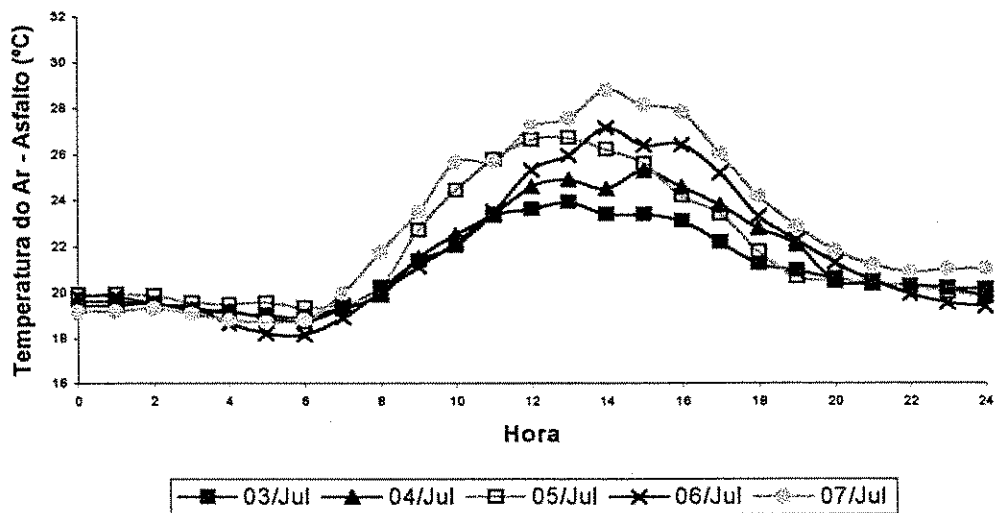


FIGURA 4.1 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de inverno na cidade de Campina Grande.

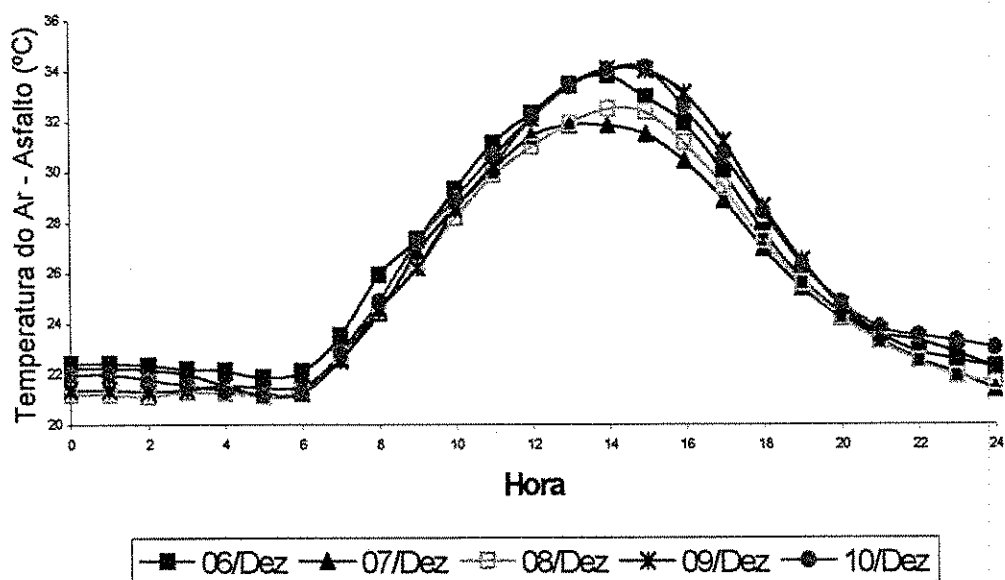


FIGURA 4.2 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de verão na cidade de Campina Grande.

TABELA 4.1 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b> |                         |                         |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ASFALTO</b>                  | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 3/7/97                          | 25,4                    | 18,8                    |
| 4/7/97                          | 25,4                    | 19,8                    |
| 5/7/97                          | 28,0                    | 19,2                    |
| 6/7/97                          | 28,1                    | 18,0                    |
| 7/7/97                          | 29,7                    | 18,5                    |

TABELA 4.2 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b> |                         |                         |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ASFALTO</b>                | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 6/12/97                       | 34,5                    | 21,8                    |
| 7/12/97                       | 32,7                    | 21,0                    |
| 8/12/97                       | 33,7                    | 21,1                    |
| 9/12/97                       | 34,9                    | 21,3                    |
| 10/12/97                      | 34,9                    | 21,1                    |



Analisando o comportamento diário da temperatura do ar sobre uma área calçada (revestimento de paralelepípedo) no período de inverno (03 a 07 de julho de 1997) em Campina Grande (Figura 4.3), verifica-se que a temperatura média mínima ocorreu todos os dias às 6 horas, enquanto que a temperatura média máxima ocorreu em quatro dias às 14 horas e em um dia às 13 horas. Durante as observações de inverno a menor temperatura foi de 18,2°C no dia 5 de julho, enquanto a máxima foi de 27,3°C no dia 7 de julho. Durante o período de observações do inverno a temperatura média foi de 21,4°C, tendo sido registrado no dia 7 de julho e uma amplitude térmica de 8,9°C.

Durante o período de verão (6 a 10 de dezembro de 1997), como pode ser verificado na Figura (4.4), a temperatura mínima média ocorreu às 5 horas todos os dias, enquanto que a temperatura média máxima ocorreu em um dia às 14 horas, em outro dia às 13 horas e em outro 3 dias às 15 horas. No período de verão a temperatura máxima média foi de 34,9°C, a temperatura mínima média foi de 21,0°C, enquanto a temperatura média para o período de observação foi de 26,1°C. Foi registrado no dia 10 de dezembro uma amplitude térmica de 13,7°C.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno 7,6°C, a mínima 2,8°C e a média do período 4,7°C.

Os valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas para os dois períodos, são apresentados nas Tabelas (4.3) e (4.4).

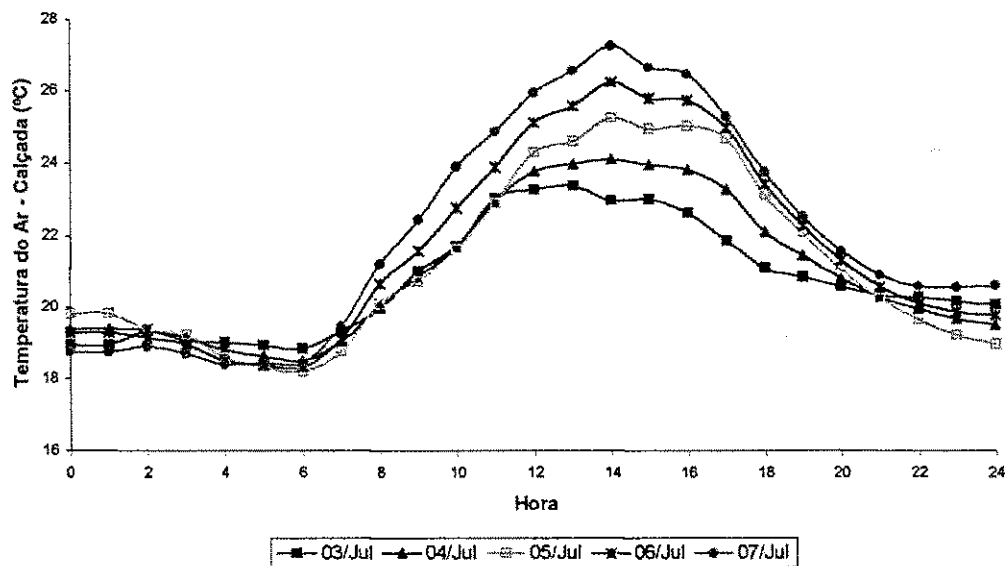


FIGURA 4.3 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de inverno na cidade de Campina Grande.

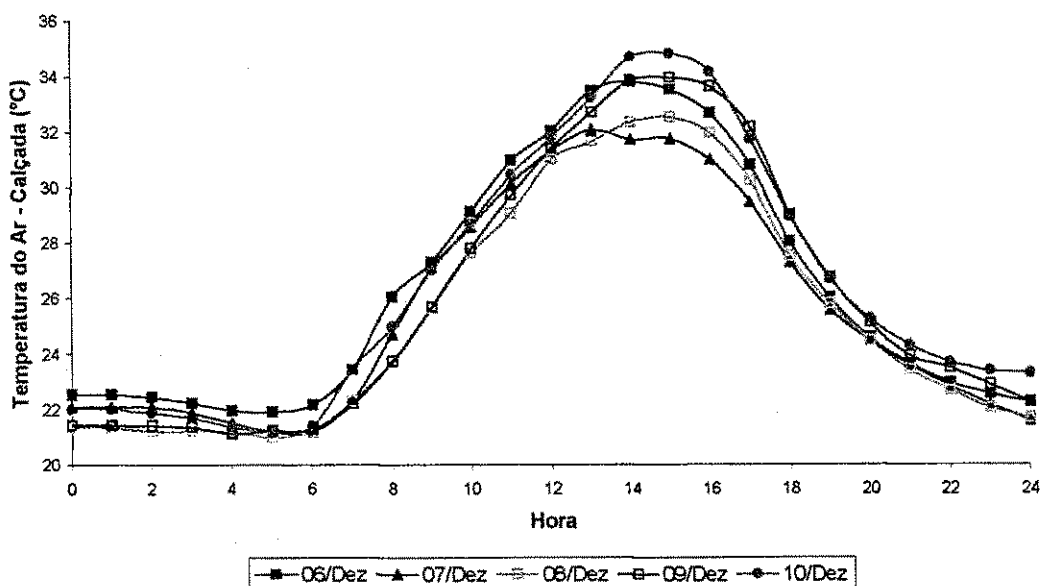


FIGURA 4.4 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento no período de verão na cidade de Campina Grande.

TABELA 4.3 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b> |                         |                         |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>CALÇAMENTO</b>               | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 3/7/97                          | 24,3                    | 18,7                    |
| 4/7/97                          | 24,9                    | 19,6                    |
| 5/7/97                          | 26,5                    | 19,2                    |
| 6/7/97                          | 25,9                    | 18,0                    |
| 7/7/97                          | 27,8                    | 18,3                    |

TABELA 4.4 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b> |                         |                         |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>CALÇAMENTO</b>             | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 6/12/97                       | 34,7                    | 21,9                    |
| 7/12/97                       | 33,0                    | 21,1                    |
| 8/12/97                       | 33,6                    | 21                      |
| 9/12/97                       | 35,4                    | 21,1                    |
| 10/12/97                      | 36,4                    | 21,1                    |

Observando o comportamento diário da temperatura do ar sobre a área de praça no período de inverno (3 a 7 de julho de 1997) em Campina Grande (Figura 4.5), verifica-se que a temperatura mínima ocorreu em um dia às 4 horas e em três dias às 6 horas, enquanto que a temperatura máxima ocorreu em um dia às 13 horas e em três dias às 14 horas. A menor temperatura foi de 17,4°C no dia 6 de julho, enquanto a máxima foi de 26,8°C no dia 7 de julho. A temperatura média do período foi de 21,6°C e a maior amplitude térmica 8,9°C no dia 7 de julho.

No período de verão, como pode ser observado na Figura (4.6), a temperatura mínima média ocorreu às 5 horas, a máxima ocorreu em dois dias às 14 horas e em três dias às 15 horas. Neste período de verão (6 a 10 de dezembro de 1997), a temperatura máxima média alcançou 34°C, a temperatura mínima média horária chegou a 21,1°C e a temperatura média do período foi de 25,8°C. Nos dias 9 e 10 de dezembro foram observadas uma amplitude térmica de 12,8°C.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno 7,2°C, a mínima 3,7°C e a média do período 4,2°C. Os valores absolutos das temperaturas máxima e mínima absolutas para os dois períodos são apresentados nas Tabelas (4.5) e (4.6).

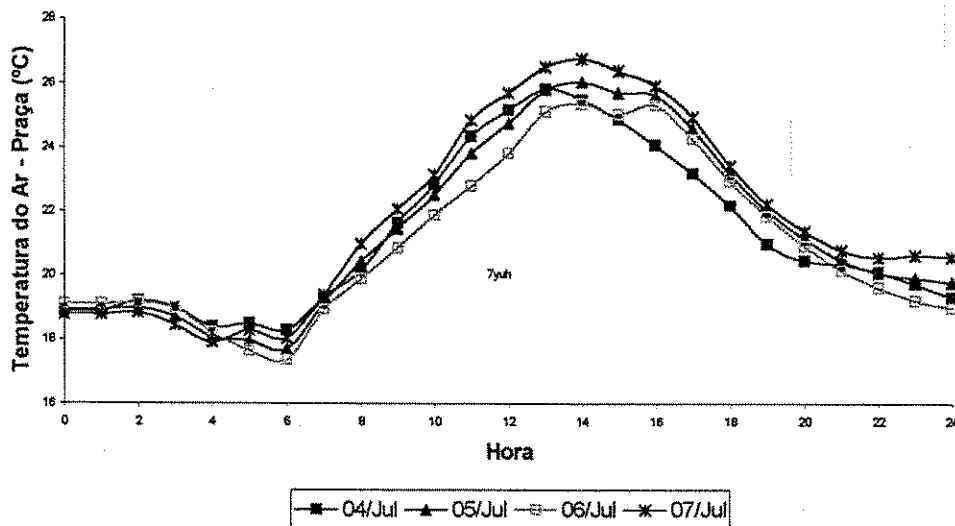


FIGURA 4.5 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

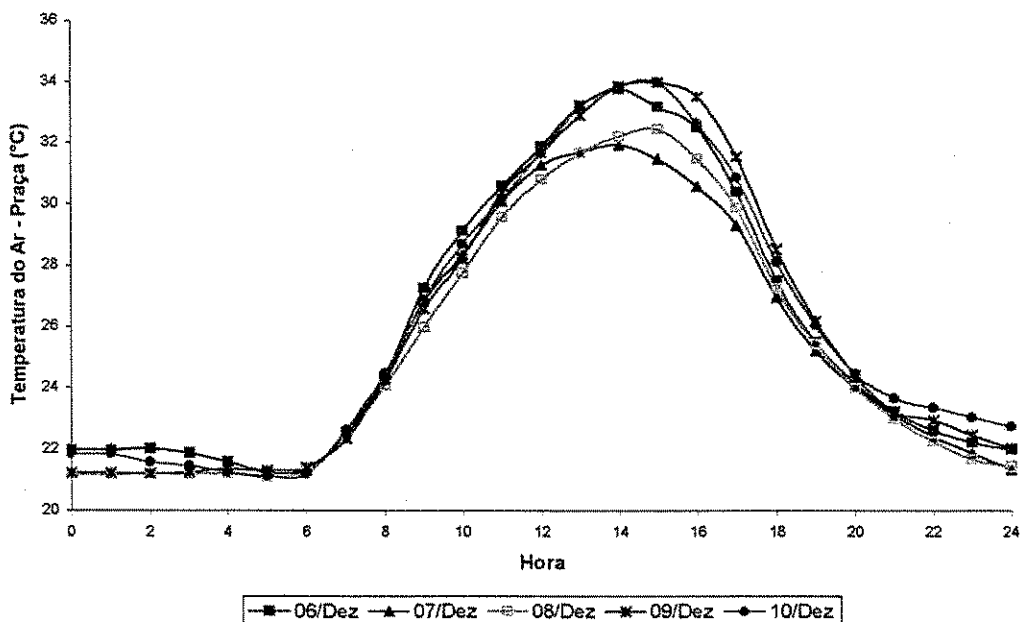


FIGURA 4.6 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.

TABELA 4.5 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b> |                         |                         |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>PRAÇA</b>                    | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 3/7/97                          | -                       | -                       |
| 4/7/97                          | 24,9                    | 19,8                    |
| 5/7/97                          | 26,6                    | 19,1                    |
| 6/7/97                          | 26,2                    | 17,2                    |
| 7/7/97                          | 27,9                    | 17,7                    |

TABELA 4.6 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b> |                         |                         |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>PRAÇA</b>                  | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 6/12/97                       | 33,8                    | 21,1                    |
| 7/12/97                       | 32,7                    | 21,1                    |
| 8/12/97                       | 33                      | 21,0                    |
| 9/12/97                       | 34,5                    | 21,2                    |
| 10/12/97                      | 34,1                    | 21,0                    |

#### 4.1.2 – TEMPERATURA DO AR EM PATOS

Analisando para o período de inverno (8 a 12 de agosto de 1997) o comportamento médio horário da temperatura do ar sobre a rua asfaltada em Patos (Figura 4.7), verifica-se que a temperatura mínima média ocorreu 3 dias às 6 horas, a temperatura máxima média ocorreu em três dias às 13 horas. No período de inverno, a menor temperatura foi de 21,5°C no dia 10 de agosto, enquanto que a máxima foi de 34,9°C no dia 9 de agosto às 15 horas. A temperatura média diária do período foi de 27,4°C, enquanto a maior amplitude térmica (13,2°C) foi registrada no dia 9 de agosto.

Pode ser observado que durante o período de verão (Figura 4.8) a temperatura mínima média ocorreu às 6 horas e a máxima às 15 horas, nos dias 18, 19 e 20 de dezembro. A temperatura máxima média horária do período foi de 38,4°C enquanto que a mínima de 23,6°C, enquanto a maior amplitude térmica (13,3°C) foi observada no dia 18 de dezembro.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno 3,5°C, a mínima 2,1°C e a média do período 2,4°C. Os valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas para os dois períodos são apresentados nas Tabelas (4.7) e (4.8).

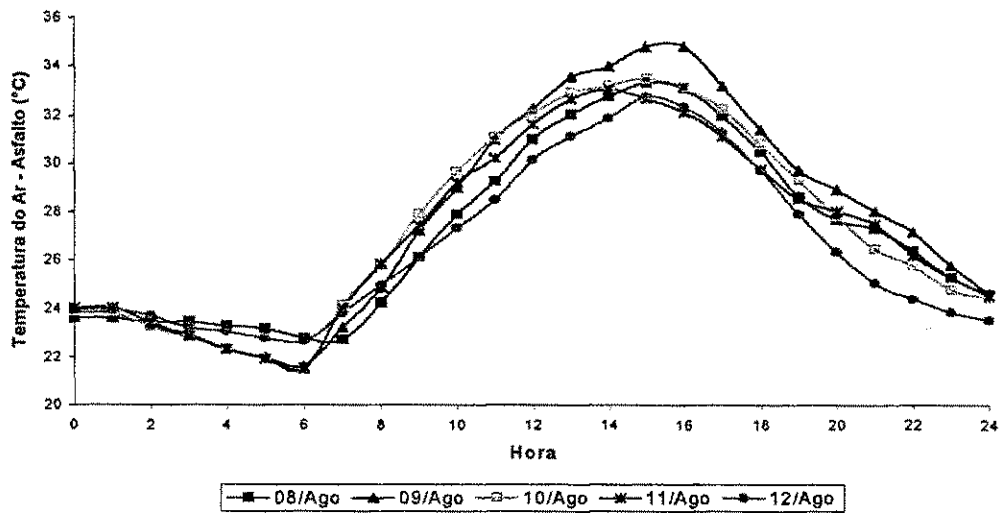


FIGURA 4.7 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de inverno na cidade de Patos.

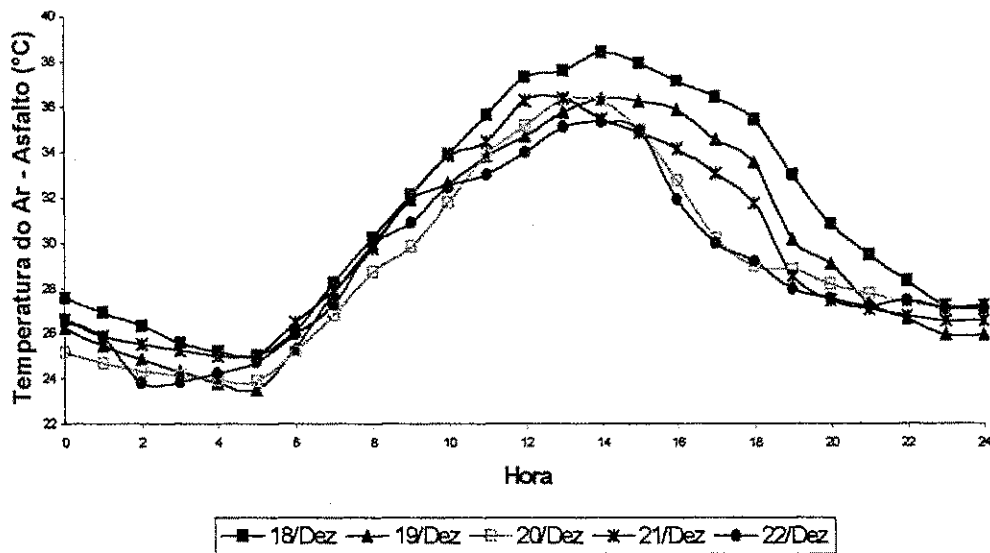


FIGURA 4.8 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de asfalto no período de verão na cidade de Patos.



