

MARCELO DE OLIVEIRA MOURA

O CLIMA URBANO DE FORTALEZA SOB O NÍVEL DO  
CAMPO TÉRMICO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre, na área de concentração em Dinâmica Territorial e Ambiental.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Elisa Zanella.**

**Co- orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales.**

FORTALEZA – CEARÁ

2008

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Islânia Castro

M888c	Moura, Marcelo de Oliveira O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico / Marcelo de Oliveira Moura, 2008. 318f. ; il. color. enc.
	Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella Co-orientadora: Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geografia, Fortaleza, 2008.
	1. Clima urbano 2. Campo térmico 3. Fortaleza I. Zanella, Maria Elisa (orient.) II. Sales, Marta Celina Linhares III. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Geografia IV. Título
	CDD 910

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM DINÂMICA TERRITORIAL E  
AMBIENTAL

Título: O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico.

Autor: Marcelo de Oliveira Moura

Defesa: 21/08/2008.

Nota Obtida: **10,0 (DEZ)**

Conceito Obtido: **Aprovado com Distinção e Louvor.**

Banca Examinadora:

---

**Maria Elisa Zanella** (Orientadora)

(Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPR,  
Professora do Departamento de Geografia/UFC)

---

**Marta Celina Linhares Sales** (Co- Orientadora)

(Doutora em Geografia Física pela USP-São Paulo,  
Professora do Departamento de Geografia/UFC).

---

**Vanda Carneiro de Claudino Sales** (Membro)

(Pós-Doutora em Geografia Física pela Universidade da Flórida-EUA  
Professora do Departamento de Geografia/UFC).

---

**Adeildo Cabral da Silva** (Membro)

(Doutor em Engenharia Ambiental pela EESC-USP,  
Professor da Área de Construção Civil –CEFET/CE)

---

Para  
**Deus;**  
fonte de força e luz da minha caminhada,  
pelo combustível ofertado para mais esse trabalho.

Para  
aqueles **fortalecenços;**  
que constroem a Fortaleza do dia-a-dia  
e sentem o real desconforto dessa cidade.

Para  
**os companheiros;**  
que contribuíram para a realização  
dessa pesquisa, por meio das duras  
e intermináveis horas de trabalho de campo.

Para  
as minhas queridas orientadoras  
**Marta Celina e Elisa Zanella;**  
pelo carinho, disposição e confiança cedida a este trabalho.

Para  
os meus “monstrinhos”  
**Matens e Mayara;**  
por me fazer sentir mais feliz nesse mundo.

“O tratamento do clima urbano, como um dos elementos da qualidade ambiente, não poderá ser considerado insignificante no mundo moderno. Com isso, há um envolvimento, se não metafísico, pelo menos ideológico no seu sentido mais puro [...] Do ponto de vista lógico, trata-se de uma tarefa difícil, pois ousa tentar para o estudo do clima da cidade uma conduta de investigação que veja nela não um antagonismo entre o homem e a natureza, mas uma co-participação.” Monteiro (1976: 88).

## AGRADECIMENTOS

“Os castelos nascem dos sonhos para no real achar seu lugar”, fala a música de Oswaldo Montenegro. O meu castelo só achou o concreto no real através de gestos, do trabalho braçal, da paciência e de muita disposição de pessoas que apostaram na realização dessa pesquisa. Foi do tijolo de cada um que eu construí mais essa etapa profissional, mais um sonho, o meu castelo. É delas minha sincera gratidão:

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Elisa Zanella por sua inteira disposição a esta pesquisa. Pelo acompanhamento nos trabalhos de campo, por ter atendido todos os meus desesperados chamados, por me oferecer seu sorriso me tranqüilizando em momentos difíceis, pelos gestos de confiança e amizade. Pelo privilégio de ser seu primeiro orientando na Pós-Graduação (Mestrado) e o de trabalhar com a orientadora mais bela da comunidade geográfica brasileira.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Celina Linhares Sales, orientadora de sempre, por me ter apresentado ao mundo da climatologia. Pela aprendizagem cedida nos últimos anos. Ao respeito e amizade que alicerçou nosso trabalho na academia. Por sua atenção, gentileza e companheirismo. As sugestões e acompanhamento oferecido à pesquisa.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanda Claudino Sales, minha “geofonte” de inspiração, pelos valiosos ensinamentos na graduação, por demonstrar que a Geografia deve ser realizada com competência. Pelas considerações prestadas no exame de qualificação, bem como pala satisfação da presença de um dos nomes mais brilhantes da nossa geografia na banca examinadora.

Ao Profº. Drº Adeildo Cabral da Silva, por sempre ter deixado as portas do LERCA/CEFET-CE abertas para essa pesquisa. Pelo empréstimo dos equipamentos, atenção e sugestões ofertadas ao trabalho. Por me passar um pouco da sua perseverança e entusiasmo com a pesquisa através dos seus projetos.

Ao Profº. Drº Edson Vicente da Silva (Cacau), que desde muito cedo me conduziu ao mundo da pesquisa geográfica. Pela aprendizagem de vida ofertada no

Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos/UFC e nos inúmeros trabalhos de extensão. Por sua constante preocupação com o desenvolvimento dessa pesquisa, além de suas sugestões.

Aos Professores do Departamento de Geografia/UFC: Paulo Thiers, Andréa Panizza, Fátima Soares e Clélia Lustosa, pelas discussões, dicas e acompanhamento em determinadas etapas da pesquisa.

A minha amiga Juliana Silva, por sua fantástica dedicação em todas as etapas da pesquisa: na fase preparatória dos experimentos, montagem da equipe de campo, nas horas prestadas ao campo, na digitação e formatação da qualificação e dissertação. Por compartilhar momentos de muita alegria, diversão e de inúmeros “DOCES” ao longo desse mestrado.

A amiga Andréa Crispim pelo seu empenho na confecção dos produtos cartográficos. Pela paciência e atenção na etapa final deste trabalho. Pela coleta de campo na 2ª etapa da pesquisa.

A Cícera Angélica, minha “ex-aluna” do coração, que sempre esteve presente nessa pesquisa, por sua imensa gentileza.

A grande amiga Macelma Braga pelos momentos de pérola e alegria que passamos, bem como por sua inteira disposição na coleta dos dados.