TABELA 4.7 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o inverno na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO</b> |                         |                         |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ASFALTO</b>         | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 8/8/97                 | 33,8                    | 22,2                    |
| 9/8/97                 | 35,3                    | 21,5                    |
| 10/8/97                | 33,9                    | 21,3                    |
| 11/8/97                | 33,8                    | 21,4                    |
| 12/8/97                | 33,4                    | 22,5                    |

TABELA 4.8 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de asfalto, durante o verão na cidade de Patos.

| <b>PATOS – VERÃO</b> |                         |                         |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>ASFALTO</b>       | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 18/12/97             | 39,1                    | 24,9                    |
| 19/12/97             | 37,4                    | 23,1                    |
| 20/12/97             | 37,2                    | 24,2                    |
| 21/12/97             | 37,4                    | 24,9                    |
| 22/12/97             | 36,5                    | 23,5                    |

Observando o comportamento diário da temperatura do ar sobre a área de calçamento no período de inverno em Patos (Figura 4.9), verifica-se que a temperatura mínima ocorreu às 6 horas todos os dias, e a temperatura máxima às 14 horas em um dia, às 15 horas em outro e às 16 horas em três dias. A menor temperatura foi de 21,3°C, enquanto a máxima alcançou 34,8°C no dia 9 de agosto, a maior amplitude térmica foi de 13,5°C e a temperatura média do período 27,4°C.

No período de verão como pode ser verificado na Figura (4.10), a temperatura média mínima ocorreu às 6 horas (3 dias), a máxima atingiu 38,9°C no dia 18 de dezembro, com uma amplitude térmica de 14°C. No dia 19 de dezembro a temperatura mínima foi de 23,5°C enquanto a temperatura média do período foi de 29,9°C.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno de 4,1°C, temperatura mínima 2,2°C e a média do período 2,5°C.

Os valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas para os dois períodos são apresentados nas Tabelas ( 4.9) e (4.10).

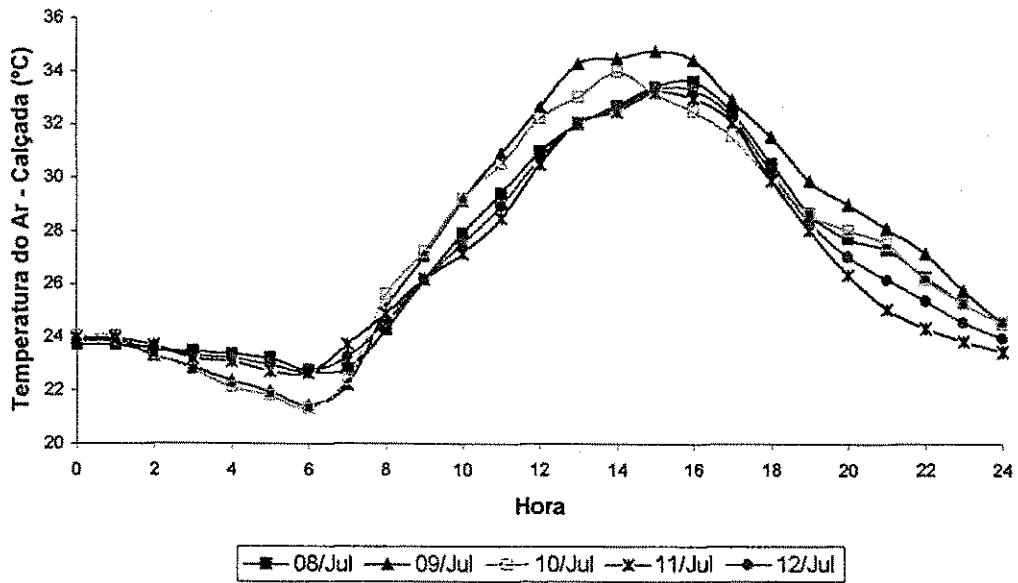


FIGURA 4.9 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento durante o período de inverno na cidade de Patos.

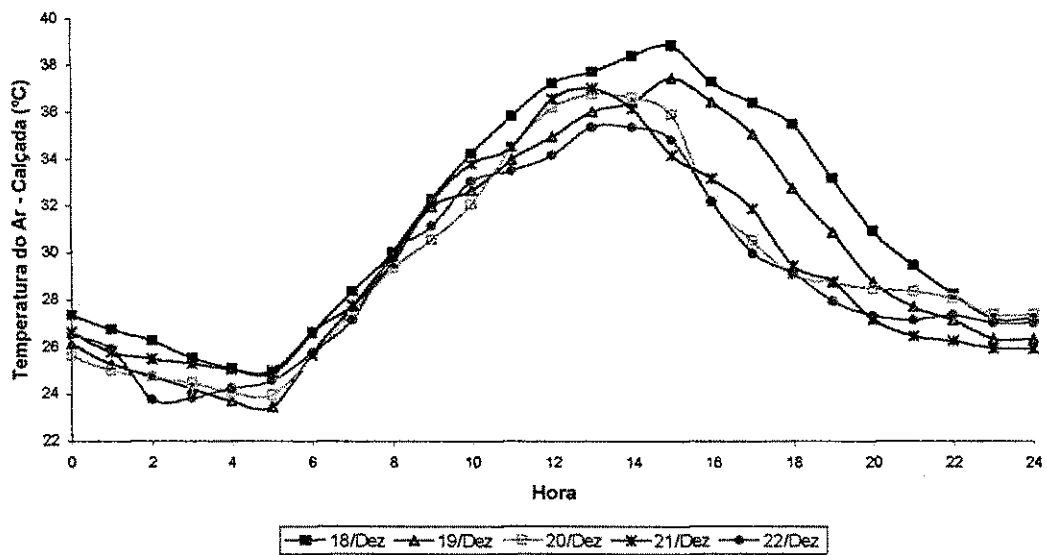


FIGURA 4.10 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de calçamento durante o período de verão na cidade de Patos.

TABELA 4.9 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de calçamento, durante o inverno na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO</b> |                         |                         |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>CALÇAMENTO</b>      | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 8/8/97                 | 34,6                    | 22,4                    |
| 9/8/97                 | 36,3                    | 21,3                    |
| 10/8/97                | 34,8                    | 21,0                    |
| 11/8/97                | 34,9                    | 21,1                    |
| 12/8/97                | 34,3                    | 22,6                    |

TABELA 4.10 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre superfície de calçamento, durante o verão na cidade de Patos.

| <b>PATOS – VERÃO</b> |                         |                         |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>CALÇAMENTO</b>    | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 18/12/97             | 39,7                    | 24,6                    |
| 19/12/97             | 38,4                    | 22,4                    |
| 20/12/97             | 37,6                    | 23,9                    |
| 21/12/97             | 38,2                    | 24,8                    |
| 22/12/97             | 36,3                    | 23,6                    |

Verificando o comportamento diário da temperatura do ar sobre a área de praça no período de inverno em Patos (Figura 4.11), vê-se que a temperatura mínima ocorreu em todos os dias às 6 horas e a máxima às 14 horas em um dia e às 15 horas em 4 dias. A menor temperatura foi 22,1°C no dia 11 de agosto e a maior temperatura no dia 9 de agosto, 35,1°C. A maior amplitude térmica foi de 13,5°C e a temperatura média do período de 27,3°C.

Durante o período de verão, como pode ser verificado na Figura (4.12), a temperatura mínima média ocorreu às 5 horas, enquanto a máxima ocorreu às 15 horas em dois dias. Neste período de verão, a menor temperatura foi de 23,3°C no dia 19 de dezembro, enquanto que a temperatura máxima média horária foi de 38,1°C no dia 18 de dezembro. A temperatura média do período foi de 29,5°C, atingindo uma amplitude térmica de 13,5°C registrada no dia 18 de dezembro.

Comparando as observações dos dois períodos verifica-se que no verão a temperatura máxima média horária foi maior do que no inverno de 3,0°C, a mínima 1,2°C, e a média do período 2,2°C. Os valores absolutos de temperatura máximas e mínimas para os dois períodos, são mostrados nas Tabelas (4.11) e (4.12).

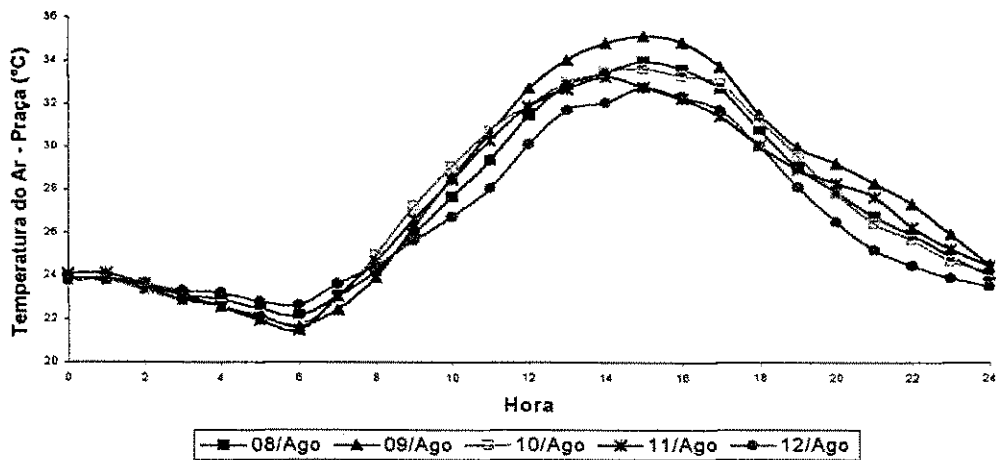


FIGURA 4.11 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça durante o período de inverno na cidade de Patos.

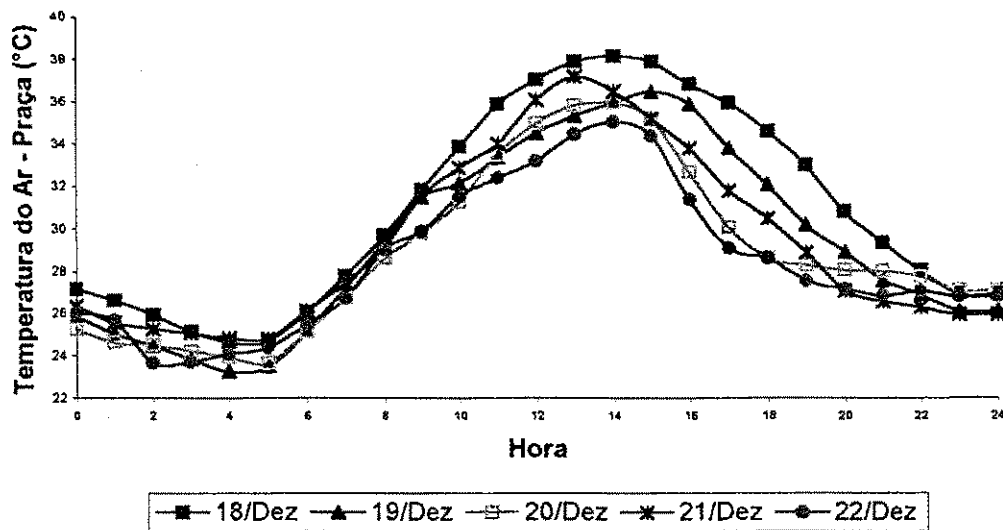


FIGURA 4.12 – Temperatura média horária do ar (°C) sobre a superfície de praça durante o período de verão na cidade de Patos.

TABELA 4.11 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) sobre a superfície de praça, durante o inverno na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO</b> |                         |                         |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>PRAÇA</b>           | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 8/8/97                 | 33,7                    | 22,2                    |
| 9/8/97                 | 36,0                    | 21,5                    |
| 10/8/97                | 34,5                    | 21,5                    |
| 11/8/97                | 34,7                    | 21,3                    |
| 12/8/97                | 33,8                    | 22,5                    |

TABELA 4.12 – Temperaturas absolutas máxima e mínima do ar (°C) na superfície de praça, durante o verão na cidade de Patos.

| <b>PATOS – VERÃO</b> |                         |                         |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>PRAÇA</b>         | <b>T(a) Máxima (°C)</b> | <b>T(a) Mínima (°C)</b> |
| 18/12/97             | 39,3                    | 24,4                    |
| 19/12/97             | 37,4                    | 22,8                    |
| 20/12/97             | 36,3                    | 23,4                    |
| 21/12/97             | 37,2                    | 24,6                    |
| 22/12/97             | 35,8                    | 23,4                    |

## **4.2 – TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE**

Para ilustrar o comportamento da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) medida a 1 cm de profundidade, nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça são apresentadas as figuras e tabelas a seguir.

### **4.2.1 – TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE EM CAMPINA GRANDE**

Observando o comportamento da temperatura da superfície na cidade de Campina Grande no período de inverno (Figura 4.13), verifica-se que a superfície de asfalto apresentou aquecimento maior do que as superfícies de praça e de calçamento, atingindo uma temperatura média máxima de  $38,6^{\circ}\text{C}$  às 14 horas no asfalto,  $30,3^{\circ}\text{C}$  no calçamento e  $29,2^{\circ}\text{C}$  na área de praça, às 16 horas respectivamente. A temperatura média do período de observação foi de  $27,7^{\circ}\text{C}$  para o asfalto,  $21,1^{\circ}\text{C}$  para o calçamento e  $21,8^{\circ}\text{C}$  para a área de praça. Em termos de máximos absolutos foram registrados no dia 7/7/97 os seguintes valores: asfalto  $47,5^{\circ}\text{C}$ ; calçamento  $34,2^{\circ}\text{C}$  e praça  $34,1^{\circ}\text{C}$ .

No período de verão como pode ser observado na Figura (4.14), o asfalto apresentou uma maior temperatura até as 13 horas, atingindo um máximo de  $58,1^{\circ}\text{C}$  às 12 horas, seguido pela praça com  $56,4^{\circ}\text{C}$  da área de calçamento com  $52,8^{\circ}\text{C}$ , ambas observadas às 14 horas. Durante o período de observações a temperatura média foi de  $36,9^{\circ}\text{C}$  na superfície de asfalto,  $35,4^{\circ}\text{C}$  no calçamento e



35,5°C na praça. No verão as temperaturas máximas absolutas foram registradas no dia 10/12/97 com o asfalto alcançando 60,8°C, a área de praça em segundo lugar 59,8°C e a rua de calçamento, embora tendo apresentado a temperatura menos elevada das três áreas, também registrou um valor consideravelmente alto 55,8°C. Comparando as observações dos dois períodos, nota-se que no verão a temperatura do asfalto foi superior a do inverno 9,2°C, a do calçamento 14,3°C e na área de praça 13,7°C. Os valores absolutos da temperatura máxima para os dois períodos são apresentados nas Tabelas (4.13) e (4.14)

A temperatura da superfície do asfalto no inverno foi maior e se destacou das demais superfícies do que no período de verão, isto devido a ocorrência de chuva.

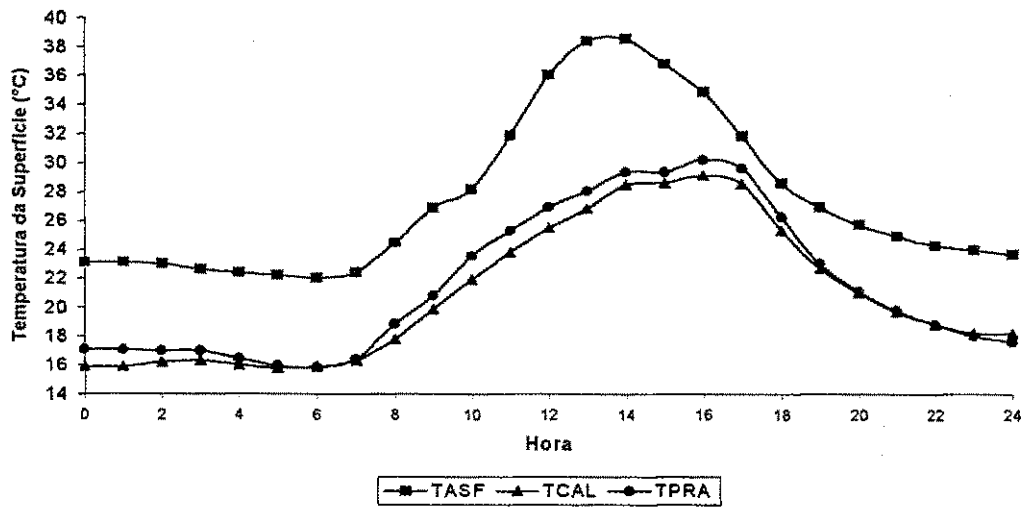


FIGURA 4.13 – Temperatura média horária (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

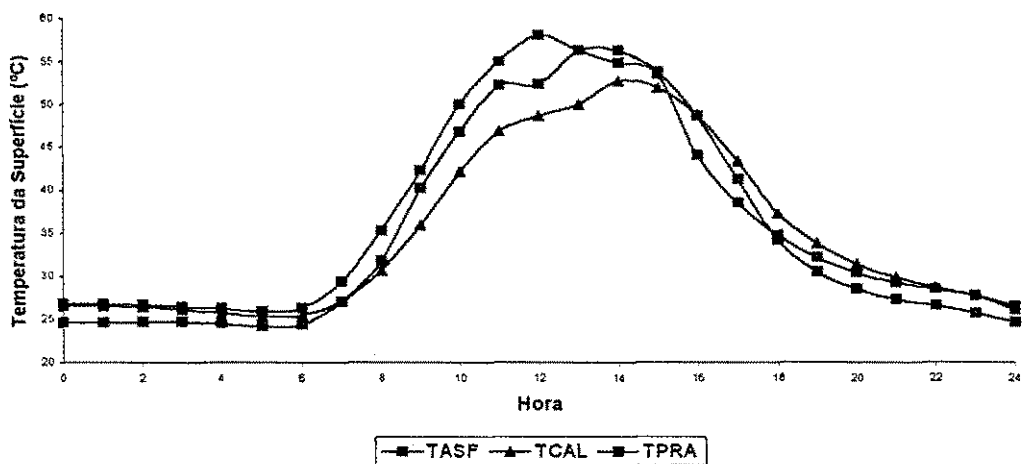


FIGURA 4.14 – Temperatura média horária (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.

TABELA 4.13 – Temperaturas absolutas observadas nas superfícies de asfalto, de calçamento, e de praça (°C) no período de inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b> |        |        |        |        |        |  |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE (°C)  |        |        |        |        |        |  |
| LOCAL \ DIA                     | 3/7/97 | 4/7/97 | 5/7/97 | 6/7/97 | 7/7/97 |  |
| ASFALTO                         | 35,8   | 29,6   | 39,7   | 45,3   | 47,5   |  |
| CALÇAMENTO                      | 24,5   | 26,4   | 31,1   | 31,9   | 34,2   |  |
| PRAÇA                           | -      | 27,6   | 30,5   | 33,3   | 34,1   |  |

TABELA 4.14 – Temperaturas absolutas observadas nas superfícies de asfalto, de calçamento, e de praça (°C) no período de verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b>  |         |         |         |         |          |  |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--|
| TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE (°C) |         |         |         |         |          |  |
| LOCAL \ DIA                    | 6/12/97 | 7/12/97 | 8/12/97 | 9/12/97 | 10/12/97 |  |
| ASFALTO                        | 59,9    | 58,3    | 58,3    | 60,6    | 60,8     |  |
| CALÇAMENTO                     | 54,1    | 52,4    | 51,3    | 54,7    | 55,8     |  |
| PRAÇA                          | 57,8    | 56,2    | 56,3    | 59,0    | 59,8     |  |

## 4.2.2 – TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE EM PATOS

Na Figura (4.15) é apresentado o comportamento médio horário da temperatura das superfícies de asfalto, de calçamento e praça no período de inverno na cidade de Patos. Observa-se que embora no asfalto a temperatura média horária tenha sido maior ao longo do dia atingindo um máximo de 49,8°C às 14 horas, a praça apresentou um valor mais elevado 50,5°C às 13 horas, enquanto que no calçamento o máximo foi de 47,7°C, também às 13 horas. A temperatura média diária da superfície durante este período (8 a 12 de agosto) foi de 34,8°C no asfalto, 33,7°C no calçamento e 32,1 na praça. No inverno as máximas absolutas observadas foram 55,5°C na superfície de asfalto, no dia 9/8/97, seguida de 54,5°C na área de praça e de 52,1°C na rua de calçamento.

Durante o período de verão (18 a 22 de dezembro de 1997) pode ser observado na Figura (4.16) que o asfalto apresentou maior temperatura durante todo intervalo, com valor máximo médio às 13 horas, de 57,8°C, seguido da área de praça com 51,3°C às 14 horas e da rua calçamento com 50,6°C também às 14 horas, porém, esta última apresentou valores maiores nos demais horários. Durante este período, a temperatura média diária à superfície foi de 38,9°C no asfalto, 36,2°C no calçamento e 34,4°C na praça.

Comparando as observações dos dois períodos, verifica-se que no verão a temperatura máxima média diária foi maior do que no inverno de 4,1°C no asfalto, 2,5°C no calçamento e 2,3°C na praça.

Nas Tabelas (4.15) e (4.16) podem ser vistos os valores absolutos de temperaturas máximas nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça, nos dois períodos.