A Luciana Irineu (irmã-prima), hiper-querida, pelas horas dedicadas em campo para a determinação das áreas experimentais. Mesmo com todos seus compromissos de mãe e farmacêutica foi capaz de compartilhar momentos de concretização dessa pesquisa, além daqueles de ansiedade e desespero na conclusão da mesma. Obrigado por sua torcida.

Aos integrantes do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia da UFC.

Aos integrantes do Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental/LERCA-CEFET-CE, em especial a Manuela e Albano.

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de um ano de apoio financeiro.

A todos voluntários dos trabalhos de campo, sem os quais se tornaria impossível a realização deste trabalho. Pelo empenho nas duras horas de coleta de campo, pela coragem de “adentrar” a violenta cidade de Fortaleza. São eles, localizados nos seus respectivos “microclimas urbanos”:

- PONTO 1- Lagoa da Sapiranga:

A senhora Zenilde e sua família, além do senhor Chico e senhora Odete, pelo apoio e carinho cedido desde as coletas de campo da graduação, a minha sincera gratidão.

- PONTO 2- Parque do Cocó:

Aos meus alunos do Curso Pré- Vestibular CEACI/CEFET (hoje colegas universitários): Diego, Heyde e Rafaela, a minha admiração.

A Rafaela (ex- aluna do coração) pelo grande incentivo e pela elaboração do abstract.

Ao meu irmão “Monstro”, Marcílio Moura, pela sua paciência nas intermináveis horas de mensuração durante a noite e madrugada.

Aos alunos da graduação de Geografia/UFC: Nayana, Simone, Leiana, Leandro, João Luís, Eliomards e Valdete (participação no 2º Experimento).

A administração e funcionários do Parque Adahil Barreto.

- PONTO 3- Aldeota:

Aos companheiros do curso Geografia/UFC e do Laboratório de Climatologia: Vládia, Bruna, Ivna, Rafael, João Paulo, Silmara e Allan.

Ao colega Renato do curso de Geografia/UFC por sua disposição na coleta durante a madrugada.

A direção da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) pela acolhida da equipe de campo nas dependências do prédio.

- PONTO 4- Sabiaguaba:

A administração e funcionários da Barraca Sabiaguaba Park (Barraca do Mamão), pela gentileza de me ceder estadia durante a realização dos experimentos.

Ao amigo Masle Hibener por sua alegre companhia durante o período da noite e madrugada, o meu SUPER OBRIGADO.

- PONTO 5- Beira-Mar:

Aos amigos e companheiros do curso de Geografia/UFC e do Laboratório de Climatologia: Sávio (participação no 1º Experimento), Lizandro (participação no 1º Experimento), Heider, Lúcio, Camila, Tâmara, Carolina (participação no 2º Experimento) e Wesley.

Ao amigo Pedro Henrique por sua disposição desde as coletas da graduação, o meu ETERNO OBRIGADO

As minhas ex- alunas do Curso Pré- Vestibular CEACI/CEFET: Rafaela, Carol e Janaina.

- PONTO 6- Centro:

Aos amigos do curso de Geografia/UFC e do Laboratório de Climatologia: Bruna, Jucier, Sávio (participação no 2º Experimento), Mariana, Lizandro (participação no 2º Experimento), Marcos (segurança da equipe), Valdete (participação no 1º Experimento).

As minhas SUPER QUERIDAS ex-alunas do Curso Pré- Vestibular PNV/UFC, atualmente grandes estrelas da UFC: Dani, Deyse e Adelaine. Pelo carinho e amizade, além da bravura de enfrentar as duras horas de campo no período da noite e madrugada.

A amiga Anatália (Ex-aluna do coração), do curso de Geografia/UFC, pela grandiosa ajuda nos trabalhos de campo. Nunca faltou aos meus desesperados chamados na montagem da equipe de trabalho, isso desde a graduação. Pela sua simpatia e gentileza.

- PONTO 7- Bairro de Fátima:

Aos companheiros do Laboratório de Climatologia/UFC: Gisela (participação no 1º e 2º Experimento), Davi e do amigo de curso Alan (EX-aluno do PNV/UFC).

- PONTO 8- Barra do Ceará:

Ao amigo Gledson Magalhães, pelo acompanhamento nos trabalhos de determinação das áreas experimentais da pesquisa. Pela coleta dos dados durante os dois experimentos. Por sua demonstração de curiosidade com o mundo da climatologia, algo que me fortalecia nos momentos de fraqueza da pesquisa.

A Charliane Castro, amiga desde cedo (5ª Série), pela ajuda na mensuração dos dados.

Ao Antônio (O Caucaia), Marcos, Aline e Elizonete (Ex- alunas PNV/UFC) pela paciência e gentileza.

A direção da Escola Hilza Diogo pelo acolhimento da equipe nas dependências da escola.

- PONTO 9- Henrique Jorge:

Aos companheiros de curso: Ana Karine, Rachel, Rafael, Marcos e Carolina (participação no 1º Experimento).

Aos amigos Mário Filho e Dáviney pela brilhante dedicação prestada nos dois experimentos da pesquisa.

Ao Mário Filho o meu SUPER OBRIGADO por ter apoiado a equipe nas dependências de sua residência, aproveito para agradecer hospitalidade de seu pai.

- PONTO 10- Damas:

Ao Enos pela gentileza de ceder o espaço de sua residência para o apoio da equipe, bem como pela imensa ajuda nas mensurações.

Aos colegas do curso de Geografia/UFC: Alcione (participação no 1º e 2º Experimento), Luana, Juliana, Fabrício, Otávio (participação no 1º e 2º Experimento) e Ronaldo.

- PONTO 11- Mondubim:

A extraordinária amiga Cristina Souza pelos gestos de amizade e compreensão demonstrados ao longo de todo curso de graduação e por nunca ter faltado, mesmo não podendo, as minhas convocações para montagem da equipe de campo durante as minhas pesquisas. Obrigado pela paciência e dedicação na coleta dos dados.

- PONTO 12- Alto Alegre:

Ao casal de geógrafos, Katiane e Paulo, pelo gigante gesto de amizade. Pelo apoio e incentivo ofertado a pesquisa, o meu OBRIGADO.

E MAIS...

Aos amigos da graduação e mestrado pelo carinho e atenção: Ana Maria, Bárbara, Anatarino e Marcelo Martins.