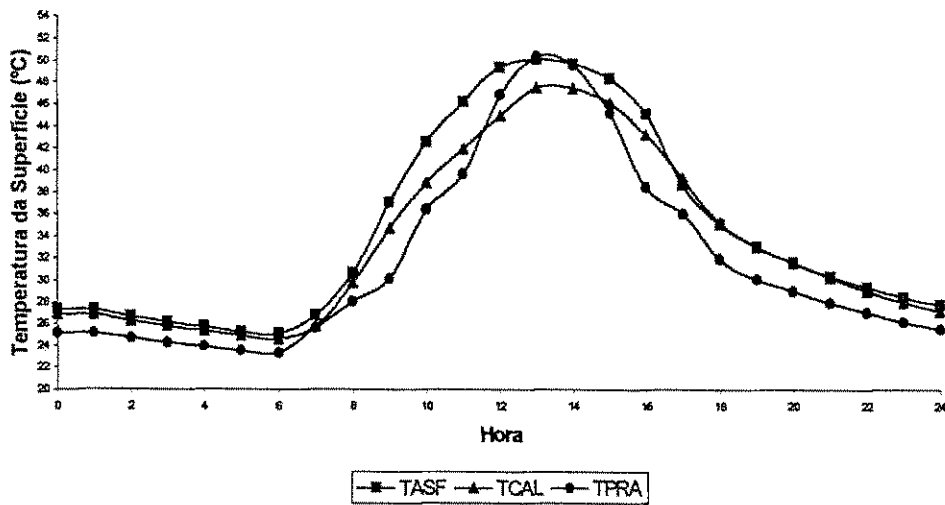


FIGURA 4.15 – Temperatura média horária (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça durante o inverno na cidade de Patos.

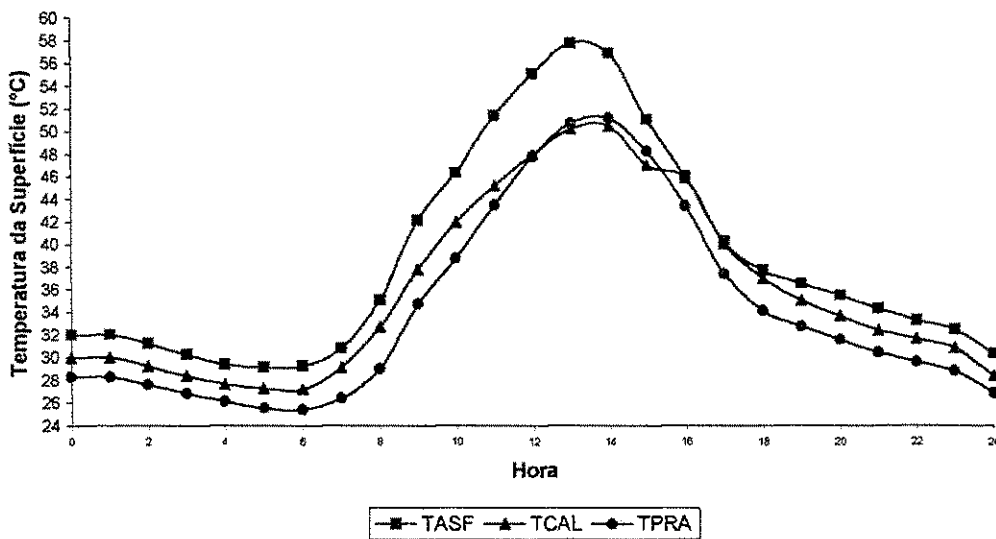


FIGURA 4.16 – Temperatura média horária (°C) da superfície de asfalto, de calçamento e de praça durante o verão na cidade de Patos.

TABELA 4.15 – Temperatura média horária máxima das superfícies de asfalto, de calçamento, e de praça (°C) no período de inverno na cidade de Patos.

| PATOS – INVERNO                |        |        |         |         |         |  |
|--------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
| TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE (°C) |        |        |         |         |         |  |
| LOCAL \ DIA                    | 8/8/97 | 9/8/97 | 10/8/97 | 11/8/97 | 12/8/97 |  |
| ASFALTO                        | 50,8   | 55,5   | 53,3    | 51,9    | 49,6    |  |
| CALÇAMENTO                     | 47,4   | 52,1   | 51,3    | 50,4    | 49,4    |  |
| PRAÇA                          | 49,6   | 54,5   | 52,2    | 52,0    | 53,4    |  |

TABELA 4.16 – Temperatura média horária máxima das superfícies de asfalto, de calçamento, e de praça (°C) no período de verão na cidade de Patos.

| PATOS – VERÃO                  |          |          |          |          |          |  |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE (°C) |          |          |          |          |          |  |
| LOCAL \ DIA                    | 18/12/97 | 19/12/97 | 20/12/97 | 21/12/97 | 22/12/97 |  |
| ASFALTO                        | 63,9     | 55,5     | 61,7     | 61,1     | 57,9     |  |
| CALÇAMENTO                     | 58,8     | 49,2     | 53,9     | 53,6     | 51,3     |  |
| PRAÇA                          | 56,8     | 55,9     | 47,2     | 49,8     | 47,3     |  |

## **4.3 – TEMPERATURA INSTANTÂNEA**

Nas figuras e tabelas que seguem, valores de temperatura instantânea observados nas três áreas de estudo são comparados valores obtidos nas estações meteorológicas.

### **4.3.1 – CAMPINA GRANDE**

Nas Figuras (4.17) e (4.18) tem-se o comportamento instantâneo da temperatura do ar, nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica na cidade de Campina Grande. No inverno, (Figura 4.17) verifica-se que a temperatura da estação meteorológica durante todo dia, é menor do que nas ruas de asfalto, calçamento e área de praça. Observa-se, ainda, analisando os dados da Tabela (4.17), que durante o período de inverno a temperatura média diária instantânea na estação meteorológica foi inferior a da rua asfaltada em  $1,3^{\circ}\text{C}$ , e a da rua calçada e da área de praça em  $1,0^{\circ}\text{C}$ . No dia 7/7/97 a diferença de temperatura média diária entre a rua asfaltada e a estação alcançou  $2,5^{\circ}\text{C}$ , atingindo um valor de  $28,8^{\circ}\text{C}$  na rua asfaltada,  $27,1^{\circ}\text{C}$  no calçamento e  $26,8^{\circ}\text{C}$  na área de praça, observado na Tabela (4.19).

No verão, (Figura 4.18) observa-se o comportamento semelhante ao do inverno para as três superfícies, embora haja a mesma tendência observada no período de inverno, até às 14 horas, a partir deste horário a diferença entre a

temperatura da estação e das áreas estudadas torna-se menos acentuada, exceto em relação a rua de calçamento, a qual, mantém acima. Em termos de temperatura média para o período, observa-se uma redução na diferença entre a estação e a rua asfaltada e a área de praça.

Nas Tabelas (4.17) e (4.18) tem-se as diferenças das temperaturas em relação a temperatura da estação meteorológica. No dia 9/12/97 a temperatura do ar alcançou uma máxima de 34,3°C na rua asfaltada e 34,0°C na área de praça, 35,7°C no calçamento no dia 10/12/97, cujos valores são apresentados na Tabela (4.20).



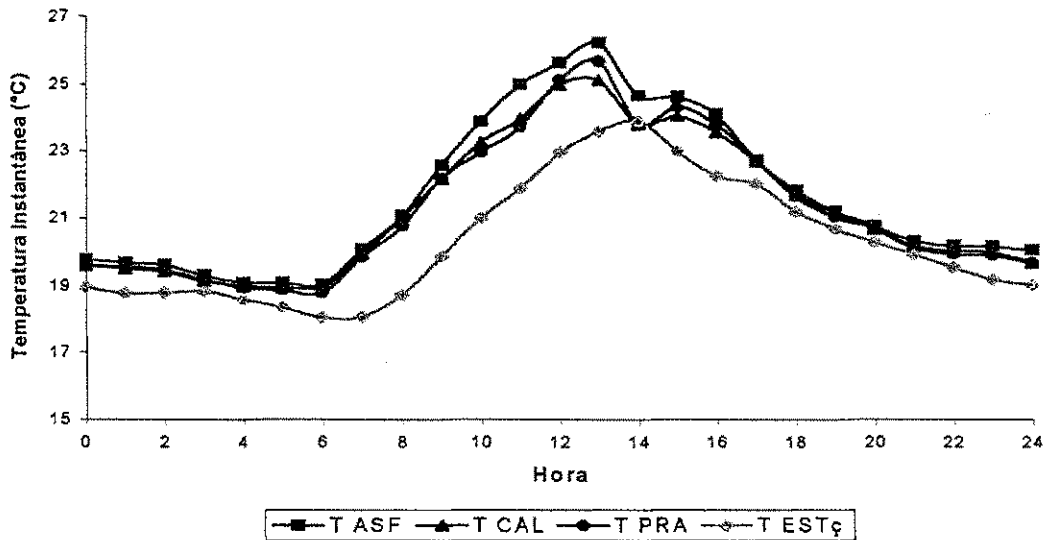


FIGURA (4.17) – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de inverno, na cidade de Campina Grande.

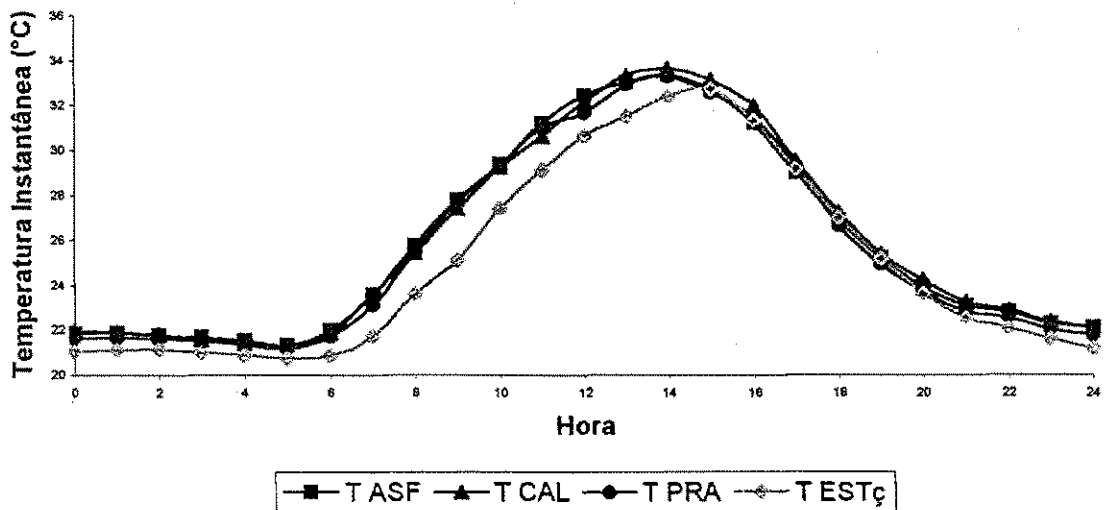


FIGURA (4.18) – Temperatura instantânea do ar (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça, e da estação meteorológica, durante o período de verão, na cidade de Campina Grande.

TABELA 4.17 – Temperatura instantânea do ar (°C) das superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica durante o período de inverno na cidade de Campina Grande

| CAMPINA GRANDE - INVERNO |         |     |            |     |       |     |             |
|--------------------------|---------|-----|------------|-----|-------|-----|-------------|
| DIA                      | ASFALTO |     | CALÇAMENTO |     | PRAÇA |     | ESTAÇÃO     |
|                          | TEMP    | DIF | TEMP       | DIF | TEMP  | DIF | TEMPERATURA |
| 3/7/97                   | 21,1    | 1,1 | 20,8       | 0,9 | -     | -   | 19,9        |
| 4/7/97                   | 21,1    | 0,4 | 21,1       | 0,4 | 21,2  | 1,3 | 20,7        |
| 5/7/97                   | 21,5    | 1,1 | 21,3       | 0,8 | 21,1  | 0,4 | 20,4        |
| 6/7/97                   | 21,6    | 1,3 | 21,2       | 0,9 | 21,0  | 0,6 | 20,3        |
| 7/7/97                   | 22,9    | 2,5 | 22,2       | 1,9 | 21,8  | 1,6 | 20,3        |
| MÉDIA                    | 21,6    | 1,3 | 21,3       | 1,0 | 21,3  | 1,0 | 20,3        |

TABELA 4.18 – Temperatura instantânea do ar (°C) das superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica durante o período de verão na cidade de Campina Grande

| CAMPINA GRANDE – VERÃO |         |     |            |     |       |     |             |
|------------------------|---------|-----|------------|-----|-------|-----|-------------|
| DIA                    | ASFALTO |     | CALÇAMENTO |     | PRAÇA |     | ESTAÇÃO     |
|                        | TEMP    | DIF | TEMP       | DIF | TEMP  | DIF | TEMPERATURA |
| 6/12/97                | 26,2    | 1,1 | 26,4       | 1,3 | 25,9  | 0,8 | 25,1        |
| 7/12/97                | 25,5    | 0,9 | 25,6       | 1,0 | 25,5  | 0,9 | 24,6        |
| 8/12/97                | 25,5    | 1,2 | 25,4       | 1,1 | 25,2  | 0,9 | 24,3        |
| 9/12/97                | 26,0    | 0,7 | 26,0       | 0,7 | 26,0  | 0,7 | 25,3        |
| 10/12/97               | 26,2    | 0,6 | 26,6       | 1,0 | 26,1  | 0,5 | 25,6        |
| MÉDIA                  | 25,9    | 0,9 | 26,0       | 1,0 | 25,7  | 0,7 | 25,0        |

TABELA 4.19 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b>            |                |                   |              |                |
|--|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| <b>TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS (°C)</b> |                |                   |              |                |
| <b>DIA</b>                                 | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> | <b>ESTAÇÃO</b> |
| 3/7/97                                     | 24,8           | 23,9              | -            | 23,2           |
| 4/7/97                                     | 25,2           | 24,6              | 24,4         | 23,1           |
| 5/7/97                                     | 27,5           | 26,4              | 25,8         | 25,0           |
| 6/7/97                                     | 27,0           | 25,5              | 25,7         | 25,0           |
| 7/7/97                                     | 28,8           | 27,1              | 26,8         | 23,9           |

TABELA 4.20 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b>              |                |                   |              |                |
|--|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| <b>TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS (°C)</b> |                |                   |              |                |
| <b>DIA</b>                                 | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> | <b>ESTAÇÃO</b> |
| 6/12/97                                    | 33,5           | 33,9              | 34,0         | 32,5           |
| 7/12/97                                    | 31,9           | 32,0              | 32,5         | 30,7           |
| 8/12/97                                    | 32,6           | 33,3              | 32,3         | 31,5           |
| 9/12/97                                    | 34,3           | 34,8              | 34,0         | 33,0           |
| 10/12/97                                   | 34,1           | 35,7              | 33,9         | 33,5           |

### 4.3.2 – PATOS

Nas Figuras (4.19) e (4.20) tem-se o comportamento da temperatura instantânea do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) na cidade de Patos. Na Figura (4.19), observa-se que houve semelhança no comportamento da temperatura da estação em relação as superfícies de asfalto, de calçamento e de praça. Na Tabela (4.21), observa-se que a temperatura média diária instantânea na estação durante o período de inverno foi inferior a da rua asfaltada  $0,2^{\circ}\text{C}$ , no calçamento  $0,3^{\circ}\text{C}$  e na praça  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Noa dias 9/8/97 e 10/8/97 as diferenças de temperatura entre a rua asfaltada e de calçamento para a estação meteorológica alcançou  $0,4^{\circ}\text{C}$ , enquanto que para a praça no dia 10/8/97 foi de  $0,9^{\circ}\text{C}$ . No dia 9/8/97 atingiu a temperatura máxima em  $34,9^{\circ}\text{C}$  no asfalto,  $35,7^{\circ}\text{C}$  no calçamento e  $35,3^{\circ}\text{C}$  na área de praça observados na Tabela (4.23).

No verão, Figura (4.20), verifica-se que o comportamento de temperatura instantânea da estação entre 6 horas e 15 horas é menor do que na rua asfaltada, rua de calçamento e área de praça. Analisando os dados da Tabela (4.22) verificou-se que no verão a temperatura média diária instantânea da estação foi inferior as das ruas asfaltada e de calçamento em  $0,5^{\circ}\text{C}$ , e  $0,1^{\circ}\text{C}$  da área de praça. No dia 18/12/97 a estação meteorológica apresentou uma temperatura inferior a da rua asfaltada em  $1,2^{\circ}\text{C}$ , a da rua de calçamento em  $1,3^{\circ}\text{C}$  e em relação a área de praça, em  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Durante este período a temperatura máxima foi de  $38,7^{\circ}\text{C}$  no dia 18/12/97 no asfalto,  $38,8^{\circ}\text{C}$  no calçamento e  $38,1^{\circ}\text{C}$  na área de praça (Tabela 4.24).

Nas Tabelas (4.21) e (4.22) são apresentadas as temperaturas médias instantâneas das áreas estudadas do ar em relação a temperatura da estação meteorológica.

Para Campina Grande foi detectada uma ilha de calor de 1°C, enquanto que para Patos, 0,5°C.

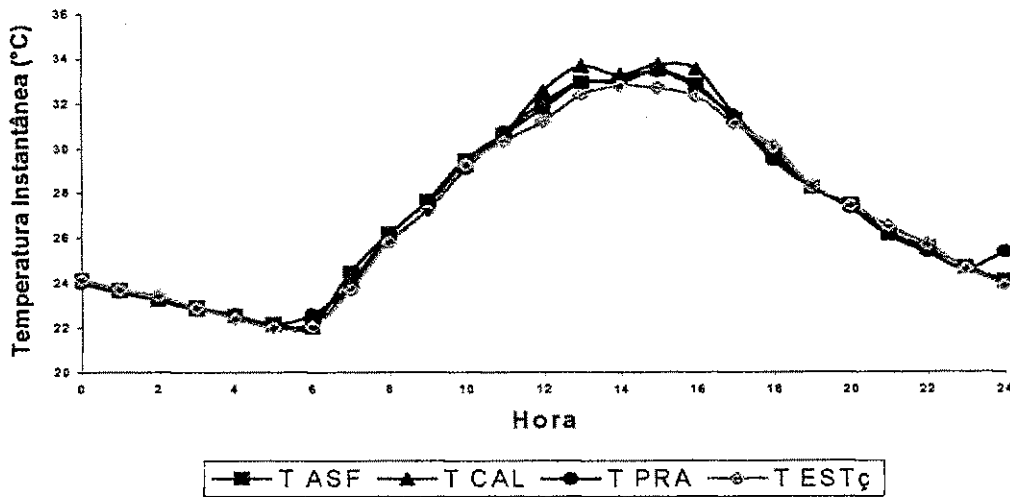


FIGURA (4.19) – Temperatura do ar instantânea (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica no período de inverno na cidade de Patos.

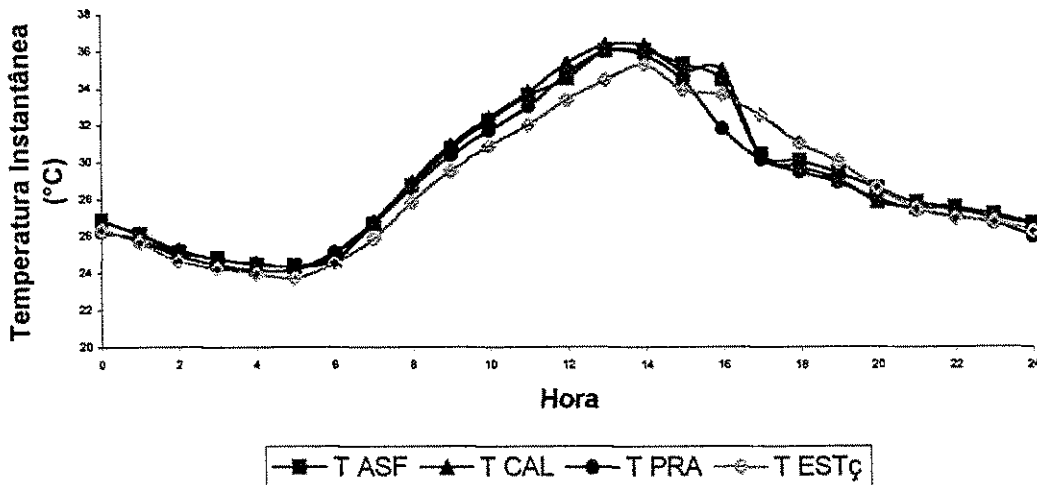


FIGURA (4.20) – Temperatura do ar instantânea (°C) nas superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica durante o período de verão na cidade de Patos.