Ao amigo Lidemberg Lopes pelos gestos de amizade e pela elaboração do resumé.

Aos amigos de sempre: Adilton César, Cláudio Roberto e Jodenias Cavalcante pelo apoio e acolhida durante todos esses anos.

A minha família, em especial as minhas mães: Cleonice (avó) e Elizabete (mãe) pelo amor ofertado.

## SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
RÉSUMÉ	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xvii
LISTA DE FIGURAS	xviii
LISTA DE TABELAS	xxi
LISTA DE QUADROS	xxii
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>

### **PARTE I**

#### **CLIMA URBANO: PERSPECTIVA TEÓRICA, ABORDAGEM CONCEITUAL E ESTUDOS DE CASO.**

<b>CAPÍTULO 1: A TEORIA MONTEIRIANA.....</b>	<b>27</b>
1.1- O paradigma do Ritmo Climático e a escola brasileira de climatologia.....	28
1.2- A diversificação das idéias Monteirianas: a Teoria Clima Urbano.....	32
<b>1.2.1- O Nível Termodinâmico do Sistema Clima Urbano (S.C.U.).....</b>	<b>37</b>
1.3- A escala na climatologia urbana.....	39
<b>CAPÍTULO 2: O CONFORTO CLIMÁTICO URBANO.....</b>	<b>42</b>
2.1- O balanço energético nas cidades.....	43
<b>2.1.1- O conceito de Ilhas Térmicas.....</b>	<b>46</b>
2.2- Mecanismos e variáveis do conforto térmico.....	47
2.3- Escalas do conforto térmico.....	49
<b>CAPÍTULO 3: OS ESTUDOS DE CLIMA URBANO.....</b>	<b>56</b>
3.1- Os primeiros estudos de clima urbano.....	57
3.2- O clima urbano das cidades do nordeste brasileiro.....	59
3.3- Os estudos de clima urbano da cidade de Fortaleza.....	71

### **PARTE II**

#### **O CLIMA URBANO DE FORTALEZA: A CIDADE, O UNIVERSO DE ANÁLISE E OS CONTROLES CLIMÁTICOS.**

<b>CAPÍTULO 4: O SÍTIO URBANO DE FORTALEZA.....</b>	<b>104</b>
4.1- Da vila pajeuna à “cidade metrópole”: breves considerações sobre a evolução urbana de Fortaleza.....	113
<b>CAPÍTULO 5: CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E A DINÂMICA ATMOSFÉRICA EM FORTALEZA.....</b>	<b>125</b>
5.1- Caracterização do clima de Fortaleza.....	127
5.2- Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza.....	132
<b>CAPÍTULO 6: ANÁLISE DO CLIMA URBANO: MÉTODOS E TÉCNICAS.....</b>	<b>140</b>
6.1- Os controles climáticos urbanos.....	141
6.2- Eleição dos pontos experimentais.....	146
<b>6.2.1-As condições geoecológicas e geourbanas dos pontos experimentais.....</b>	<b>146</b>
6.2.1.1- Caracterização do entorno dos pontos experimentais.....	149

6.3- Trabalho de campo.....	185
6.3.1-Instrumentos de campo.....	186
6.3.2- Procedimentos técnicos de campo.....	187
6.3.3- Representação dos dados: recursos de análise.....	191

### PARTE III

#### O CLIMA URBANO DE FORTALEZA: RITMO CLIMÁTICO, CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS E PLANEJAMENTO.

<b>CAPÍTULO 7: O RITMO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS URBANOS: ANÁLISE EPISÓDICA.....</b>	<b>193</b>
7.1- Análise do episódio de outono- Experimento I.....	194
7.2- Análise do episódio de primavera- Experimento II.....	216
7.3- Análise sazonal dos episódios.....	233
<b>CAPÍTULO 8: O RITMO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS URBANOS: CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS.....</b>	<b>239</b>
8.1- O ritmo horário e sazonal dos atributos climáticos: configurações higrotérmicas, aerolares e do conforto térmico nos setores da cidade.....	240
<b>CAPÍTULO 9: CLIMA E PLANEJAMENTO URBANO EM FORTALEZA.....</b>	<b>288</b>
9.1- Medidas para os planos de gestão do município.....	289
9.2- Proposta de um roteiro para o estudo do clima urbano de Fortaleza na perspectiva do campo térmico.....	295
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>307</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>309</b>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho se constitui em caracterizar o clima produzido pela cidade de Fortaleza/CE, sob o nível termodinâmico do S.C.U. (MONTEIRO, 1976) numa dimensão linear tendo como referência doze pontos experimentais representativos da realidade urbana. Para isso, houve a realização de dois experimentos de regimes sazonais diferenciados com registros horários e simultâneos em perfis de 24 horas (7 às 6 horas). O primeiro experimento realizado no outono austral, período da quadra chuvosa na região, nos dias 04 e 05/05/2007 e o segundo na primavera, período da quadra seca, nos dias 09 e 10/11/2007. Os resultados encontrados seguem o ritmo da habitualidade climática dos episódios sazonais analisados, sendo os sistemas de circulação atmosférica fatores determinantes no comportamento térmico da cidade. A pesquisa identificou que as ilhas de calor em Fortaleza podem ultrapassar o valor de 5°C e ocorrem com maior freqüência e intensidade no período diurno entre as 7 e 15 horas. As espacializações das ilhas de calor se concentraram nos setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central da cidade.

Palavras-chave: Clima urbano, Campo térmico, Fortaleza.

## **ABSTRACT**

The objective of the work is constituted in characterizing the climate produced by the city of Fortaleza/CE, under the level thermodynamic of the S.C.U. (MONTEIRO, 1976) in a linear dimension taking as a reference twelve experimental representative points of the urbane reality. For that there was the realization of two experiments in seasonal regimes differentiated with registers time-tables and simultaneous in profiles of 24 hours (7 at 6 hours). The first thing carried out in the southern autumn, period of the rainy block in the region, in the days 04 and 05/05/2007 and according to in the spring, period of the dry block, in the days 09 and 11/10/2007. The considered results follow the rhythm of the climatic of the seasonal analysed episodes, being the systems of atmospheric circulation determinative factors in the thermal behaviour of the city. The inquiry identified that the islands of heat in Fortress can exceed the value of 5°C and take place with bigger frequency and intensity in the daytime period between 7 and 15 hours. The specializations of the islands of heat concentrated on the sectors south-west, west, northwest and central portion of the city.