TABELA 4.21 – Temperatura instantânea do ar (°C) das superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica durante o período de inverno na cidade de Patos.

| PATOS - INVERNO |         |      |            |      |       |     |             |
|-----------------|---------|------|------------|------|-------|-----|-------------|
| DIA             | ASFALTO |      | CALÇAMENTO |      | PRAÇA |     | ESTAÇÃO     |
|                 | TEMP    | DIF  | TEMP       | DIF  | TEMP  | DIF | TEMPERATURA |
| 8/8/97          | 27,1    | 0,0  | 27,2       | 0,1  | 27,3  | 0,2 | 27,1        |
| 8/8/97          | 27,8    | 0,4  | 27,8       | 0,4  | 28,0  | 0,6 | 27,4        |
| 10/8/97         | 27,4    | 0,4  | 27,4       | 0,4  | 27,9  | 0,9 | 27,0        |
| 11/8/97         | 27,2    | -0,1 | 27,2       | -0,1 | 27,4  | 0,1 | 27,3        |
| 12/8/97         | 26,6    | 0,2  | 26,7       | 0,3  | 27,1  | 0,7 | 26,4        |
| MÉDIA           | 27,2    | 0,2  | 27,3       | 0,3  | 27,6  | 0,5 | 27,0        |



TABELA 4.22 – Temperatura instantânea do ar (°C) das superfícies de asfalto, de calçamento, de praça e da estação meteorológica durante o período de verão na cidade de Patos.

| PATOS – VERÃO |         |      |            |      |       |      |                        |
|---------------|---------|------|------------|------|-------|------|------------------------|
| DIA           | ASFALTO |      | CALÇAMENTO |      | PRAÇA |      | ESTAÇÃO<br>TEMPERATURA |
|               | TEMP    | DIF  | TEMP       | DIF  | TEMP  | DIF  |                        |
| 18/12/97      | 31,2    | 1,2  | 31,3       | 1,3  | 30,8  | 0,8  | 30,0                   |
| 19/12/97      | 28,6    | -0,2 | 28,4       | -0,4 | 28,0  | -0,8 | 28,8                   |
| 20/12/97      | 28,9    | 0,3  | 29,4       | 0,8  | 28,8  | 0,2  | 28,6                   |
| 21/12/97      | 28,7    | 0,3  | 28,6       | 0,2  | 28,3  | -0,1 | 28,4                   |
| 22/12/97      | 29,0    | 0,6  | 29,1       | 0,7  | 28,5  | 0,1  | 28,4                   |
| MÉDIA         | 29,3    | 0,5  | 29,3       | 0,5  | 28,9  | 0,1  | 28,4                   |

TABELA 4.23 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de inverno na cidade de Patos.

| PATOS – INVERNO                     |         |            |       |         |
|-------------------------------------|---------|------------|-------|---------|
| TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS (°C) |         |            |       |         |
| DIA                                 | ASFALTO | CALÇAMENTO | PRAÇA | ESTAÇÃO |
| 8/8/97                              | 33,5    | 33,5       | 33,1  | 33,0    |
| 9/8/97                              | 34,9    | 35,7       | 35,3  | 33,8    |
| 10/8/97                             | 33,9    | 34,1       | 33,5  | 33,0    |
| 11/8/97                             | 33,8    | 33,9       | 33,4  | 33,1    |
| 12/8/97                             | 33,2    | 33,7       | 31,8  | 32,3    |

TABELA 4.24 – Temperaturas máximas absolutas observadas durante o período de verão na cidade de Patos.

| PATOS – VERÃO                       |         |            |       |         |
|-------------------------------------|---------|------------|-------|---------|
| TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS (°C) |         |            |       |         |
| DIA                                 | ASFALTO | CALÇAMENTO | PRAÇA | ESTAÇÃO |
| 18/12/97                            | 38,7    | 38,8       | 38,1  | 37,0    |
| 19/12/97                            | 37,0    | 37,5       | 36,5  | 35,2    |
| 20/12/97                            | 36,4    | 36,9       | 35,9  | 35,6    |
| 21/12/97                            | 36,6    | 37,2       | 36,9  | 35,9    |
| 22/12/97                            | 36,0    | 35,9       | 35,0  | 36,5    |

#### **4.4 –TEMPERATURA OBSERVADA EM TRANSECTO MÓVEIS.**

Os dados da Tabela (4.25), observados em transectos móveis na cidade de Patos, mostram claramente o que já foi evidenciado nas análises de temperatura tomadas em pontos fixos (estação no asfalto, calçamento e praça), a existência de ilhas de calor nas áreas de asfalto e calçamento. Estes dados também mostram que nas ruas arborizadas a temperatura do ar é menor do que nas ruas não arborizadas, na rua asfaltada essa diferença foi de 1,8°C, enquanto na rua de calçamento foi de 1,3°C.

Também foram efetuadas medidas de temperatura tanto no lado sombreado, como no lado insolarado em uma rua asfaltada, sem arborização, num dia de incidência normal de radiação, cujos resultados são apresentados na Tabela (4.26). Os dados confirmam o que já era esperado, ou seja, quanto mais escura for a cor da parede, maior será a absorção de radiação e conseqüentemente maior o aquecimento.

Nos dados apresentados na Tabela (4.26), verifica-se que as maiores temperaturas tanto no lado sombreado, como no lado insolarado foram observadas nas paredes de cor azul e cinza, enquanto a parede de cor branca apresentou a menor temperatura. Um fato que chama atenção nestas observações é a diferença de temperatura entre dois lados da rua, em média 4,7°C, o que representa um calor bastante elevado. As temperaturas foram obtidas entre 13:30 e 14:30 horas.

TABELA 4.25 – Temperaturas observadas em transecto móvel na cidade de Patos durante um dia de verão.

| RUA        | TEMPERATURA (°C) |                 |
|------------|------------------|-----------------|
|            | COM ARBORIZAÇÃO  | SEM ARBORIZAÇÃO |
| ASFALTADA  | 33,7             | 35,5            |
| CALÇAMENTO | 33,9             | 35,2            |
| PRAÇA      | –                | 32,3            |

TABELA 4.26 – Temperaturas observadas próximas a paredes de diversas cores, nos dois lados de uma rua asphaltada não arborizada na cidade de Patos durante um dia de verão (22/12/97)

| COR DA PAREDE | TEMPERATURA (°C) |                 |           |
|---------------|------------------|-----------------|-----------|
|               | LADO SOMBREADO   | LADO INSOLARADO | DIFERENÇA |
| AZUL          | 33,1             | 38,3            | 5,2       |
| CINZA         | 33,6             | 38,0            | 4,4       |
| ROSA          | 32,7             | 37,2            | 4,5       |
| BRANCA        | 31,8             | 36,5            | 4,7       |

## 4.5 – FLUXO DE CALOR NO SOLO

O armazenamento de calor a 1 cm de profundidade nas distintas superfícies estudadas são apresentados nas Figuras que seguem:

### 4.5.1 – CAMPINA GRANDE

Nas Figuras (4.21) e (4.22) é mostrado o comportamento do fluxo de calor nas áreas de asfalto, de calçamento e praça nos períodos de inverno e verão na cidade de Campina Grande. Observa-se que, independente do período, o fluxo de calor a superfície da rua asfaltada é maior do que nas superfícies de calçamento e de praça, e mais acentuado no período de verão. No entanto, verifica-se que embora o fluxo de calor na superfície da rua de calçamento no período de inverno apresenta-se bem menor do que as demais áreas e negativo por mais de 17 horas durante o dia, no período de verão, este fluxo é bem maior do que na área de praça. Um fato que chama atenção quando analisa-se as curvas das Figuras (4.21) e (4.22) é o aumento dos valores máximos das curvas de fluxo de calor nas superfícies estudadas do período de inverno para o período de verão: na rua asfaltada aumenta de  $50 \text{ W.m}^{-2}$  para cerca de  $150 \text{ W.m}^{-2}$ , na área de praça pouco mais de  $30 \text{ W.m}^{-2}$  para próximo de  $80 \text{ W.m}^{-2}$  e, principalmente, na rua de calçamento de  $\text{W.m}^{-2}$  para aproximadamente  $100 \text{ W.m}^{-2}$ , ou seja um aumento de cerca de 10 vezes. O fluxo de calor maior na rua asfaltada, vem confirmar o que já foi observado em relação a temperatura da superfície ou seja, essa é a área mais aquecida.

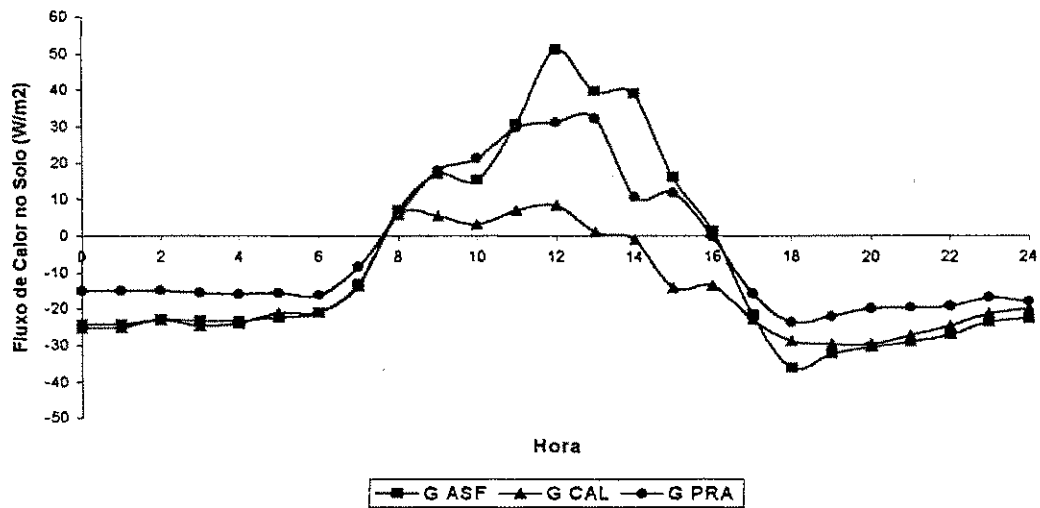


FIGURA 4.21 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça, no período de inverno na cidade de Campina Grande.

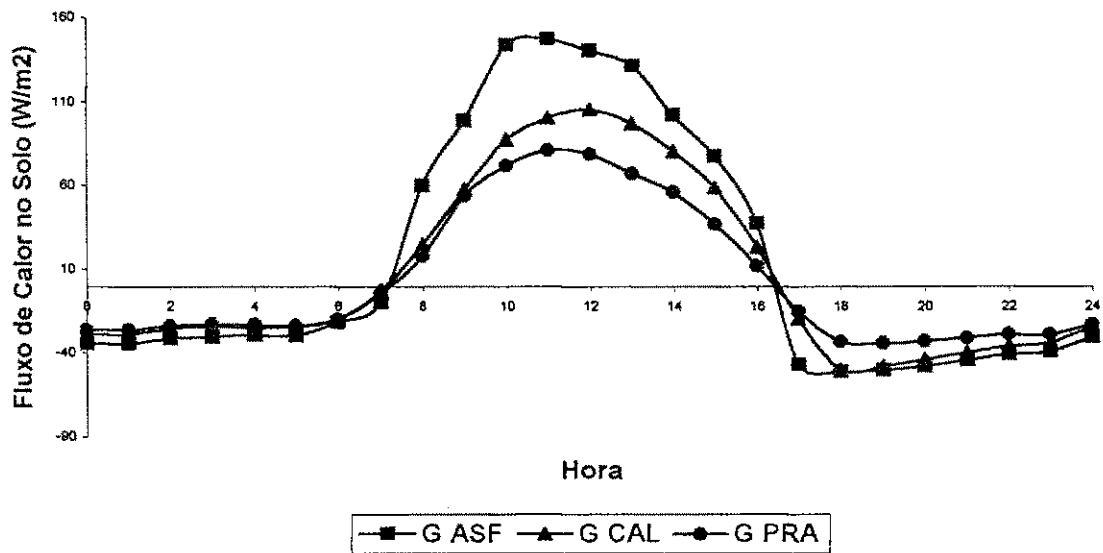


FIGURA 4.22 – Fluxo de calor no solo médio horário ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça, no período de verão na cidade de Campina Grande.

## 4.5.2 – PATOS

O comportamento do fluxo de calor nas áreas de asfalto, de calçamento e de praça, é mostrado nas Figuras (4.23) e (4.24) durante os períodos de inverno e de verão na cidade de Patos.

No inverno (Figura 4.23), o fluxo de calor no asfalto foi maior entre 7 e 10:30, depois na área de praça entre 11 às 15:30, apresenta-se maior atingindo a  $120 \text{ W.m}^{-2}$ .

Já no verão, (Figura 4.24), a rua de calçamento apresenta-se maior fluxo de calor entre 7 às 14 horas, atingindo um valor de  $60 \text{ W.m}^{-2}$ , depois vem o asfalto, e por último a área de praça.

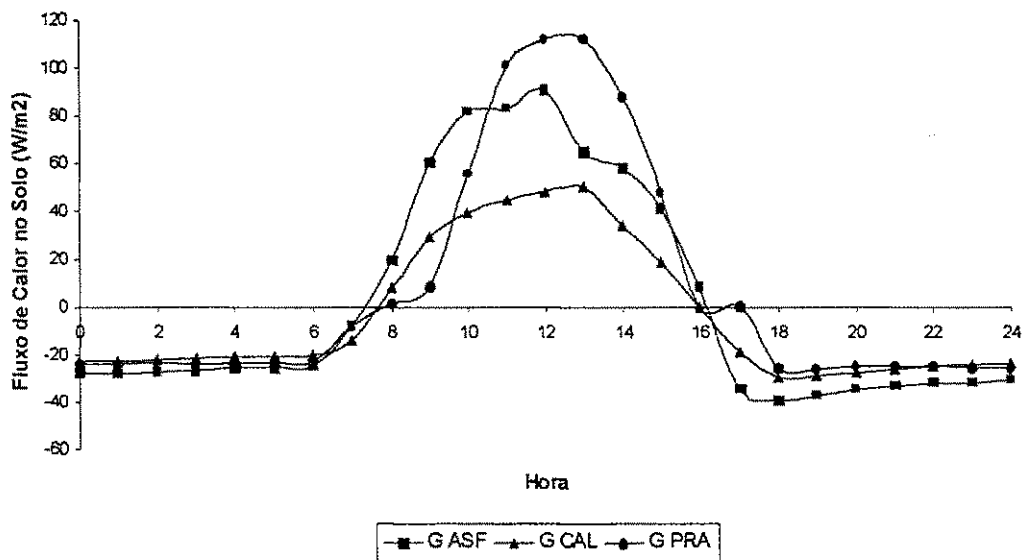


FIGURA (4.23) – Fluxo de calor no solo médio horário ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça, no período de inverno na cidade de Patos.

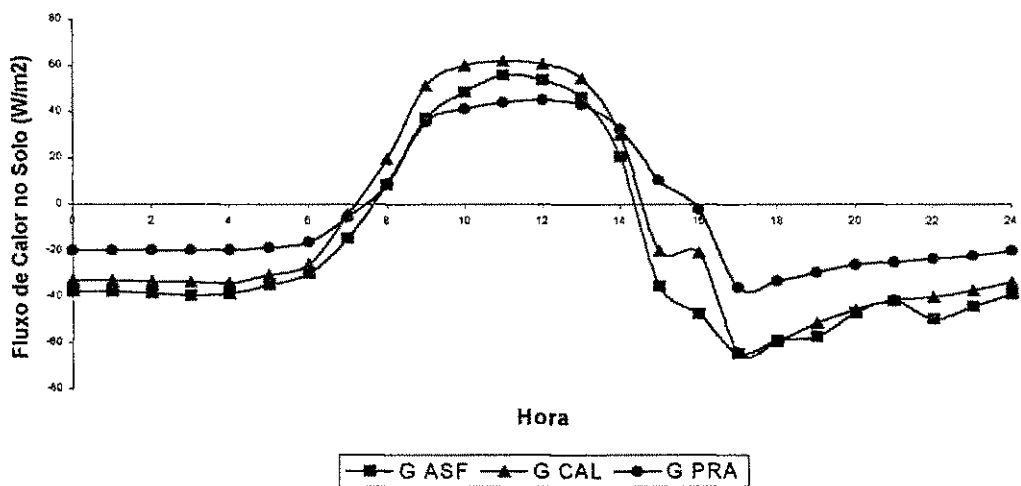


FIGURA (4.24) – Fluxo de calor no solo médio horário ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão, na cidade de Patos.



## **4.6.- RADIAÇÃO LÍQUIDA**

### **4.6.1 – CAMPINA GRANDE**

Como pode ser observado, nas Figuras (4.25) e (4.26) temos a radiação disponível sobre as áreas estudadas na cidade de Campina Grande tanto no período de inverno como no período de verão, na área de asfalto é maior do que nas áreas de calçamento e de praça. Em outras palavras, isso mostra que independente do período de observação, sobre a área de asfalto há mais energia disponível do que sobre a área de praça, que por sua vez, tem mais energia disponível do que a área de calçamento.

### **4.6.2 – PATOS**

Nas Figuras (4.27) e (4.28), tem-se o comportamento da radiação líquida nas áreas estudadas na cidade de Patos nos períodos de inverno e de verão. A exemplo do que foi observado em Campina Grande, também em Patos, tanto no inverno como no verão, a radiação disponível foi maior no asfalto.

No inverno a radiação líquida média horária máxima sobre o asfalto alcançou  $600 \text{ W.m}^{-2}$ , enquanto que no verão atingiu  $635 \text{ W.m}^{-2}$ , já sobre o calçamento no inverno a média horária máxima de radiação líquida foi de  $400 \text{ W.m}^{-2}$  e no verão de  $600 \text{ W.m}^{-2}$ .

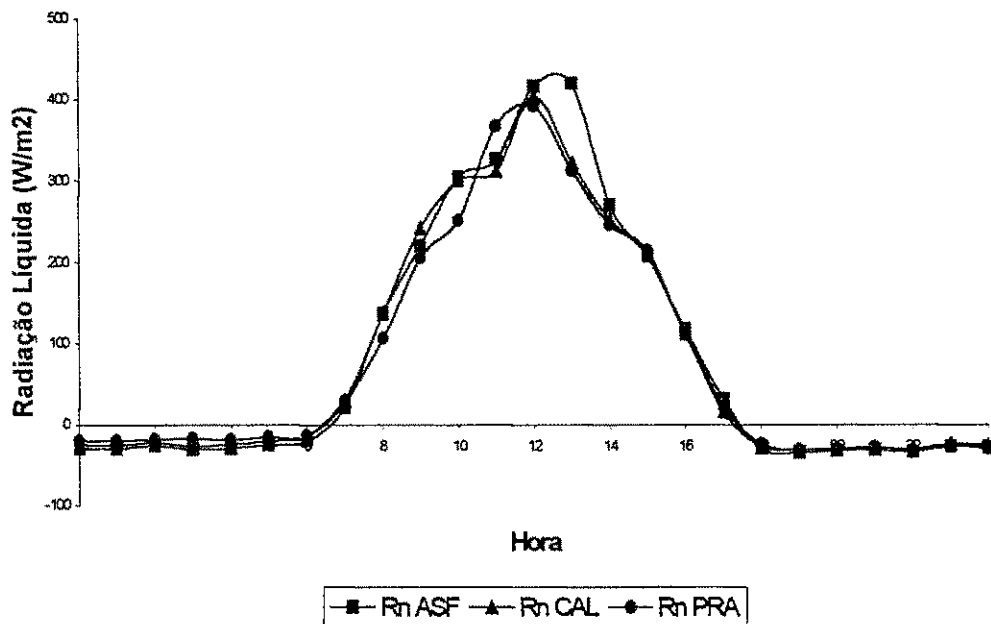


FIGURA (4.25) – Radiação líquida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de inverno na cidade de Campina Grande.

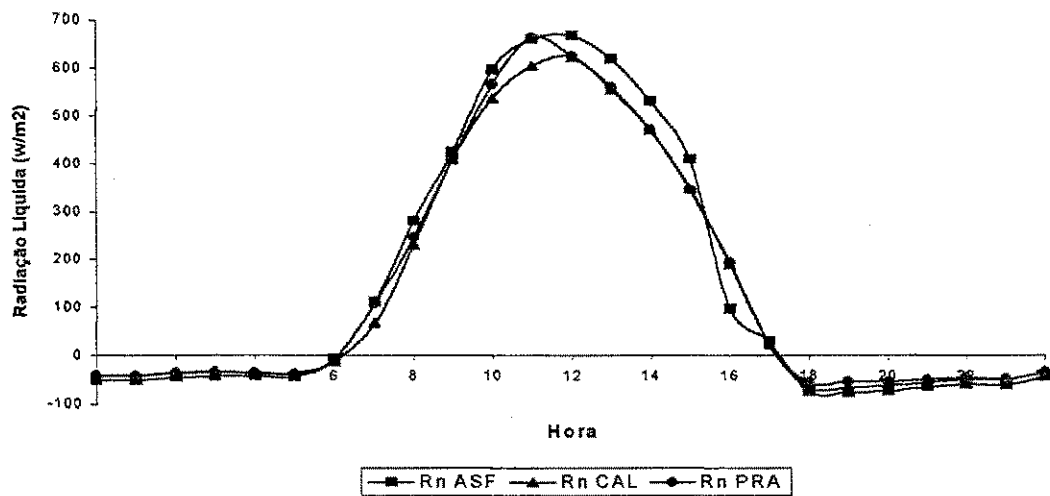


FIGURA (4.26) – Radiação líquida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento, e de praça, no período de verão na cidade de Campina Grande.

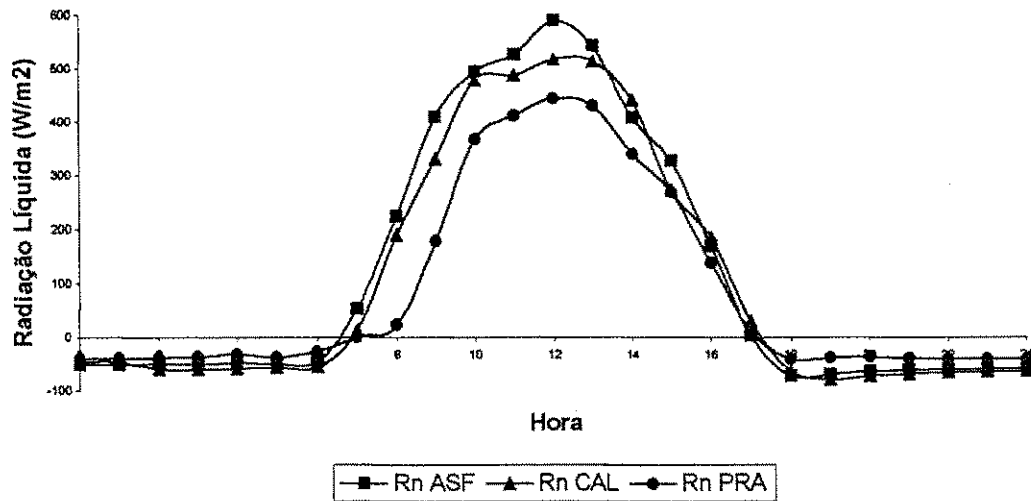


Figura (4.27) – Radiação líquida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento e de praça, no período de inverno na cidade de Patos.