Words-keys: Urbane climate, Thermal field, Fortaleza.

## RÉSUMÉ

L'objectif du travail se constitue à caractériser le climat produit par la ville de Fortaleza/CE sous le niveau thermodynamique de la S.C.U (MONTEIRO, 1976) dans une dimension linéaire en ayant mangé de la référence douze points expérimentaux représentatifs de la réalité urbaine. Pour cela, il y a la réalisation de deux expériences de régimes saisonniers différenciés avec des registres horaires et simultanés dans des perfis de 24 heures (07:00 et 06:00 heures). Première expérience réalisée dans l'automne austral, période de ajuste pluvieuse dans la région, les jours 04 et 05/05/2007 et comme dans le printemps, période de ajuste sèche, les jours 09 et 10/11/2007. Les résultats trouvés suivent le rythme de habitualidade climatique des épisodes saisonniers analysés, en étant les systèmes de circulation facteurs déterminants dans le compartiment thermique de la ville. La recherche a identifié que les îles de la chaleur à Fortaleza peuvent dépasser la chaleur de 5° C et se produisent plus fréquemment et intensité dans la période diurne entre 07:00 et 15:00 heures. Espacializatione des îles de la chaleur se concentrent sur les secteurs sud-ouest, l'ouest, nord-ouest et la portion centrale de la ville.

Mot-clés: Climat Urbain - Champ Thermique - Fortaleza

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BNE -Baixa do Nordeste  
CCM's- Complexo Convectivo de Mesoescala  
CEFET- Centro Federal de Educação Tecnológica  
CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DHN- Departamento de Hidrografia da Marinha do Brasil  
EC- Sistema Equatorial Continental  
FUNCENE. - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do Ceará  
INMET- Instituto Nacional de Meteorologia  
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
I.C.E- Índice do Conforto Equatorial  
IPHAN- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional  
IMPARH- Instituto Municipal de Pesquisa, Administração e Recursos Humanos  
INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
GMT-Greenwich Meridian Time  
LI- Linhas de Instabilidade  
LERCA- Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental  
OMM- Organização Mundial de Meteorologia  
PCD's- Plataforma de Coleta de Dados  
PDDU- Plano diretor de Desenvolvimento Urbano  
PDDUA- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental  
RFF- Repercussões de Frentes Frias  
SEMAM- Secretaria do Meio Ambiente do Município de Fortaleza  
SEMAPE- Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará  
SEINF -Secretaria de Infraestrutura do Município de Fortaleza  
TA- Sistema Tropical Atlântico  
T.e -Temperatura efetiva  
TC- Sistema Tropical Continental  
TSM- Temperatura da Superfície do Mar  
UFC- Universidade Federal do Ceará  
VCAS- Vórtice Ciclônico de Ar Superior  
ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-Localização da área de estudo.....	23
FIGURA 2- Sistema Clima Urbano (S.C.U).....	35
FIGURA 3- S.C.U: Subsistema Termodinâmico.....	38
FIGURA 4- Esquema do balanço energético urbano.....	45
FIGURA 5- Monograma de Nieuwolt (1977).....	52
FIGURA 6- Carta Bioclimática de Olgay (1952).....	53
FIGURA 7- Diagrama do Conforto INMET.....	53
FIGURA 8-Análise da variabilidade sazonal das normais meteorológicas da FUNCEME (1974-1995).....	74
FIGURA 9-Análise da variabilidade sazonal das normais meteorológicas da FUNCEME em diferentes classes.....	75
FIGURA 10- Mapa síntese dos estudos de clima urbano em Fortaleza.....	97
FIGURA 11- Primeira Planta de Fortaleza (1726).....	114
FIGURA 12- Planta Silva Paulet (1818).....	116
FIGURA 13- Evolução urbana de Fortaleza – Século XIX.....	118
FIGURA 14- Evolução urbana de Fortaleza – Século XX.....	121
FIGURA 15- (a,b,c) Normais Climatológicas do PICI (1974-2002).....	129
FIGURA 15- (d,e,f)-Normais Climatológicas do PICI (1974-2002).....	130
FIGURA 16- (a,b)-Normais Climatológicas do PICI (1974-2002).....	131
FIGURA 17a-Imagem Global da ZCIT sobre o Atlântico Intertropical.....	133
FIGURA 17b- Associação da ZCIT com o Sistema EC.....	134
FIGURA 17c- Associação da ZCIT com as Linhas de Instabilidade.....	135
FIGURA 18- VCAS de nível regional sobre o Nordeste.....	136
FIGURA 19- CCM's atuando em Fortaleza.....	137
FIGURA 20a- Linha de instabilidade sobre o Ceará e o Rio Grande do Norte.....	138
FIGURA 20b- Síntese das posições das frentes da brisa marítima no Nordeste.....	139
FIGURA 21- Roteiro metodológico.....	142
FIGURA 22- Carta generalizada dos padrões de ocupação urbana de Fortaleza.....	145
FIGURA 23- Localização dos pontos experimentais da pesquisa.....	147
FIGURA 24- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 01- Lagoa da Sapianga.....	150
FIGURA 25- Carta dos padrões do solo urbano da Lagoa da Sapianga.....	151
FIGURA 26- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 02- Cocó.....	153
FIGURA 27- Carta dos padrões do solo urbano do Cocó.....	154

FIGURA 28- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 03-Aldeota....	156
FIGURA 29- Carta dos padrões do solo urbano da Aldeota.....	157
FIGURA 30- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 04 Sabiaguaba.....	159
FIGURA 31- Carta dos padrões do solo urbano da Sabiaguaba.....	160
FIGURA 32- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 05- Beira-Mar	162
FIGURA 33- Carta dos padrões do solo urbano da Beira-Mar.....	163
FIGURA 34- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 06- Centro....	165
FIGURA 35- Carta dos padrões do solo urbano do Centro.....	166
FIGURA 36- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 07- Fátima....	168
FIGURA 37- Carta dos padrões do solo urbano de Fátima.....	169
FIGURA 38- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 08- Barra do Ceará.....	171
FIGURA 39- Carta dos padrões do solo urbano da Barra do Ceará.....	172
FIGURA 40- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 09- Henrique Jorge.....	174
FIGURA 41- Carta dos padrões do solo urbano do Henrique Jorge.....	175
FIGURA 42- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 10- Damas....	177
FIGURA 43- Carta dos padrões do solo urbano do Damas.....	178
FIGURA 44- Foto- imagem do entorno da área do ponto experimental 11- Mondubim.....	180
FIGURA 45- Carta dos padrões do solo urbano do Mondubim.....	181
FIGURA 46- Foto-imagem do entorno da área do ponto experimental 12- Alto Alegre.....	183
FIGURA 47- Carta dos padrões do solo urbano do Alto Alegre.....	184
FIGURA 48- Materiais utilizados nos pontos experimentais.....	188
FIGURA 49- Diagrama do Conforto INMET.....	190
FIGURA 50- Dinâmica atmosférica Experimento I: dia anterior ao episódio (03/05/2007).....	198
FIGURA 51- Dinâmica atmosférica Experimento I: dia do episódio (04 e 05/05/2007).....	199
FIGURA 52- Evolução escalar da dinâmica atmosférica do Experimento I.....	200
FIGURA 53- Evolução horária da dinâmica atmosférica do Experimento I.....	201
FIGURA 54- Dinâmica atmosférica Experimento II.....	218
FIGURA 55- Evolução horária da dinâmica atmosférica do Experimento II.....	219
FIGURA 56- Atributos climáticos de Fortaleza 7h.....	243
FIGURA 57- Atributos climáticos de Fortaleza 8h.....	244
FIGURA 58- Atributos climáticos de Fortaleza 9h.....	245

FIGURA 59- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 7,8,9 horas.....	246
FIGURA 60- Atributos climáticos de Fortaleza 10h.....	248
FIGURA 61- Atributos climáticos de Fortaleza 11h.....	249
FIGURA 62- Atributos climáticos de Fortaleza 12h.....	250
FIGURA 63- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 10,11,12 horas.....	251
FIGURA 64- Atributos climáticos de Fortaleza 13h.....	253
FIGURA 65- Atributos climáticos de Fortaleza 14h.....	254
FIGURA 66- Atributos climáticos de Fortaleza 15h.....	255
FIGURA 67- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 13,14,15 horas.....	256
FIGURA 68- Atributos climáticos de Fortaleza 16h.....	258
FIGURA 69- Atributos climáticos de Fortaleza 17h.....	259
FIGURA 70- Atributos climáticos de Fortaleza 18h.....	260
FIGURA 71- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 16,17,18 horas.....	261
FIGURA 72- Atributos climáticos de Fortaleza 19h.....	263
FIGURA 73- Atributos climáticos de Fortaleza 20h.....	264
FIGURA 74- Atributos climáticos de Fortaleza 21h.....	265
FIGURA 75- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 19,20,21 horas.....	266
FIGURA 76- Atributos climáticos de Fortaleza 22h.....	268
FIGURA 77- Atributos climáticos de Fortaleza 23h.....	269
FIGURA 78- Atributos climáticos de Fortaleza 00h.....	270
FIGURA 79- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 22,23,00 horas.....	271
FIGURA 80- Atributos climáticos de Fortaleza 01h.....	273
FIGURA 81- Atributos climáticos de Fortaleza 02h.....	274
FIGURA 82- Atributos climáticos de Fortaleza 03h.....	275
FIGURA 83- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 01,02,03 horas.....	276
FIGURA 84- Atributos climáticos de Fortaleza 04h.....	278
FIGURA 85- Atributos climáticos de Fortaleza 05h.....	275
FIGURA 86- Atributos climáticos de Fortaleza 06h.....	280
FIGURA 87- Conforto térmico em Fortaleza (índice Te): 04,05,06 horas.....	281
FIGURA 88- Proposta de macrosetoramento para os estudos de clima urbano.....	301
FIGURA 89- Mapa de setorização dos espaços intra-urbanos de Fortaleza.....	302

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1- Comparação da velocidade do vento (m/s) dos experimentos, com as normais climatológicas (1966-1995) e com a velocidade do vento (1974-1995).....	82
TABELA 2- Comparação da temperatura do ar (°C) dos experimentos, com as normais climatológicas (1966-1995).....	82
TABELA 3- Apresentação das diferenças térmicas de Sousa (2002).....	86
TABELA 4- Valores batimétricos e de temperatura da superfície Lagoa da Sapiranga. ....	112
TABELA 5- Evolução da população de Fortaleza 1890-2007.....	118