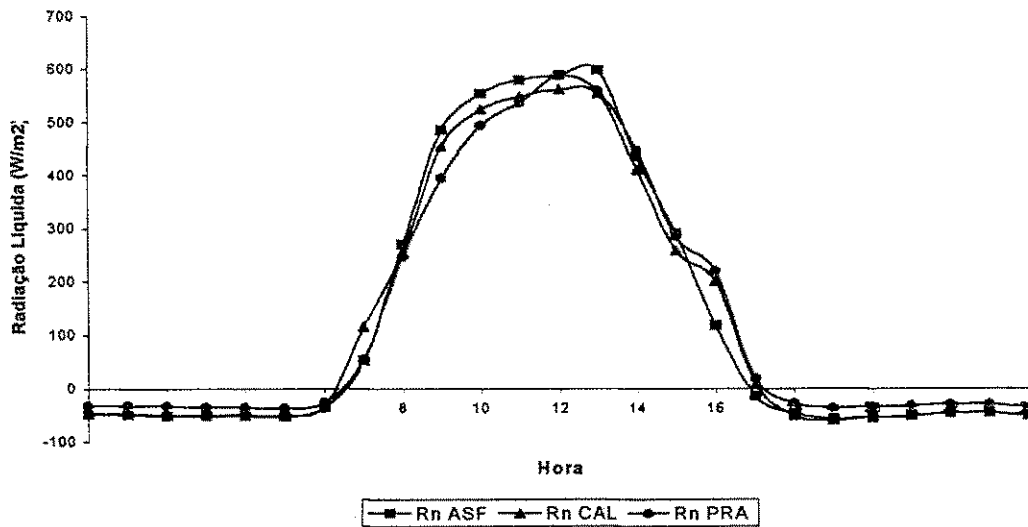


Figura (4.28) – Radiação líquida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas áreas de asfalto, de calçamento e de praça, no período de verão na cidade de Patos.

## 4.7 – RADIAÇÃO EMITIDA PELA SUPERFÍCIE

### 4.7.1 – CAMPINA GRANDE

Nas Figuras (4.29) e (4.30) tem-se o comportamento da radiação média horária emitida pelas superfícies estudadas no período de inverno e verão na cidade de Campina Grande. Tanto no período de inverno, como no de verão, a radiação emitida pelo asfalto foi maior, seguida da área de praça e da rua de calçamento. No período de inverno o asfalto atingiu um fluxo diário médio de  $437,4 \text{ W.m}^{-2}$ , enquanto que no verão foi de  $498,4 \text{ W.m}^{-2}$ . Na praça, esse mesmo fluxo foi de  $406,5 \text{ W.m}^{-2}$  no inverno e de  $489,8 \text{ W.m}^{-2}$  no verão, e por sua vez, o calçamento alcançou  $383,4 \text{ W.m}^{-2}$  no inverno e  $488,2 \text{ W.m}^{-2}$  no verão.

### 4.7.2 – PATOS

O comportamento da radiação média horária emitida pelas superfícies estudadas na cidade de Patos durante o inverno e o verão é mostrado nas Figuras (4.31) e (4.32).

No período de inverno o asfalto emitiu um fluxo diário médio de  $481 \text{ W.m}^{-2}$  enquanto que no verão foi de  $532,5 \text{ W.m}^{-2}$ , no calçamento esse fluxo alcançou  $455,1 \text{ W.m}^{-2}$  no inverno e  $492,7 \text{ W.m}^{-2}$  no verão, já na praça foi de  $476,5 \text{ W.m}^{-2}$  no inverno e de  $482,5 \text{ W.m}^{-2}$  no verão.

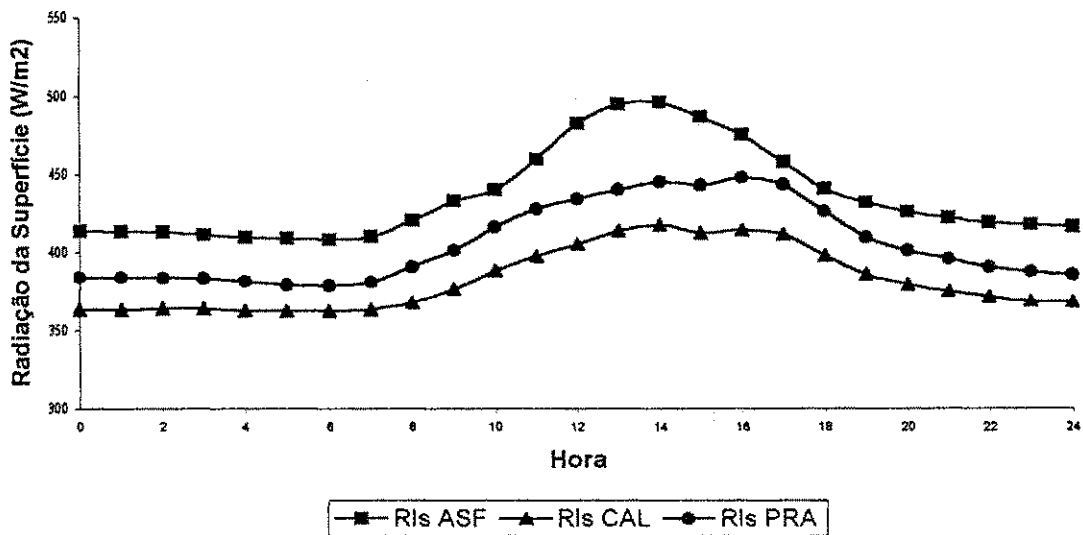


FIGURA 4.29 – Radiação média horária ( $W.m^{-2}$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

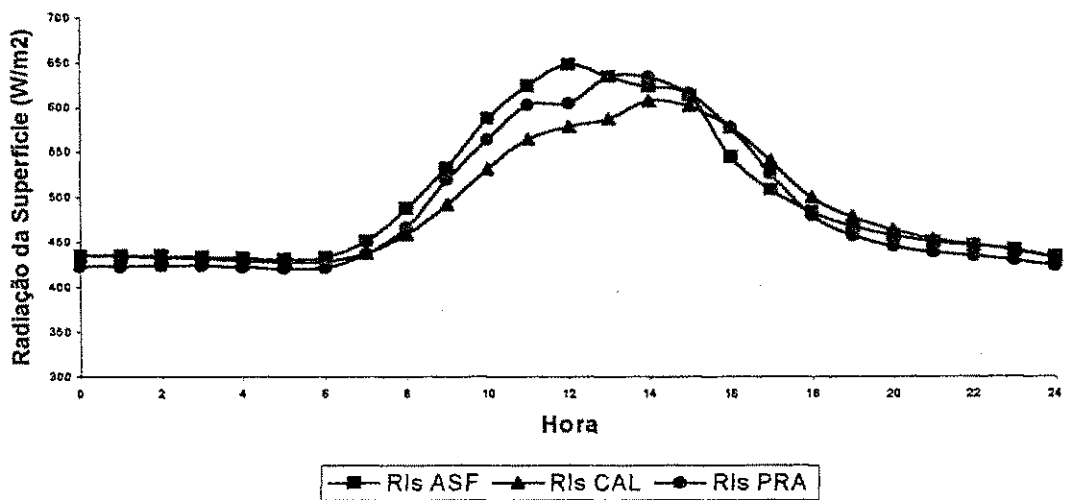


FIGURA 4.30 – Radiação média horária ( $W.m^{-2}$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.

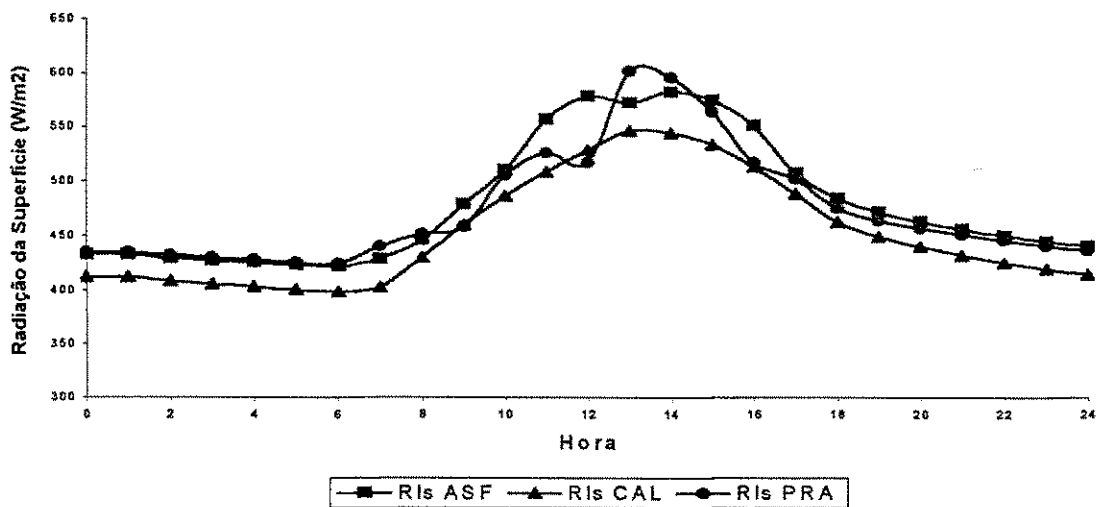


FIGURA 4.31 – Radiação média horária ( $W.m^{-2}$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos.

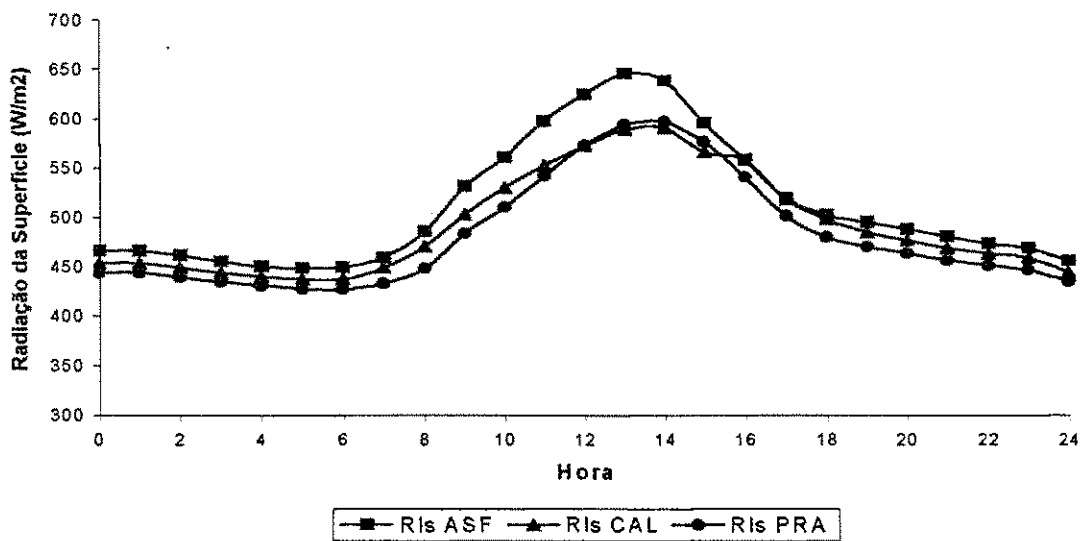


FIGURA 4.32 – Radiação média horária ( $W.m^{-2}$ ) emitida pela superfície de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos.

## 4.8 – RADIAÇÃO REFLETIDA ( $W.m^{-2}$ )

O comportamento da radiação refletida pelas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça são apresentados nas figuras a seguir.

### 4.8.1 – CAMPINA GRANDE

Nas Figuras (4.33) e (4.34), observa-se que no período de inverno e principalmente no período de verão em Campina Grande, a superfície de calçamento foi quem apresentou a maior reflectância. Por outro, a área de asfalto não apresentou uma reflexão acentuada comparada a área de praça, talvez isto tenha ocorrido em função do asfalto no inverno, devido a chuva ter mudado seu comportamento espectral, refletindo mais radiação do que o normal.

No período de verão (Figuras 4.33 e 4.34) percebe-se claramente que predomina a maior reflectância na rua de calçamento, seguida da área de praça e por último, da rua asfaltada, como a superfície que menos refletiu radiação de ondas curtas. Em termos de albedo pode ser observado nas Tabelas (4.27) e (4.28) que a rua de calçamento é a que teve maior albedo e que a área de praça teve um aumento do albedo do inverno para o verão de 15,7% para 22,2%. Contudo na área de asfalto, verificou-se exatamente o oposto, uma redução da reflexão.

Verifica-se que estes valores indicam mais ou menos o que foi dito acima para os dois períodos em relação a radiação refletida. Podemos ver ainda que em um dia chuvoso de inverno em Campina Grande (4/7/97), houve uma mudança bastante acentuada do poder de reflexão das três superfícies estudadas.

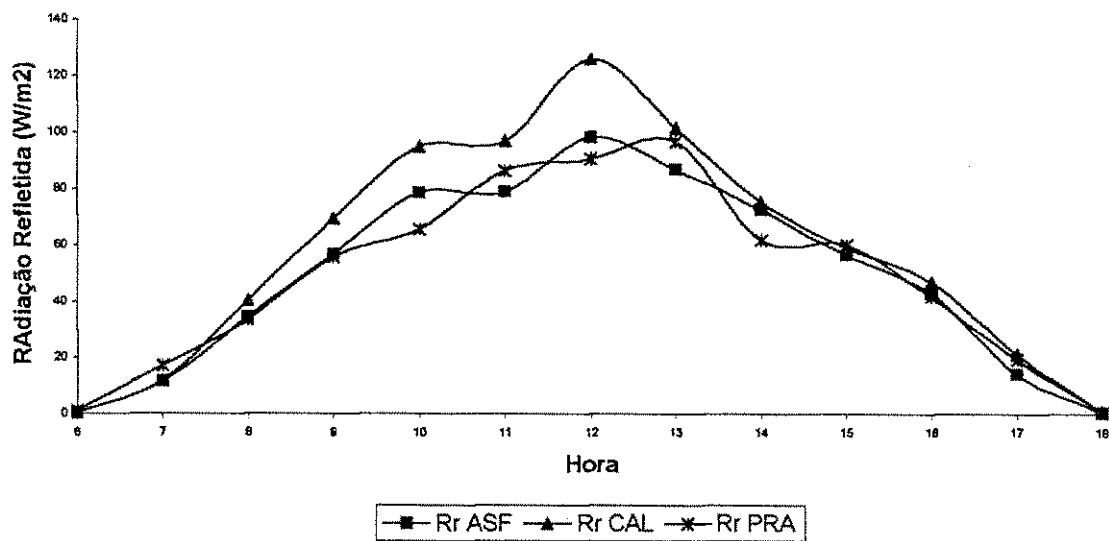


FIGURA 4.33 – Radiação refletida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

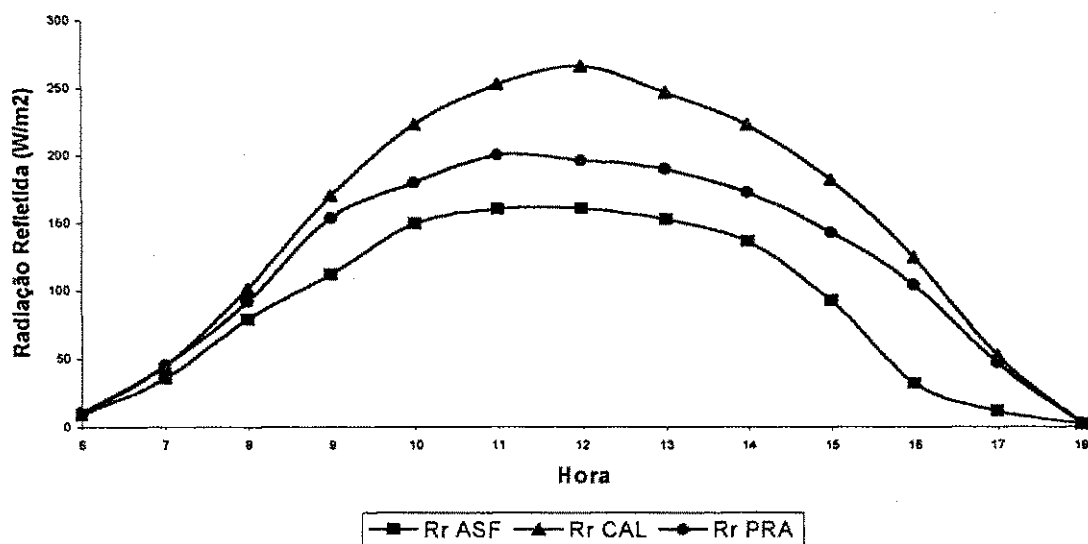


FIGURA 4.34 – Radiação refletida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.



TABELA 4.27 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO</b> |                |                   |              |
|---------------------------------|----------------|-------------------|--------------|
| <b>ALBEDO</b>                   |                |                   |              |
| <b>DIA</b>                      | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> |
| 3/7/97                          | 18,4           | 22,4              | -            |
| 4/7/97                          | 13,1           | 12,8              | 20,4         |
| 5/7/97                          | 18,1           | 20,3              | 16,8         |
| 6/7/97                          | 19,6           | 23,9              | 14,6         |
| 7/7/97                          | 19,9           | 23,7              | 15,6         |
| <b>MÉDIA</b>                    | <b>19,0</b>    | <b>22,6</b>       | <b>15,7</b>  |

TABELA 4.28 – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO</b> |                |                   |              |
|-------------------------------|----------------|-------------------|--------------|
| <b>ALBEDO</b>                 |                |                   |              |
| <b>DIA</b>                    | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> |
| 6/12/97                       | 17,1           | 27,1              | 21,3         |
| 7/12/97                       | 16,9           | 27,2              | 20,6         |
| 8/12/97                       | 16,7           | 27,1              | 23,2         |
| 9/12/97                       | 16,0           | 27,2              | 22,7         |
| 10/12/97                      | 16,8           | 27,3              | 23,1         |
| <b>MÉDIA</b>                  | <b>16,7</b>    | <b>27,2</b>       | <b>22,2</b>  |

## 4.8.2 – PATOS

O comportamento da radiação refletida na cidade de Patos pode ser observado nas Figuras (4.35) e (4.36). No período de inverno, a área de praça entre 10:30 às 15:30 horas foi a que apresentou maior reflectância, fato verificado em função do solo estar nu, seco e apresentar em sua composição bastante areia. Por outro lado, o asfalto apresentou uma reflectividade maior em relação a área de calçamento e de Praça.

No período de verão, Figura (4.36), no caso da área de praça, houve uma mudança de local em relação ao experimento de inverno, neste período predominou a maior reflectância pela rua de calçamento, fato importante por que contribui para não armazenar muita energia à superfície; conseqüentemente, não transfere muito calor para a atmosfera adjacente, como ocorre nas áreas de asfalto e de praça. Ao contrário do inverno, o solo da área de praça, além de mais escuro tinha em sua composição uma maior parte concentração de argila.

Os valores de albedo são mostrados nas Tabelas (4.29) e (4.30) a seguir.

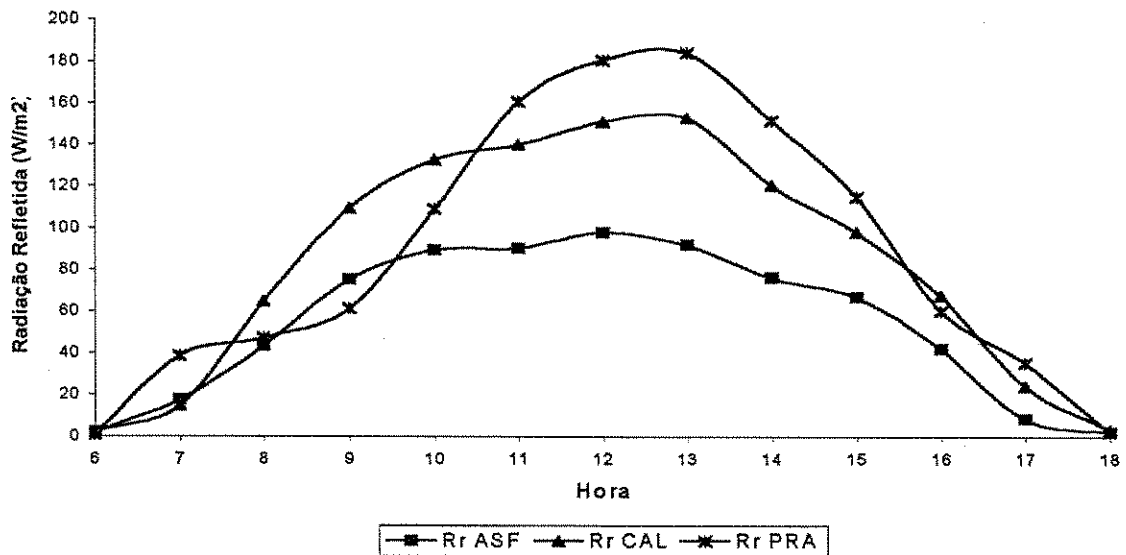


FIGURA 4.35 – Radiação refletida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos.