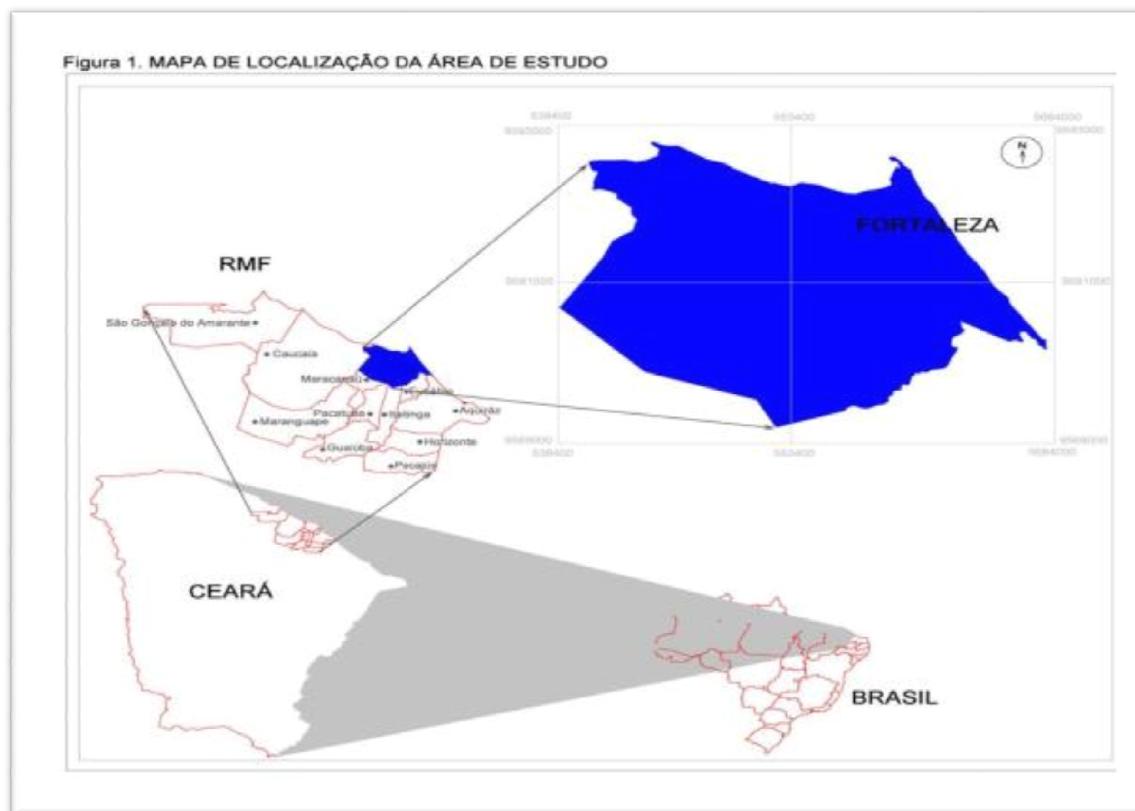
## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Sistema Clima Urbano- articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.....	36
QUADRO 2- Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”.....	41
QUADRO 3- Sumário das respostas humanas ao estresse termal.....	50
QUADRO 4- As maiores diferenças térmicas para as cidades do Nordeste.....	61
QUADRO 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste.....	63
QUADRO 6- Diferenças térmicas e outras observações microlimáticas da 1 <sup>a</sup> ETAPA (1989) do Projeto TEMPOFOR.....	72
QUADRO 7- Diferenças térmicas e outras observações microclimáticas da 2 <sup>a</sup> ETAPA (1990) do Projeto TEMPOFOR.....	73
QUADRO 8- Diferenças térmicas do ar e do meio radiante (SANTANA, 1997).....	76
QUADRO 9- Porcentagem de abertura do céu nas áreas de estudo Santana (2002)	80
QUADRO 10- Testes estatísticos aplicados as variáveis climáticas (PICI x FUNCEME).....	85
QUADRO 11- Número de eventos iguais ou superiores a 60mm/diários.....	90
QUADRO 12- Totais de eventos iguais ou superiores a 60mm/diários (1974-2006)- Década.....	90
QUADRO 13a- Número de eventos mensais em Fortaleza (2000-2006).....	91
QUADRO 13b-Eventos pluviais acima de 100mm/diário em Fortaleza (2000-2006)..	93
QUADRO 14- Concentração dos poluentes atmosféricos no bairro do Centro.....	94
QUADRO 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza....	98
QUADRO 16- Síntese dos controles climáticos urbanos das áreas experimentais da pesquisa.....	148
QUADRO 17- Síntese dos atributos climáticos urbanos Experimento I.....	212
QUADRO 18- Diferenças termohigrométricas inter e intra-urbanas Experimento I....	213
QUADRO 19- Síntese do Conforto Térmico: escala Te (A ) e escala INMET (B).....	214
QUADRO 20- Síntese dos elementos de natureza urbana EXPERIMENTO I.....	215
QUADRO 21- Síntese dos atributos climáticos urbanos Experimento II.....	229
QUADRO 22- Diferenças termohigrométricas inter e intra-urbanas Experimento II...	230
QUADRO 23- Síntese do Conforto Térmico: escala Te (A ) e escala INMET (B).....	231
QUADRO 24- Síntese dos elementos de natureza urbana EXPERIMENTO II.....	232
QUADRO 25- Freqüência espacial das ilhas térmicas nos setores da cidade.....	284
QUADRO 26- As mais intensas ilhas de calor na cidade de Fortaleza e sua espacialização em setores e regionais administrativas.....	291

## INTRODUÇÃO

As modificações do clima natural estão atreladas, entre outros fatores, aos fenômenos da urbanização e industrialização resultantes do processo de desenvolvimento do modo de produção capitalista. A cidade, refletora e materializadora desses fenômenos é o espaço de intensas transformações do ambiente natural em categorias, escalas e magnitudes diversificadas. Neste cenário de degradação a atmosfera urbana se altera e compõe uma nova estrutura (horizontal e vertical) sobre a cidade.

A cidade de Fortaleza (Figura 1) objeto de estudo desta pesquisa, localizada na faixa central da zona litorânea do Estado do Ceará na região do Nordeste do Brasil apresenta uma série de problemas ambientais de descaracterização e degradação de seus componentes naturais, o que vem comprometendo a qualidade de vida urbana de seus habitantes. O crescimento desordenado do município acompanhado de uma série histórica de políticas urbanas pontuais e



ambientalmente excludentes constitui o tensor de destaque desse quadro.

Figura 1- Localização da área de estudo.

A modificação do clima natural de Fortaleza faz parte dessa realidade, mas não representa uma problemática de primeira ordem. Entretanto, existem dados alarmantes, como por exemplo, a regressão de 50% da taxa da velocidade do vento (XAVIER, 1996 e 2001) suficientes para induzir novos planos urbanos e sensibilizar a sociedade para a tomada de decisões de controle dos atributos climáticos urbanos.

Ao considerar o clima como um dos elementos naturais de primeira ordem na composição da paisagem geográfica, a pesquisa pretende contribuir com o planejamento urbano e ambiental do município, instrumento esse fundamental aos processos de desenvolvimento sustentável, através da análise da distribuição espacial dos diferentes usos do solo urbano e sua contribuição nas variações termohigrométricas e sucessivamente as de conforto térmico em Fortaleza.

Levantou-se a hipótese de que era possível o conhecimento parcial da interferência dos elementos naturais e construídos no comportamento da atmosfera urbana. Para essa constatação, considerou-se a interação desses elementos, denominados por esta pesquisa de controles climáticos urbanos (hipsometria, declividade, orientação predominante dos ventos, disposição espacial das classes de ocupação do solo e elementos da funcionalidade urbana) e os atributos climáticos urbanos (temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, nebulosidade, conforto térmico) na definição dos contrastes térmicos do espaço intra e interurbano.

Existem diversos trabalhos (PROJETO TEMPOFOR 1990; MAIA et al 1996; SANTANA 1997, 2003; XAVIER 1996, 2001; PÉTALAS 2000; MALVEIRA 1998, 2003; HISSA 2002; ZANELLA & CLAUDINO-SALES 2002) referentes aos estudos de clima urbano de Fortaleza, com diversidade metodológica e aprofundamentos diferenciados realizados por diferentes áreas do conhecimento, estando todos esses voltados para a compreensão do comportamento térmico da cidade (MOURA, 2006). No entanto, nenhum desses estudos tratou o assunto realizando experimentos com perfis de 24 horas de leituras horárias simultâneas e episódios sazonais contrastantes, além da configuração espacial das variáveis meteorológicas na cidade.

Destaca-se também a ausência de análises na compreensão da dinâmica atmosférica regional e seus reflexos sobre o clima local. Dessa forma, a pesquisa

desenvolverá essas abordagens norteadas pelo paradigma do ritmo climático (MONTEIRO, 1969 e 1971) aplicado à análise do clima urbano (MONTEIRO, 1976).

O objetivo do trabalho se constitui em caracterizar o clima produzido pela cidade, sob o nível termodinâmico do S.C.U. (MONTEIRO, 1976) numa dimensão mesoescalar e linear, tendo como referência pontos experimentais representativos da realidade urbana, visando, desse modo, contribuir com o desenvolvimento sustentável da metrópole através de medidas voltadas ao planejamento urbano.

## **Parte I**

CLIMA URBANO: PERSPECTIVAS TÓRICA,  
ABORDAGEM CONCEITUAL E ESTUDOS DE  
CASO

# **Capítulo 1**

## **A TEORIA MONTEIRIANA**

### 1.1- O paradigma do ritmo climático e a escola brasileira de climatologia.

A perspectiva teórica e metodológica que fundamenta os estudos de climatologia geográfica num enfoque dinâmico é em grande parte brasileira. Embora tenha sido fundamentada pelas idéias francesas de Maximilien Sorre e de Pierre Pédéaborde, todo um novo impulso metodológico e refinamento teórico, além da condução de diferentes análises climáticas, foram realizadas e influenciadas pelo eminent geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro<sup>1</sup> que, no início da década de 1960, trilhou uma linha de pesquisa no país com a noção de ritmo climático, idéia essa que contrapõe os tratamentos climatológicos através dos métodos separativos.

Procedendo à apresentação do paradigma do ritmo climático nesse texto, faz-se necessário neste momento apresentar de forma breve alguns pontos de destaque sobre o desenvolvimento da climatologia no Brasil. Isso ocorrerá tendo como referência o artigo de Sant'anna (2003), onde é exibido um texto relevante oriundo de sua Tese de Livre Docência (UNESP/Presidente Prudente- ano 2001) intitulada: *“História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima”*.

Para esse autor, a climatologia brasileira se desenvolveu de modo mais notório no final do século XIX e supõe a criação do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro, em 1887 um marco histórico para o nascimento dessa ciência. Sobre a origem da climatologia no Brasil, Sant'anna (2003) exprime:

A climatologia no Brasil nasceu no seio das ciências naturais derivadas das concepções humboldtianas consagradas na “teoria geral da Terra”, como tal, eivada de pressupostos sistemáticos e de natureza regional. Este enfoque esteve presente nas primeiras descrições e no caráter explicativo advindos da preciosa contribuição dos viajantes europeus, como Spix, von Martius, Saint-Hilaire, Langsdorf, entre outros, que percorreram as terras brasileiras na primeira metade do século XX. (SANT'ANNA, 2003: 6).

O trabalho de Henrique Morize *“Esboço da Climatologia do Brasil”* de 1889 é considerado o primeiro estudo sobre o clima do país, em seqüência é destaque a

---

<sup>1</sup> Sobre o tratamento que lhe é atribuído: “Já declarei que a etiqueta de climatólogo que se me apõem às vezes, é-me extremamente desconfortável. Entre a marginalidade mais limitada da fronteira Meteorologia- Climatologia prefiro logo aquela bem mais ampla da Ciência- Geografia” (MONTEIRO,1991:128).

obra “*O Clima do Brasil*”, edição de 1896, do engenheiro alemão Frederico Draenert. Essas obras marcaram a sistematização da climatologia em nosso país. Contudo é importante lembrar que os estudos que abordavam a relação dos aspectos climáticos e saúde foram vanguardas nesse emergente campo da ciência no país.

Sobre esse aspecto, Sant’anna (2003: 22) aponta a contribuição do médico sanitarista Afrânio Peixoto, o grande mérito da climatologia médica brasileira. Esses estudos também foram desenvolvidos no Ceará, essencialmente na cidade de Fortaleza<sup>2</sup>, os artigos de Costa (2002 e 2006) oferecem uma leitura instigante sobre o tema. A autora enfatiza a questão das práticas e políticas públicas (desenho urbano, Códigos de Postura e legislações) influenciadas pelo discurso médico no século XIX em Fortaleza.

Retornando ao palco nacional, o percurso da climatologia no país agora é seguido pelas pesquisas de Carlos Delgado de Carvalho, primeiro geógrafo brasileiro que ao iniciar do século XX, desenvolveu trabalhos voltados à análise climática do Brasil. As obras “*Climatologie du Brésil*” e “*Météorologie du Brésil*”, editadas em 1916 e 1917, respectivamente, marcaram a produção da geografia do clima nacional.

As idéias de Julius Hann e Wladimir köppem foram dominantes nas posturas técnicas e teóricas de classificação dos climas regionais do Brasil de Morize, Draenert e Delgado de Carvalho. Outros pontos da história do clima do Brasil no caminhar do século XX são exaltados por Sant’anna (2003):

Nas primeiras décadas deste século várias tentativas de se identificar os sistemas produtores dos tipos de tempo foram realizados pelos estudos de Sampaio Ferraz (1934), Belfort de Matos (1906) e Américo Silvado (1902). Entretanto, foram as contribuições de Alberto Serra (1938) e Leandro Rabistona, (Serra e Rabistona, 1942), a partir dos anos trinta, que trouxeram valiosas informações sobre a circulação atmosférica do continente sul-americano [...] Nesta mesma época cria-se o Conselho Nacional de Geografia (IBGE) e nas décadas de 40 e 50 do século passado, inicia-se uma das fases mais produtivas da climatologia brasileira, com os trabalhos de Ary França (1946), e os de Fábio Soares Guimarães (1945), Gilberto Osório de Andrade (1952) e Salomão Serebrenick (1942) que produziram as primeiras obras de síntese sobre o clima do Brasil, no âmbito da ciência geográfica, cujos estudos foram, mais tarde, continuados por Lysia Bernardes (1951 e 1953) [...] e o enfoque dinâmico e suas relações com a organização do espaço é tratado nas obras de Linton de