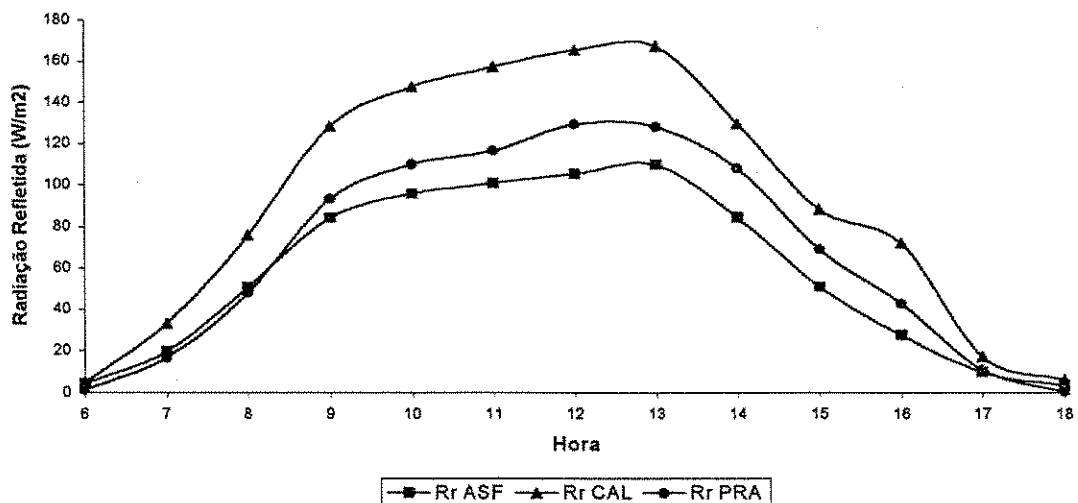


FIGURA 4.36 – Radiação refletida média horária ( $W.m^{-2}$ ) nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos.

TABELA (4.29) – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO</b> |                |                   |              |
|------------------------|----------------|-------------------|--------------|
| <b>ALBEDO</b>          |                |                   |              |
| <b>DIA</b>             | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> |
| 8/8/97                 | 11,9           | 19,1              | 24,4         |
| 9/8/97                 | 12,1           | 18,7              | 33,5         |
| 10/8/97                | 12,3           | 19,1              | 32,3         |
| 11/8/97                | 12,2           | 19,1              | 30,9         |
| 12/8/97                | 11,8           | 18,6              | 26,1         |
| <b>MÉDIA</b>           | <b>12,1</b>    | <b>18,9</b>       | <b>29,4</b>  |

TABELA (4.30) – Albedo das superfícies de asfalto, de calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos.

| <b>PATOS – VERÃO</b> |                |                   |              |
|----------------------|----------------|-------------------|--------------|
| <b>ALBEDO</b>        |                |                   |              |
| <b>DIA</b>           | <b>ASFALTO</b> | <b>CALÇAMENTO</b> | <b>PRAÇA</b> |
| 18/12/97             | 13,4           | 18,9              | 17,4         |
| 19/12/9              | 13,5           | 19,4              | 14,6         |
| 20/12/97             | 13,2           | 19,3              | 15,2         |
| 21/12/97             | 13,3           | 20,0              | 17,8         |
| 22/12/97             | 12,8           | 19,7              | 15,2         |
| <b>MÉDIA</b>         | <b>13,2</b>    | <b>19,5</b>       | <b>16,1</b>  |

## **4.9 - UMIDADE RELATIVA (%)**

### **4.9.1 – CAMPINA GRANDE**

Nas Figuras (4.37) e (4.38) são apresentadas as curvas representativas do comportamento diário da umidade relativa do ar em termos de médias horárias da cidade de Campina Grande. Observa-se que a umidade relativa no período de inverno foi maior sobre a área de praça, seguida da rua de calçamento e da rua asfaltada.

No verão, verifica-se que sobre a rua de calçamento foi observado maior umidade do que não só sobre a rua de asfalto, o que seria normal, mas sobretudo do que sobre a área de praça. Esta última situação sugere imaginar que devido a facilidade da água em sair do solo para a atmosfera, a área de praça durante o período de verão continha menos água armazenada ao solo do que a área de calçamento.

### **4.9.2 – PATOS**

Nas Figuras (4.39) e (4.40) são apresentadas as curvas do comportamento médio horário da umidade relativa do ar (%) na cidade de Patos durante o período de inverno e de verão.

Durante o inverno, (Figura 4.39), observa-se que a umidade na área de praça foi superior a do asfalto, e de calçamento. No verão, o asfalto apresentou maiores valores de umidade seguido da praça e do calçamento.

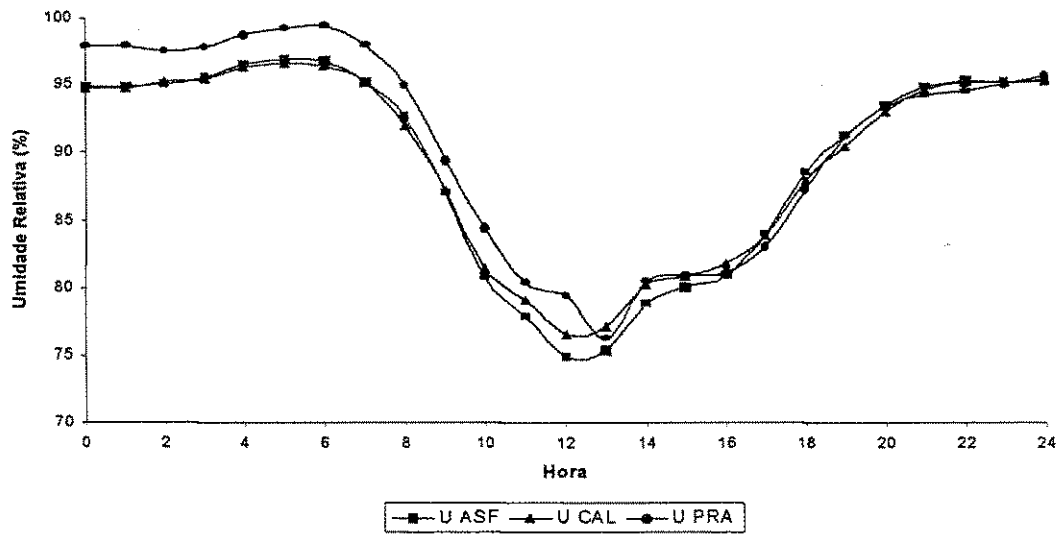


FIGURA 4.37 – Umidade Relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Campina Grande.

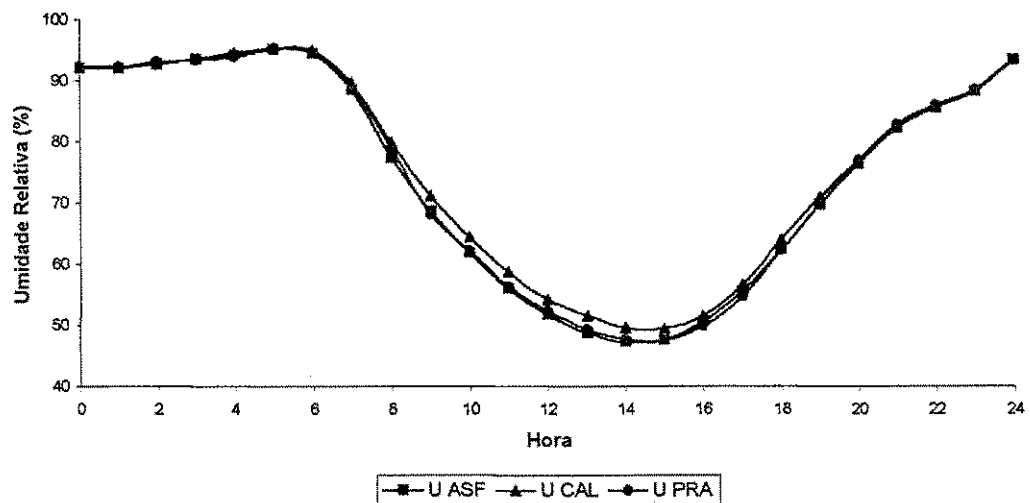


FIGURA 4.38 – Umidade Relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de verão na cidade de Campina Grande.

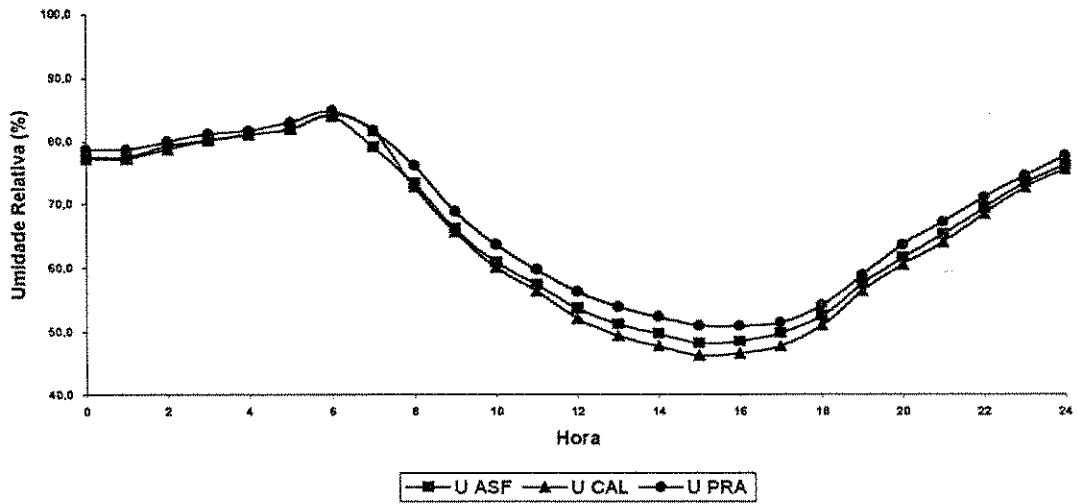


FIGURA 4.39 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de inverno na cidade de Patos.

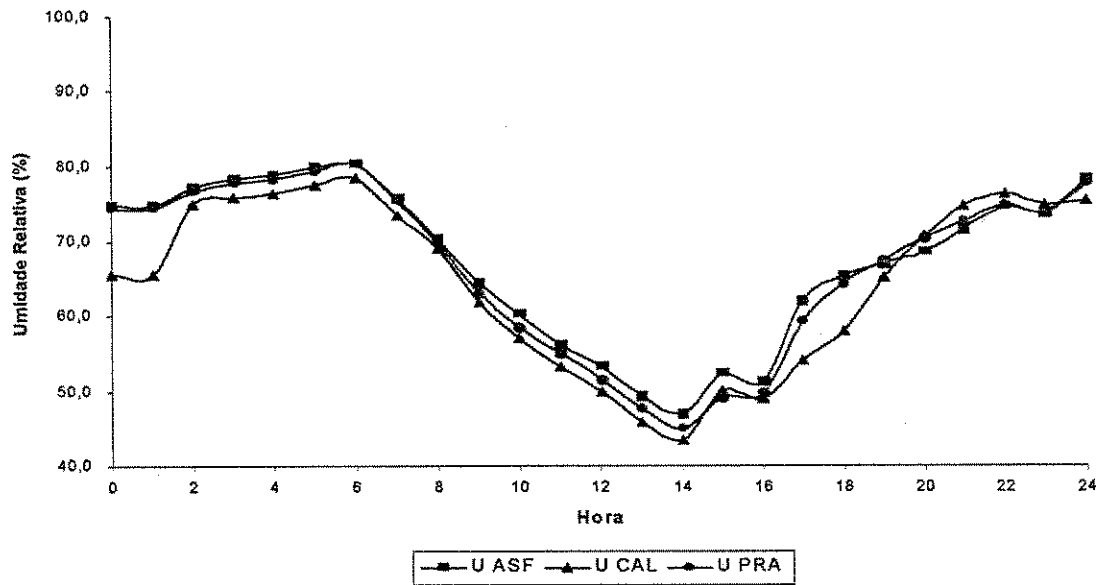


FIGURA 4.40 – Umidade relativa do ar média horária (%) sobre as superfícies de asfalto, calçamento e de praça no período de verão na cidade de Patos.

## **4.10 – VELOCIDADE DO VENTO (M/S)**

### **4.10.1 – CAMPINA GRANDE**

Nas Figuras (4.41) e (4.42) apresenta-se o comportamento da velocidade do vento (m/s) sobre as áreas estudadas em Campina Grande. Nota-se que tanto no inverno como no verão, a área de praça apresentou maior velocidade, isto é ocorreu devido ser esta, uma área livre e sem a presença de obstáculos. Nesta época, o vento atingiu uma velocidade média diária de 2,7 m/s. O asfalto e o calçamento praticamente tiveram a mesma velocidade média em ambos os períodos. No inverno a média do calçamento foi de 0,6 m/s, enquanto no verão foi de 1,3 m/s. Já o asfalto teve 0,7 m/s no inverno e 1,4 m/s no verão.

### **4.10.2 – PATOS**

Nas Figuras (4.43) e (4.44) observa-se o comportamento das curvas da velocidade do vento na cidade de Patos. No inverno, o asfalto e a praça tiveram um comportamento semelhante com uma média de 1,3 m/s, seguida do calçamento com uma média de 1,1 m/s.

No verão a praça apresentou uma média de 1,6 m/s, portanto superior a média do asfalto de 1,4 m/s, e por último o calçamento com uma média horária de 1,0 m/s, ou seja, a área menos ventilada.



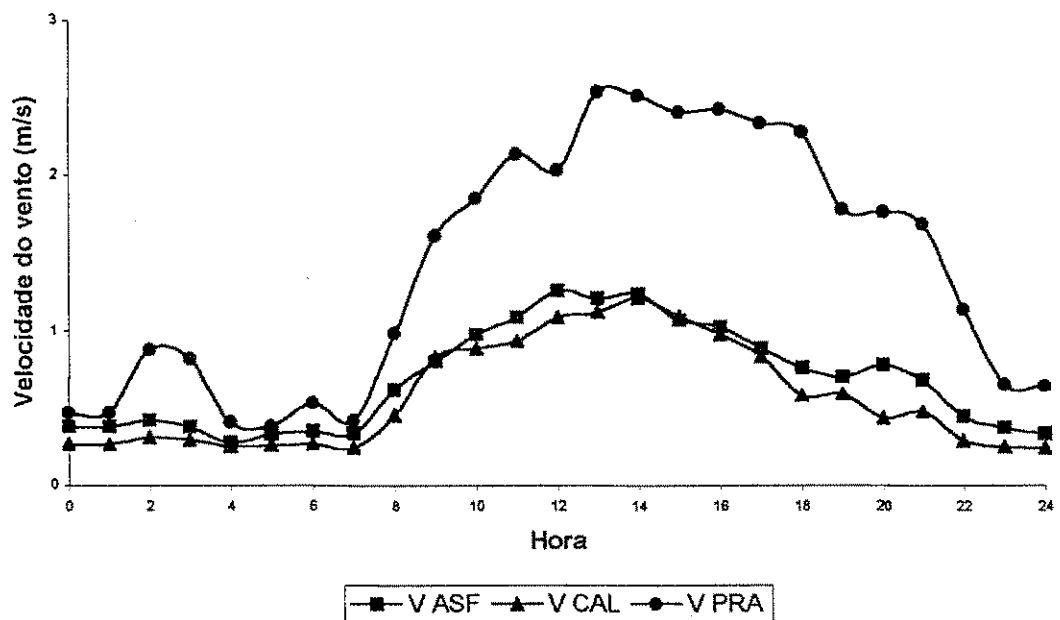


FIGURA 4.41 – Velocidade do vento média horária (m/s) nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça, no período de inverno na cidade de Campina Grande.

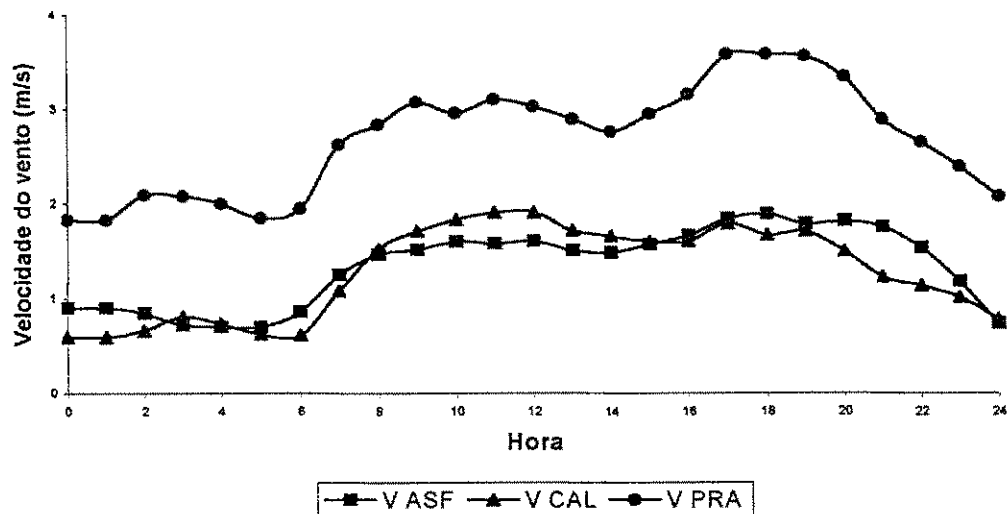


FIGURA 4.42 – Velocidade do vento (m/s) média horária nas superfícies de asfalto, de calçamento e de praça, no período de verão na cidade de Campina Grande.

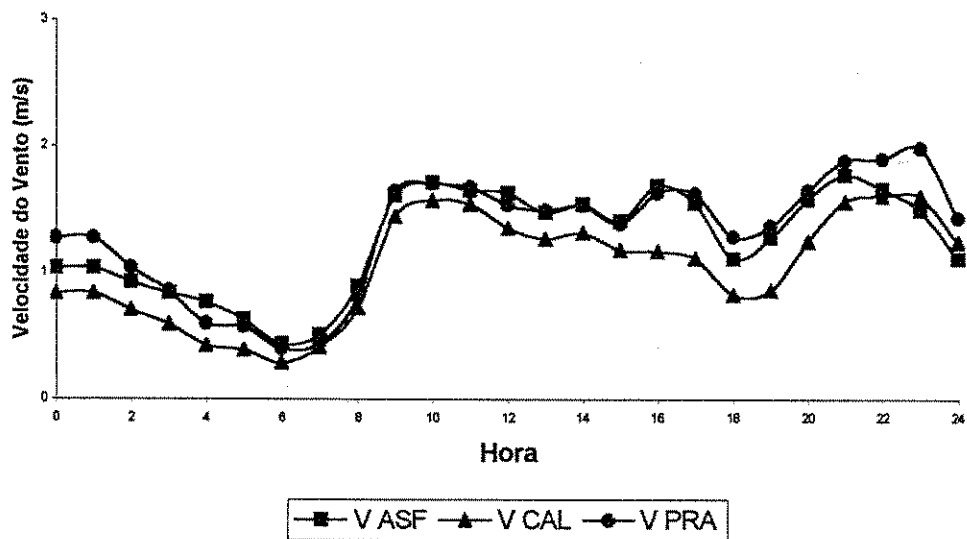


FIGURA 4.43 – Velocidade do vento (m/s) média horária nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça, no período de inverno na cidade de Patos.

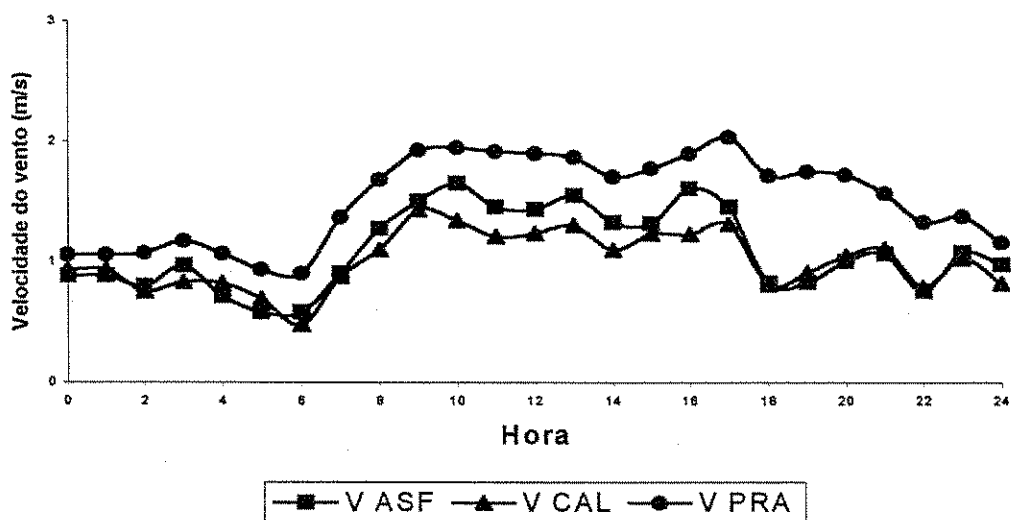


FIGURA 4.44 – Velocidade do vento (m/s) média horária nas superfícies de asfalto, calçamento e de praça, no período de verão.

## **5 – CONCLUSÕES**

Analisando os resultados obtidos nas duas cidades estudadas, chegou-se às seguintes conclusões:

- Tanto na cidade de Campina Grande como em Patos (devido à climatologia), e por extensão em outras cidades do Nordeste brasileiro, o asfalto e o revestimento de paralelepípedo são fatores que contribuem para a formação de ilhas de calor, pois ao absorverem grande quantidade de radiação solar contribuem para um maior aquecimento das cidades;
- A temperatura do ar na estação meteorológica, que representa uma área mais ou menos em condições naturais apresentou-se mais fria em ambos os períodos do que nas superfícies de asfalto, calçamento e praça. Na cidade de Campina Grande, no dia 7/7/97, a diferença de temperatura média diária entre

estação meteorológica chegou a 2,5°C, indicando uma grande influência da estrutura urbana no aquecimento da cidade;

- Observações com transecto móvel na cidade de Patos mostraram que a falta de arborização pode contribuir para aumentar a temperatura em até 1,8°C sobre rua asfaltada e 1,3°C em rua de calçamento;
  
- Os dados observados mostram que não é aconselhável o uso de cores escuras nas paredes, pois isto também contribui para elevar a temperatura. Em Patos, verificou-se uma diferença de 5,2°C do lado sombreado para o lado ensolarado numa parede de cor azul;
  
- Considerando que o problema do aquecimento nas cidades afeta diretamente a qualidade de vida, tornando o ambiente urbano bastante desagradável, principalmente nas ruas asfaltadas, algumas medidas poderiam ser adotadas para amenizar esta situação. Entre estas, por exemplo: primeiro – clarear a cor do asfalto para que menos radiação seja absorvida; segundo – nos prédios que usam ar condicionado, deveriam ser construídas salas de aclimatização à temperatura ambiente, para que as pessoas antes de entrar ou sair desses locais passem por um equilíbrio térmico.

## 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANDAKUMAR, K. (1996). A study on the partition of net radiation into heat fluxes on a dry asphalt surface. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany, pag 24.

ARYA, S.P., (1988). Introduction to Micrometeorology. Academic Press Inc, USA.

BARROS,V.and CAMILLONI,I.(1994). Urban biased trends in Buenos Aires mean temperature. *Clim. Res.*,4:33-45.

BRÁDZIL, R.(1994). Climatic fluctuation in the czech lands during the last millenuim. *Geo Journal.*, 32:199-205.

CAMILLONI,I and BARROS,V. (1996) Potential errors in estimating the urban heat island effect during warning periods. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 08-09.

CAMPBELL, S. G. ,(1977). An introduction to environmental biophysics, Springer-Verlag, New York.

CHANDLER,T.J.(1962). London's Urban Climate. *Geog. J.*127,279-302.

CHEN, Q.G.(1993). Developing contrution on heathy buildings. *Proc. Int. Conf."Indoor Air Quality Problems-from Science to Practice"*, Warsaw, Poland.

CHING,J.K.S. (1985). Urban-Scale Variations of Turbulence Parameters and Fluxes, *Boundary Layer Meteorology* , 33: 335-361.

CLEUGH,H.A. and OKE, T.R.(1986). Suburban-rural energy balance comparisons in summer for Vancouver, B.C. *Boundary Layer Meteorology* . 36, p.351-369.

DAVENPORTI,A.G.(1963). The Relationship of wind structure to wind loading. Preprint. Int. *Conf. on Wind Effects on Buildings and Structures*, 51pp, natl.phys.lab, Teddington, England.

DEACON, E.L.(1950). The measurement and recording of the heat flux into the soil. *Quant. J. Roy. Met. Soc.*, 76:479.

ENDLICHER, W.(1981). L'îlot de Chaleur Urban d'Annecy: Quelques Remarques Sur le Climat Local d'une Ville Alpine, *Revue da Géographic Alpine Grenoble*, Tome LXIX,3, Imprimiere de L'avenir, AIX LES BAINS.

ENDLICHER, W. AND SCHULTZ, E. (1996). Traffic conditions, biomass burning and airborne dust in Tucuman, Argentina. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 89-90.

EVANS, J. M. and de SCHILLER, S. (1989). Climate and urban planning; The example of planning code for Vicent López, Buenos Aires. *Urban Clim.,Plann. and Buil.*,Switzerland. Vol.1. Ed.A.Bitán.

ERNEST, S.(1996). Influence of urban Freiburg i. Br., Germany, on the nocturnal vertical distribution weather conditions. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 31.

GIER, J.L. and DUNKLE, R.V.(1951). Total hemispherical radiometers. *Trans.An. Inst. Engrs*, 70: 339-343.

GIVONI, B. (1989). Urban design in different climates. WMO. Geneva, Switzerland.

GOLD, E.(1956). Smog. the rate of influx of surrounding cleaner air. *Weather* 11,7:230-232.

GRIMMOND, C.S.B., CLEUGHT,H.A, and OKE,T.R. (1981). An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes. *Atmospheric Environment*, Vol 25B, N<sup>o</sup>3, 311-326.

GRIMMOND, C.S.B (1992). The suburban energy balance: methodological considerations and results for a mid-latitude west coast city under winter and spring conditions. Climate and Meteorology Program, Department of Geography, Indiana,USA.

HABERFELD, E., MAYER, M., BITAN, A.and MATZARAKIS, A. (1996). First results of an urban wind climate study of Tel Aviv, Israel. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 29.

HAGE, K.D. (1975). Urban-Rural Humidity Diferrences, *Journal of Applied Meteorology*, Vol 14, 1277-1283.

HEINO, R.(1979). Urban effect on climatic elements in Finland. *Geophysics*, 15:171-188.



HEINO, R.(1996). Homogeneity of long-term urban records. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 61-63.

HOLMER, B. and ELIASSON, I.(1996). Urban-rural vapour pressure differences and the urban heat island formation. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 16-17.

JÁUREGUI, E, GONDINEZ. L and CRUZ. F (1992). Aspects of heat-island development in Guadalajara, Mexico. *Atmospheric Environment*. Vol 26B. N°3. Pag 391-396.

JÁUREGUI, E., SPRONKEN-SMITH, R. A., OKE.T and TAJEDA-MARTÍNEZ, A.(1996). Recent energy balance observations in Mexico city. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 77-78.

JOHNSON, G.T and HUNTER, L.J. (1996). Insights into typical urban canyon airflows. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 0-14. Essen, Germany. Pag 32-33.

KIMURA,F.and TAKAHASHI,S. (1991). The effects of land-use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo metropolitan area: A Numeral Experiment. *Atmospheric Environment*, Vol. 25B, 155-164.

KIYOTA, N. and NARITA, K.(1996) Field observation of the air flow and heat budget of an east-west urban canyon: Airflow characteristics. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 34-35.

KRATZER,P.A.(1956). Das Stadtklima. *Wissenschaft (Braunschweig)* 90, 184pp

KUKLA, G.,GAVIN, J. and KARL, T. R. (1986) Urban warming. *J. Clim. Appl. Meteorol.*,25:1265-1270.

KUTLER.W, and SCHWEGLER, M. (1996). Measurements of air pollutants in urban backyards. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 94.

LANDSBERG, H.E.(1981). The urban climate. Academic Press, 285 pp.

LEE,D.O (1992). Urban warming? An analyses of recent trends in London's Heat Islan. *Weather*, Vol 47, N<sup>o</sup>2, 50-56.

LOMBARDO, M.A,. (1985). Ilha de Calor nas Metr p les-O Exemplo de São Paulo, Editora Hucitec, São Paulo, 244p.

- LOMBARDO, M.A. (1990). *Vegetação e Clima, III Encontro Nacional sobre Arborização Urbana*. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba, Paraná,01-03.
- LOMBARDO, M.A. (1996) O clima e a cidade. *Boletim Climatológico*. Universidade Estadual Paulista. Ano 1, n.2, novembro de 1996.
- MAITELLI, G.T. (1994). Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: O exemplo de Cuiabá-MT, Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, F.F.L.C.H, USP, São Paulo.
- MAITELLI, G.T, e ZAMPARONI, C.A.P (1995). Climatologia Urbana: Uma revisão bibliográfica. *Revista Mato-grossense de Geografia*, Cuiabá, Ano 1, nº0, Dez 1995.
- MAITELLI,G.T (1995).Balanço de Energia e Modelos nos estudos do clima urbano. *Revista Mato Grossese de Geografia*, Ano 01, nº0.Dez 1995.
- MAYER, H.(1990). Die humanbioklimatologische Bewertung des Stadtklimas. *VDI Bencht Umweltmeteorologic*. Bd.15.Dusseldorf.
- MENDONÇA, F.A. (1996). O clima e o planejamento urbano: a particularidade das cidades de porte médio e pequeno. *Boletim Climatológico*. Universidade Estadual Paulista. Ano 1, n.2, novembro de 1996.

MONTEIRO, C.A. de FILHO (1976). Teoria e Clima Urbano. IGEO, USP, Série Teses e Monografias, N°25, São Paulo.

MORENO-GARCIA, C.H (1994). Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *In: International Journal of Climatology*. Vol 14, 705-710.

MUNN,R.E. (1996). Descriptive Micrometeorology . Advances in Geophysic, Academic Press, Vol.I, Pg 199.

OKE,T.R and MAXWELL,G.B. (1975). Urban Heat Islands Dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment*, 9, 191-200.

OKE,T.R, KALANDA,B.O. and STEYN,D.G. (1981). Parametrization of heat storage in urban areas. *Urban Ecology* . 5, 45-54.

OKE, T.R. (1987). Boundary Layer Climates. Routledge, London and Ney Work, Second Edition, 435p.

OKE, T.R.(1989). The micrometeorology of the urban forest. *Phil. Trans. R. Soc.* Lond., 324:335-349.

OKE,T.R., ZEUNER G., and JAUREGUI,E. (1992). The Surface Energy Balance in Mexico City. *Atmospheric Environmet*, Vol.26B, N°4, 433-444.

PADMANABHAMURTY, B and BANDOPADHYAY, D (1994). Radiation balance in a tropical city - Delhi. School of environmental Sciences, New Delhi-110067, N°1-2 India.

PIELKE, R. (1984). Mesoscale meteorological modeling. Academic Press, 612 pp.

QUIGAO, C. (1996) Optimising air quality and climate in a courtyard by buildings. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 147-148.

RALDGRUBER, M.E. and PRABHA, T. V.(1996) Atmospheric de coupling effects and their consequences for city ventilation. *In: International Conference on Urban Climatology*.. June 10-14. Essen, Germany. Pag 36.

ROMERO, M.I., RIVERA, A.S. and TESSMANN, M.I. (1996). Rapid urban growth, land use changes and air pollution in santiago de Chile. *In: International Conference on Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 253-254.

SANG, J.G.(1996) Flow and temperature structures of the urban boundary layer. *In: International Conference On Urban Climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 37.

SEABRA, O.C.L. (1991) A problemática ambiental e o processo de urbanização no Brasil. *Polis*, n.3, p.15-21.

SHAM, S.(1991) Urban climatology in Malasia: an overview. *Energy and Bldg.* 15-16:105-117.

SHULTZ, E.(1994). Size fractionated determination of black carbon particles in airborne dust originating from highway traffic. *Sci. Total Environ.* 146/147:289-296.

SPRONKEN-SMITH, R.A.(1994). Energetics and cooling in urban parkes. Unpubl. Ph.D.Thesis.The University of British Columbia, Vancouver, 204 pp.

SPROKEN-SMITH, R.A.(1996). Urban parks as "cool islands"- A review. *In: International Conference on Urban Climatology.* June 10-14. essen, Germany. Pag 132-133.

STULPUNAGEL,A.V., HOBERT,M. and SUKOPP, M. (1990). The importance of vegetation for the urban climate. *Urban Ecology*, 175-193.

THEURER, W.(1993). Ausbreitung bodennaher Emissionen in Komplexen Bebauunger. Dissertation. IHW. Universitat Karlsruhe.

TSUTSUMI, J.(1996). Field observation of sensible heat flux and convective heat transfer by the eddy correlation method. *In: International Conference on Urban climatology*. June 10-14. Essen, Germany. Pag 81-83.

VAN DEN HOUT, K.R, BAARS, H.P(1988). Ontwikkeling van twee modellen voor de verspreiding van luchtverontreiniging door verkeer: het TNO-verkeer model and het CAR-model. *TNO-Rapport R 88/192*.

WHITEN, A.J.(1956). The ventilation of Oxford Circus. *Weather* . 11,7:227-229.

YAMASHITA,S., SEKIMET,K., SHODA,M., YAMASHITA,K. and MARA,Y. (1996). On Relationship Between Heat Island and Sky View Factor in the Cities of Tama River Basin, Japan. *Atmospheric Environment*, Vol 20, N° 4, 681-686.

ZAMPARONI, C.A.G.P. (1995). Ilha de Calor em Barra do Garças e Tanguara da Serra MT: Uma contribuição ao estudo de clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical. Dissertação de Mestrado, Dep de Geografia, F.F.L.C.H, USP, São Paulo.

# ANEXOS

São apresentadas nos anexos que seguem informações em forma de tabelas de alguns parâmetros meteorológicos observados nas estações meteorológicas de Campina Grande e Patos.



**TABELA 1** - Dados médios mensais de precipitação, temperatura mínima, média e máxima do ar e umidade do ar em Campina Grande.

| MESES        | Precipitação<br>(mm) | Temperatura (°C) |       |        | Umidade<br>Relativa (%) |
|--------------|----------------------|------------------|-------|--------|-------------------------|
|              |                      | Mínima           | Média | Máxima |                         |
| JAN          | 38,3                 | 20,3             | 24,0  | 30,9   | 70,8                    |
| FEV          | 55,2                 | 20,5             | 24,0  | 30,4   | 74,2                    |
| MAR          | 97,0                 | 20,6             | 23,9  | 30,2   | 76,1                    |
| ABR          | 110,9                | 20,3             | 23,4  | 28,9   | 79,0                    |
| MAI          | 108,8                | 19,5             | 22,4  | 27,3   | 82,7                    |
| JUN          | 110,2                | 18,4             | 21,3  | 25,8   | 84,4                    |
| JUL          | 106,7                | 17,5             | 20,5  | 25,2   | 84,3                    |
| AGO          | 58,5                 | 17,4             | 20,6  | 26,1   | 79,8                    |
| SET          | 28,2                 | 18,1             | 21,6  | 27,9   | 75,0                    |
| OUT          | 11,5                 | 19,0             | 22,8  | 29,7   | 70,3                    |
| NOV          | 13,5                 | 19,6             | 23,5  | 30,5   | 69,2                    |
| DEZ          | 20,2                 | 20,1             | 23,8  | 30,8   | 69,9                    |
| <b>Total</b> | 759                  |                  |       |        |                         |
| <b>Media</b> |                      | 19,3             | 22,7  | 28,6   | 76,3                    |

**TABELA 2** - Dados médios mensais de precipitação, temperatura mínima, média e máxima do ar e umidade do ar em Patos.

| MESES        | Precipitação<br>(mm) | Temperatura (°C) |       |        | Umidade<br>Relativa (%) |
|--------------|----------------------|------------------|-------|--------|-------------------------|
|              |                      | Mínima           | Média | Máxima |                         |
| JAN          | 65,6                 | 23,1             | 28,1  | 34,4   | 52,3                    |
| FEV          | 132,7                | 23,0             | 27,3  | 32,8   | 64,0                    |
| MAR          | 206,9                | 22,4             | 26,5  | 32,0   | 65,6                    |
| ABR          | 154,6                | 22,4             | 27,0  | 31,9   | 61,3                    |
| MAI          | 59,8                 | 22,1             | 26,4  | 32,4   | 55,8                    |
| JUN          | 22,3                 | 21,0             | 25,7  | 31,3   | 53,8                    |
| JUL          | 9,5                  | 20,7             | 26,1  | 31,5   | 49,1                    |
| AGO          | 2,8                  | 21,0             | 26,4  | 32,6   | 46,8                    |
| SET          | 0,8                  | 21,9             | 27,3  | 33,2   | 45,7                    |
| OUT          | 5,8                  | 22,5             | 28,3  | 34,7   | 47,2                    |
| NOV          | 15,0                 | 22,4             | 28,3  | 35,1   | 48,1                    |
| DEZ          | 25,6                 | 23,1             | 28,4  | 34,7   | 47,4                    |
| <b>Total</b> | 701,4                |                  |       |        |                         |
| <b>Média</b> |                      | 22,1             | 27,2  | 33,1   | 53,1                    |

**TABELA 3 - Temperatura (°C) na estação meteorológica no período de inverno (3/7 a 7/7/97) na cidade de Campina Grande.**

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO – TEMPERATURA (°C)</b> |               |               |               |               |               |              |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>HORA</b>  | <b>3/7/97</b> | <b>4/7/97</b> | <b>5/7/97</b> | <b>6/7/97</b> | <b>7/7/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0  | 18,1          | 19,8          | 19,4          | 18,8          | 18,6          | 18,9         |
| 1  | 18,0          | 19,6          | 19,3          | 18,7          | 18,2          | 18,8         |
| 2  | 18,2          | 19,5          | 19,4          | 18,4          | 18,4          | 18,8         |
| 3  | 18,1          | 19,5          | 19,2          | 18,3          | 19,0          | 18,8         |
| 4  | 18,0          | 19,5          | 19,0          | 17,8          | 18,5          | 18,6         |
| 5  | 17,5          | 19,4          | 19,0          | 17,5          | 18,3          | 18,3         |
| 6  | 17,0          | 19,3          | 18,9          | 17,0          | 18,0          | 18,0         |
| 7  | 17,3          | 19,4          | 18,8          | 17,0          | 17,8          | 18,1         |
| 8  | 18,0          | 19,7          | 19,6          | 18,1          | 18,2          | 18,7         |
| 9  | 19,3          | 20,8          | 20,0          | 19,2          | 20,0          | 19,9         |
| 10   | 20,4          | 22,0          | 22,0          | 20,1          | 20,5          | 21,0         |
| 11   | 21,1          | 23,1          | 22,4          | 21,2          | 21,6          | 21,9         |
| 12   | 22,8          | 23,0          | 24,0          | 22,3          | 22,7          | 23,0         |
| 13   | 22,8          | 23,1          | 24,6          | 23,9          | 23,5          | 23,6         |
| 14   | 23,2          | 23,0          | 25,0          | 24,2          | 24,1          | 23,9         |
| 15   | 22,8          | 22,0          | 22,2          | 25,0          | 23,0          | 23,0         |
| 16   | 22,3          | 22,0          | 21,0          | 23,8          | 22,2          | 22,3         |
| 17   | 22,0          | 21,6          | 20,7          | 24,0          | 21,8          | 22,0         |
| 18   | 20,7          | 21,3          | 20,0          | 23,0          | 21,0          | 21,2         |
| 19   | 20,5          | 20,4          | 19,9          | 21,9          | 20,8          | 20,7         |
| 20   | 20,0          | 20,5          | 19,8          | 20,8          | 20,4          | 20,3         |
| 21   | 20,0          | 20,0          | 19,6          | 20,0          | 20,0          | 19,9         |
| 22   | 20,0          | 19,8          | 19,5          | 19,0          | 19,5          | 19,6         |
| 23   | 19,9          | 19,6          | 19,0          | 18,7          | 18,8          | 19,2         |
| 24   | 19,8          | 19,4          | 18,8          | 18,5          | 18,6          | 19,0         |
| <b>MÁXIMA</b>                                      | 23,2          | 23,1          | 25,0          | 25,0          | 24,1          | 23,9         |
| <b>MÍNIMA</b>                                      | 17,0          | 19,3          | 18,8          | 17,0          | 17,8          | 18,0         |

**TABELA 4 - Temperatura (°C) na estação meteorológica no período de verão (6/12 a 10/12/97) na cidade de Campina Grande.**

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO – TEMPERATURA (°C)</b> |                |                |                |                |                 |              |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>HORA</b>                                      | <b>6/12/97</b> | <b>7/12/97</b> | <b>8/12/97</b> | <b>9/12/97</b> | <b>10/12/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0  | 21,0           | 21,0           | 20,5           | 20,8           | 21,8            | 21,0         |
| 1  | 21,4           | 21,0           | 20,6           | 20,9           | 21,7            | 21,1         |
| 2  | 21,5           | 21,0           | 20,3           | 21,0           | 21,9            | 21,1         |
| 3  | 21,6           | 21,2           | 19,8           | 20,3           | 22,0            | 21,0         |
| 4  | 21,0           | 20,8           | 20,0           | 20,4           | 22,1            | 20,9         |
| 5  | 21,3           | 20,3           | 20,1           | 20,4           | 21,5            | 20,7         |
| 6  | 21,0           | 20,0           | 20,2           | 21,0           | 22,0            | 20,8         |
| 7  | 22,0           | 21,0           | 21,0           | 22,0           | 22,5            | 21,7         |
| 8  | 24,5           | 23,0           | 22,0           | 24,5           | 24,0            | 23,6         |
| 9  | 25,5           | 25,0           | 25,0           | 25,0           | 25,0            | 25,1         |
| 10   | 27,0           | 27,0           | 27,0           | 28,0           | 28,0            | 27,4         |
| 11   | 29,0           | 29,0           | 28,5           | 29,0           | 30,0            | 29,1         |
| 12   | 31,0           | 30,0           | 30,0           | 30,5           | 31,5            | 30,6         |
| 13   | 32,5           | 31,0           | 30,5           | 31,5           | 32,0            | 31,5         |
| 14   | 33,0           | 31,5           | 31,5           | 33,0           | 33,0            | 32,4         |
| 15   | 32,5           | 31,7           | 32,0           | 34,0           | 33,5            | 32,7         |
| 16   | 31,0           | 30,0           | 30,0           | 33,0           | 32,5            | 31,3         |
| 17   | 30,0           | 28,0           | 28,0           | 31,0           | 29,0            | 29,2         |
| 18   | 27,0           | 27,0           | 26,0           | 27,5           | 27,5            | 27,0         |
| 19   | 25,0           | 25,0           | 24,5           | 26,0           | 25,5            | 25,2         |
| 20   | 23,0           | 23,0           | 23,0           | 24,5           | 24,5            | 23,6         |
| 21   | 22,0           | 22,5           | 22,0           | 23,0           | 23,0            | 22,5         |
| 22   | 21,8           | 22,0           | 21,5           | 22,5           | 22,5            | 22,1         |
| 23   | 21,5           | 21,5           | 21,0           | 22,0           | 22,0            | 21,6         |
| 24   | 21,0           | 20,5           | 20,8           | 21,8           | 21,7            | 21,2         |
| <b>MÁXIMA</b>                                    | 33,0           | 31,7           | 32,0           | 34,0           | 33,5            | 32,7         |
| <b>MÍNIMA</b>                                    | 21,0           | 20,0           | 19,8           | 20,3           | 21,5            | 20,7         |

**TABELA 5** – Temperatura (°C) na estação meteorológica no período de inverno (8/8 a 12/8/97) na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO – TEMPERATURA (°C)</b> |               |               |                |                |                |              |
|---|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| <b>HORA</b>                               | <b>8/8/97</b> | <b>9/8/97</b> | <b>10/8/97</b> | <b>11/8/97</b> | <b>12/8/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0   | 23,6          | 24,0          | 24,0           | 24,8           | 24,3           | 24,1         |
| 1   | 23,3          | 23,6          | 23,5           | 24,0           | 24,2           | 23,7         |
| 2   | 23,3          | 23,0          | 23,0           | 24,0           | 23,8           | 23,4         |
| 3   | 23,3          | 22,0          | 22,3           | 23,5           | 23,3           | 22,9         |
| 4   | 23,1          | 21,8          | 22,0           | 22,0           | 23,2           | 22,4         |
| 5   | 22,8          | 21,5          | 21,5           | 21,5           | 22,7           | 22,0         |
| 6   | 22,9          | 21,0          | 22,0           | 21,3           | 23,0           | 22,0         |
| 7   | 23,0          | 23,5          | 24,0           | 24,0           | 24,0           | 23,7         |
| 8   | 25,5          | 26,0          | 26,0           | 26,5           | 25,0           | 25,8         |
| 9   | 27,0          | 27,5          | 28,0           | 28,0           | 25,5           | 27,2         |
| 10  | 29,5          | 29,8          | 29,0           | 30,0           | 28,0           | 29,3         |
| 11  | 30,0          | 31,0          | 31,0           | 31,2           | 28,3           | 30,3         |
| 12  | 31,0          | 32,0          | 32,0           | 32,0           | 29,0           | 31,2         |
| 13  | 32,5          | 33,0          | 32,3           | 33,1           | 31,0           | 32,4         |
| 14  | 33,0          | 33,5          | 32,4           | 33,0           | 32,0           | 32,8         |
| 15  | 32,5          | 33,8          | 32,5           | 32,5           | 32,3           | 32,7         |
| 16  | 32,2          | 32,5          | 33,0           | 32,0           | 32,0           | 32,3         |
| 17  | 31,0          | 32,0          | 30,5           | 31,0           | 31,0           | 31,1         |
| 18  | 29,8          | 31,0          | 30,0           | 30,0           | 29,7           | 30,1         |
| 19  | 28,0          | 30,0          | 27,5           | 28,8           | 27,2           | 28,3         |
| 20  | 28,0          | 28,5          | 27,0           | 28,0           | 25,8           | 27,5         |
| 21  | 27,0          | 28,0          | 26,0           | 27,0           | 24,5           | 26,5         |
| 22  | 26,0          | 27,0          | 25,5           | 26,0           | 24,0           | 25,7         |
| 23  | 25,0          | 25,0          | 24,5           | 25,0           | 23,5           | 24,6         |
| 24  | 24,0          | 24,0          | 24,3           | 24,3           | 23,0           | 23,9         |
| <b>MÁXIMA</b>                             | 33,0          | 33,8          | 33,0           | 33,1           | 32,3           | 32,8         |
| <b>MÍNIMA</b>                             | 22,8          | 21,0          | 21,5           | 21,3           | 22,7           | 22,0         |

**TABELA 6 - Temperatura (°C) da estação meteorológica no período de verão (18/12 a 22/12/97) na cidade de Patos.**

| <b>PATOS – VERÃO – TEMPERATURA (°C)</b> |                 |                 |                 |                 |                 |              |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>HORA</b>                             | <b>18/12/97</b> | <b>19/12/97</b> | <b>20/12/97</b> | <b>21/12/97</b> | <b>22/12/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0                                       | 27,0            | 25,8            | 25,8            | 27,0            | 26,0            | 26,3         |
| 1                                       | 26,4            | 24,9            | 25,1            | 26,0            | 25,9            | 25,7         |
| 2                                       | 25,9            | 24,5            | 24,2            | 25,8            | 23,0            | 24,7         |
| 3                                       | 25,1            | 23,7            | 23,9            | 25,5            | 23,1            | 24,3         |
| 4                                       | 24,6            | 23,2            | 23,8            | 25,2            | 23,0            | 24,0         |
| 5                                       | 24,0            | 22,6            | 23,3            | 24,9            | 23,9            | 23,7         |
| 6                                       | 24,9            | 23,7            | 23,7            | 25,8            | 24,7            | 24,6         |
| 7                                       | 26,3            | 25,8            | 24,9            | 26,9            | 25,4            | 25,9         |
| 8                                       | 27,8            | 28,0            | 27,7            | 28,7            | 27,0            | 27,8         |
| 9                                       | 29,6            | 30,1            | 29,3            | 30,0            | 28,7            | 29,5         |
| 10                                      | 30,9            | 31,4            | 30,0            | 31,9            | 30,1            | 30,9         |
| 11                                      | 32,3            | 32,0            | 31,8            | 33,0            | 31,0            | 32,0         |
| 12                                      | 34,4            | 33,1            | 33,4            | 34,0            | 32,2            | 33,4         |
| 13                                      | 35,7            | 34,0            | 35,1            | 34,8            | 32,6            | 34,4         |
| 14                                      | 36,0            | 34,9            | 35,5            | 35,9            | 34,1            | 35,3         |
| 15                                      | 36,3            | 35,2            | 35,6            | 28,3            | 34,2            | 33,9         |
| 16                                      | 36,9            | 34,5            | 32,9            | 30,1            | 33,8            | 33,6         |
| 17                                      | 36,0            | 33,0            | 32,6            | 29,0            | 32,1            | 32,5         |
| 18                                      | 35,3            | 32,0            | 29,2            | 28,8            | 29,7            | 31,0         |
| 19                                      | 34,0            | 30,9            | 28,5            | 28,1            | 28,6            | 30,0         |
| 20                                      | 31,0            | 29,0            | 28,3            | 27,2            | 27,6            | 28,6         |
| 21                                      | 29,2            | 27,5            | 28,1            | 25,6            | 27,0            | 27,5         |
| 22                                      | 27,9            | 27,2            | 27,9            | 25,0            | 26,9            | 27,0         |
| 23                                      | 26,8            | 26,2            | 27,5            | 26,0            | 27,4            | 26,8         |
| 24                                      | 25,8            | 25,8            | 27,0            | 26,0            | 26,8            | 26,3         |
| <b>MÁXIMA</b>                           | 36,9            | 35,2            | 35,6            | 35,9            | 34,2            | 35,3         |
| <b>MÍNIMA</b>                           | 24,0            | 22,6            | 23,3            | 24,9            | 23,0            | 23,7         |

**TABELA 7** – Umidade Relativa instantânea do ar (%) observada na estação meteorológica no período de inverno (3/7 a 7/7/97) na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – INVERNO – UMIDADE RELATIVA (%)</b> |               |               |               |               |               |              |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>HORA</b>  | <b>3/7/97</b> | <b>4/7/97</b> | <b>5/7/97</b> | <b>6/7/97</b> | <b>7/7/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0  | 87,0          | 94,0          | 93,0          | 91,5          | 90,0          | 91,1         |
| 1  | 88,0          | 94,0          | 93,0          | 91,0          | 92,0          | 91,6         |
| 2  | 89,0          | 94,0          | 93,0          | 90,0          | 92,0          | 91,6         |
| 3  | 90,0          | 94,0          | 93,0          | 89,5          | 92,0          | 91,7         |
| 4  | 90,0          | 94,0          | 93,0          | 90,5          | 92,0          | 91,9         |
| 5  | 90,5          | 94,0          | 93,0          | 91,0          | 93,0          | 92,3         |
| 6  | 91,0          | 94,0          | 93,0          | 91,5          | 93,3          | 92,6         |
| 7  | 92,0          | 94,0          | 93,0          | 92,0          | 93,4          | 92,9         |
| 8  | 90,0          | 94,0          | 93,0          | 91,5          | 93,8          | 92,5         |
| 9  | 86,0          | 94,0          | 90,0          | 90,0          | 92,7          | 90,5         |
| 10   | 83,0          | 90,0          | 85,0          | 85,8          | 91,5          | 87,1         |
| 11   | 84,0          | 85,0          | 82,0          | 85,0          | 86,0          | 84,4         |
| 12   | 80,0          | 83,0          | 77,0          | 83,2          | 85,0          | 81,6         |
| 13   | 85,0          | 85,0          | 73,0          | 80,0          | 85,5          | 81,7         |
| 14   | 87,0          | 89,0          | 75,0          | 75,0          | 83,0          | 81,8         |
| 15   | 86,0          | 91,0          | 85,0          | 73,0          | 74,0          | 81,8         |
| 16   | 86,0          | 90,0          | 88,0          | 72,0          | 75,0          | 82,2         |
| 17   | 90,0          | 92,0          | 87,0          | 70,0          | 74,0          | 82,6         |
| 18   | 92,0          | 93,0          | 90,0          | 73,0          | 73,0          | 84,2         |
| 19   | 93,0          | 93,0          | 91,0          | 80,0          | 75,0          | 86,4         |
| 20   | 93,0          | 93,0          | 92,0          | 85,0          | 85,0          | 89,6         |
| 21   | 93,0          | 92,0          | 91,0          | 87,0          | 87,0          | 90,0         |
| 22   | 93,0          | 93,0          | 91,5          | 90,0          | 88,0          | 91,1         |
| 23   | 94,0          | 93,0          | 92,0          | 89,0          | 90,0          | 91,6         |
| 24   | 94,0          | 93,0          | 91,5          | 90,0          | 92,1          | 92,1         |
| <b>MÁXIMA</b>  | 94,0          | 94,0          | 93,0          | 92,0          | 93,8          | 92,9         |
| <b>MÍNIMA</b>  | 80,0          | 83,0          | 73,0          | 70,0          | 73,0          | 81,6         |

**TABELA 8** – Umidade Relativa instantânea do ar (%) observada na estação meteorológica no período de verão (6/12 a 10/12/97) na cidade de Campina Grande.

| <b>CAMPINA GRANDE – VERÃO – UMIDADE RELATIVA (%)</b> |                |                |                |                |                 |              |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>HORA</b>  | <b>6/12/97</b> | <b>7/12/97</b> | <b>8/12/97</b> | <b>9/12/97</b> | <b>10/12/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0  | 85,0           | 86,0           | 82,0           | 83,0           | 84,0            | 84,0         |
| 1  | 85,0           | 85,5           | 85,0           | 85,0           | 85,0            | 85,1         |
| 2  | 85,0           | 85,5           | 85,5           | 85,0           | 85,5            | 85,3         |
| 3  | 85,5           | 85,5           | 86,0           | 85,5           | 85,5            | 85,6         |
| 4  | 86,0           | 86,5           | 87,0           | 85,5           | 86,0            | 86,2         |
| 5  | 87,0           | 88,5           | 87,5           | 85,5           | 87,0            | 87,1         |
| 6  | 87,0           | 88,0           | 87,5           | 85,0           | 87,0            | 86,9         |
| 7  | 85,0           | 85,0           | 85,0           | 83,0           | 80,0            | 83,6         |
| 8  | 73,0           | 70,0           | 75,0           | 70,0           | 70,0            | 71,6         |
| 9  | 66,0           | 65,0           | 73,0           | 60,0           | 60,0            | 64,8         |
| 10   | 60,0           | 55,0           | 55,0           | 55,0           | 55,0            | 56,0         |
| 11   | 55,0           | 50,0           | 50,0           | 50,0           | 50,0            | 51,0         |
| 12   | 50,0           | 46,0           | 45,0           | 43,0           | 45,0            | 45,8         |
| 13   | 45,0           | 43,0           | 40,0           | 42,0           | 43,0            | 42,6         |
| 14   | 43,0           | 42,0           | 39,0           | 40,0           | 39,0            | 40,6         |
| 15   | 42,0           | 41,0           | 38,0           | 39,0           | 38,0            | 39,6         |
| 16   | 43,0           | 43,0           | 40,0           | 38,0           | 40,0            | 40,8         |
| 17   | 45,0           | 43,5           | 43,0           | 43,0           | 45,0            | 43,9         |
| 18   | 50,0           | 47,5           | 50,0           | 50,0           | 53,0            | 50,1         |
| 19   | 63,0           | 55,0           | 60,0           | 60,0           | 60,0            | 59,6         |
| 20   | 70,0           | 62,0           | 70,0           | 70,0           | 70,0            | 68,4         |
| 21   | 75,0           | 67,0           | 75,0           | 78,0           | 77,0            | 74,4         |
| 22   | 82,0           | 75,0           | 80,0           | 79,0           | 82,0            | 79,6         |
| 23   | 85,0           | 78,0           | 83,0           | 80,0           | 82,5            | 81,7         |
| 24   | 86,0           | 82,0           | 84,0           | 84,0           | 83,0            | 83,8         |
| <b>MÁXIMA</b>  | 87,0           | 88,5           | 87,5           | 85,5           | 87,0            | 87,1         |
| <b>MÍNIMA</b>  | 42,0           | 41,0           | 38,0           | 38,0           | 38,0            | 39,6         |



**TABELA 9** – Umidade Relativa instantânea do ar (%) observada na estação meteorológica no período de inverno(8/8 a 12/8/97) na cidade de Patos.

| <b>PATOS – INVERNO – UMIDADE RELATIVA (%)</b> |               |               |                |                |                |              |
|---|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| <b>HORA</b>                                   | <b>8/8/97</b> | <b>9/8/97</b> | <b>10/8/97</b> | <b>11/8/97</b> | <b>12/8/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0   | 66,0          | 66,0          | 65,0           | 65,0           | 61,0           | 64,6         |
| 1   | 69,0          | 68,0          | 67,0           | 66,0           | 64,0           | 66,8         |
| 2   | 68,0          | 69,0          | 68,0           | 64,0           | 66,0           | 67,0         |
| 3   | 67,0          | 74,0          | 68,0           | 67,0           | 68,0           | 68,8         |
| 4   | 70,0          | 74,0          | 69,0           | 70,0           | 70,0           | 70,6         |
| 5   | 70,0          | 75,0          | 71,0           | 74,0           | 70,0           | 72,0         |
| 6   | 74,0          | 77,0          | 68,0           | 75,0           | 71,0           | 73,0         |
| 7   | 70,0          | 70,0          | 65,0           | 65,0           | 66,0           | 67,2         |
| 8   | 60,0          | 55,0          | 50,0           | 65,0           | 64,0           | 58,8         |
| 9   | 50,0          | 45,0          | 40,0           | 50,0           | 62,0           | 49,4         |
| 10  | 45,0          | 40,0          | 36,0           | 42,0           | 55,0           | 43,6         |
| 11  | 38,0          | 35,0          | 33,0           | 38,0           | 50,0           | 38,8         |
| 12  | 30,0          | 30,0          | 31,0           | 35,0           | 46,0           | 34,4         |
| 13  | 27,0          | 28,0          | 30,0           | 32,0           | 40,0           | 31,4         |
| 14  | 26,0          | 25,0          | 29,0           | 30,0           | 39,0           | 29,8         |
| 15  | 25,0          | 22,0          | 28,0           | 30,0           | 34,0           | 27,8         |
| 16  | 26,0          | 23,0          | 27,0           | 30,0           | 35,0           | 28,2         |
| 17  | 26,0          | 24,0          | 27,0           | 31,0           | 36,0           | 28,8         |
| 18  | 27,0          | 26,0          | 30,0           | 33,0           | 40,0           | 31,2         |
| 19  | 35,0          | 30,0          | 45,0           | 35,0           | 55,0           | 40,0         |
| 20  | 40,0          | 33,0          | 50,0           | 40,0           | 60,0           | 44,6         |
| 21  | 50,0          | 37,0          | 55,0           | 50,0           | 65,0           | 51,4         |
| 22  | 55,0          | 40,0          | 57,0           | 55,0           | 67,0           | 54,8         |
| 23  | 65,0          | 60,0          | 66,0           | 59,0           | 68,0           | 63,6         |
| 24  | 66,0          | 65,0          | 65,0           | 61,0           | 70,0           | 65,4         |
| <b>MÁXIMA</b>                                 | 74,0          | 77,0          | 71,0           | 75,0           | 71,0           | 73,0         |
| <b>MÍNIMA</b>                                 | 25,0          | 22,0          | 27,0           | 30,0           | 34,0           | 27,8         |

**TABELA 10** – Umidade Relativa instantânea do ar (%) observada na estação meteorológica no período de verão(18/12 a 22/12) na cidade de Patos.

| <b>PATOS – VERÃO – UMIDADE RELATIVA (%)</b> |                 |                 |                 |                 |                 |              |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>HORA</b>                                 | <b>18/12/97</b> | <b>19/12/97</b> | <b>20/12/97</b> | <b>21/12/97</b> | <b>22/12/97</b> | <b>MÉDIA</b> |
| 0   | 60,0            | 66,0            | 65,0            | 70,0            | 87,5            | 69,7         |
| 1   | 61,0            | 67,5            | 70,0            | 75,0            | 84,5            | 71,6         |
| 2   | 62,5            | 70,0            | 77,0            | 73,5            | 85,0            | 73,6         |
| 3   | 62,5            | 75,0            | 80,0            | 75,0            | 90,0            | 76,5         |
| 4   | 65,0            | 77,0            | 85,0            | 77,5            | 95,0            | 79,9         |
| 5   | 70,0            | 80,0            | 87,5            | 79,0            | 96,0            | 82,5         |
| 6   | 72,0            | 85,0            | 90,0            | 80,0            | 97,0            | 84,8         |
| 7   | 65,0            | 70,0            | 80,0            | 70,0            | 85,0            | 74,0         |
| 8   | 60,0            | 65,0            | 70,0            | 65,0            | 70,0            | 66,0         |
| 9   | 55,0            | 55,0            | 60,0            | 60,0            | 60,0            | 58,0         |
| 10  | 45,0            | 50,0            | 55,0            | 45,0            | 50,0            | 49,0         |
| 11  | 40,0            | 47,5            | 50,0            | 40,0            | 47,5            | 45,0         |
| 12  | 35,0            | 45,0            | 45,0            | 35,0            | 45,0            | 41,0         |
| 13  | 30,0            | 43,5            | 35,0            | 33,5            | 40,0            | 36,4         |
| 14  | 25,0            | 35,0            | 30,0            | 30,0            | 35,0            | 31,0         |
| 15  | 23,0            | 36,5            | 31,5            | 70,0            | 33,5            | 38,9         |
| 16  | 20,0            | 35,0            | 30,0            | 62,5            | 32,5            | 36,0         |
| 17  | 18,5            | 90,0            | 40,0            | 60,0            | 50,0            | 51,7         |
| 18  | 20,0            | 85,0            | 42,5            | 70,0            | 55,0            | 54,5         |
| 19  | 21,5            | 60,0            | 55,0            | 72,5            | 60,0            | 53,8         |
| 20  | 35,0            | 65,0            | 65,0            | 70,0            | 70,0            | 61,0         |
| 21  | 45,0            | 60,0            | 67,5            | 95,0            | 80,0            | 69,5         |
| 22  | 55,0            | 55,0            | 70,0            | 90,0            | 85,0            | 71,0         |
| 23  | 57,5            | 60,0            | 73,5            | 85,0            | 75,0            | 70,2         |
| 24  | 60,0            | 65,0            | 70,0            | 87,5            | 80,0            | 72,5         |
| <b>MÁXIMA</b>                               | 72,0            | 90,0            | 90,0            | 95,0            | 97,0            | 84,8         |
| <b>MÍNIMA</b>                               | 18,5            | 35,0            | 30,0            | 30,0            | 32,5            | 31,0         |