---

<sup>2</sup> “A maioria das cidades e vilas brasileiras apresentava, por essa época, um quadro geral de insalubridade em que a umidade excessiva e as elevadas temperaturas, para os padrões europeus, associados às péssimas condições de higiene eram responsáveis por diversas moléstias e epidemias. Desta forma, a maioria dos estudos climatológicos versava sobre o papel do clima na saúde e no bem estar e foram realizados, principalmente, por médicos e sanitaristas” (SANT’ANNA, 2003:6).

Barros (1957), de Edmon Nimer (1971 e 1973) e, principalmente com Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. (SANT'ANNA, 2003:7).

Neste momento do trilhar da geografia do clima no país é que este texto retorna para a tomada da discussão do ritmo climático, recurso teórico e técnico que sustentou uma verdadeira revolução nas concepções dos estudos da climatologia nacional. As bases dessa evolução estão alicerçadas, entre outros pilares conceituais, pela meteorologia internacional. Sobre isso Ribeiro (1982) expõe:

O desenvolvimento da climatologia dinâmica só foi possível após o desenvolvimento da Meteorologia Dinâmica. Há, entretanto, um certo atraso no desenvolvimento daquela em relação a essa. A Meteorologia Dinâmica evolui a partir da década de 20, com a participação efetiva da chamada "Escola Norueguesa" em que se destacam Bergeron, Bjerknes, Solberg e outros. Esta escola desenvolveu os conceitos de massa de ar, frentes, como peças fundamentais da dinâmica atmosférica. Não podemos, no entanto, desprezar o acúmulo de conhecimento e teorias sobre a circulação geral da atmosfera iniciado no distante século XVII com Halley. Não seria possível portanto falar em Climatologia Dinâmica sem apelar para o progresso da Meteorologia, destacando-se as realizações científicas do grupo escandinavo. (RIBEIRO, 1982: 48-49)

Cabe mencionar também nessa influência estrangeira os trabalhos do geógrafo americano Arthur Strahler sobre sua proposta de classificação climática na perspectiva genética. No âmbito nacional os grandes destaques foram para os estudos dos meteorologistas-politécnicos Alberto Serra e Ratisbona na década de 1940.

As mais relevantes bases que fundamentaram a concepção rítmica na climatologia são oriundas da escola francesa, difundidas por Max Sorre e Pierre Pédélaborde. Essas bases dizem respeito ao nível de definição de clima e tempo. A insatisfação no tratamento climatológico através dos métodos separativos da climatologia clássica fez Monteiro (1969, 1971, 1976) buscar no conceito de clima proposto por Max Sorre (1951) a noção de ritmo climático. Para Sorre, o clima é a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual. Monteiro (1976) afirma:

A nova perspectiva é dinâmica (série e sucessão) e está baseada em uma propriedade intensiva da atmosfera – a própria idéia de tempo meteorológico, essencialmente associativa. Parece-me que não há dúvida de que o paradigma novo é o ritmo em substituição à média dos elementos discretamente dissociados à atmosfera e expressos com meras propriedades extensivas. (MONTEIRO, 1976:23).

Dessa forma, essa definição contrapõe o conceito de Jullius Han de 1882 do que o clima seria o "conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a

condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra.” Sorre discorre sobre as insuficiências dessa definição:

Esta definição é simples e cômoda. Ela marca bem o caráter local desta combinação de elementos meteorológicos que compõem o clima. Porém, é insuficiente sob dois pontos de vista. Corresponde a uma média, isto é, a uma abstração inteiramente destituída de realidade e conduz a um abuso das médias aritméticas para caracterizar o clima. Apresentam, em segundo lugar, um caráter estático, artificial, porque não mencionam o desenvolvimento dos fenômenos do tempo. Ora, o ritmo é um dos elementos essenciais do clima. As descrições de Hann escapam freqüentemente a esses inconvenientes. Ele se mantinha em contato mais estreito com a realidade climatológica do que sua definição permitiria supor. Todavia, não podemos nos contentar com essa definição. A que nós proporemos deverá levar em conta o fator tempo (duração). Não é, sem dúvida, perfeita. Contudo, corresponde melhor às nossas concepções. (SORRE, 1934: 9)

O professor Monteiro abraça o conceito de clima de Sorre para o desenvolvimento de seus trabalhos e afirma:

Ritmo, palavra originária da raiz grega do verbo RHEN, fluir, gerador do substantivo RHYTMÓS, já era definido por PLATÃO como “uma ordem do movimento”. Pode ser tido também como uma alternação de elementos contrastantes. Associando movimento e contraste, aparece a condição *sine qua non* do ritmo que é a periodicidade, uma configuração de movimentos não recorrentes (MONTEIRO, 2001:148).

Dessa maneira, Monteiro (1976:30) define o ritmo como sendo o encadeamento sucessivo e contínuo dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno dos mesmos estados. Embora o conceito de Maximilien Sorre tenha dado margem ao novo paradigma o mesmo não ocorreu com a estratégia metodológica, de vez que Sorre não produziu análises climatológicas. A proposta técnica de análise rítmica, aplicada a uma série de trabalhos de Monteiro (1962, 1963, 1964, 1969, 1971, 1973, 1976) preencheu essa lacuna. A proposta encontra-se em três enunciados a seguir:

O ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (MONTEIRO, 1971:9)

Só análise rítmica detalhada ao nível de “tempo” revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos fatores, dentro de uma realidade regional é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos dessa região. (MONTEIRO, 1971:12)

Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligados à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define. (MONTEIRO, 1971:13)

### 1.2-A diversificação das idéias Monteirianas: a Teoria Clima Urbano.

Ao elaborar um programa de pesquisa para o estado de São Paulo em 1976, Monteiro diversifica a verificação dos fatos (do ritmo) climáticos com outros fatores importantes do complexo geográfico e projeta o ritmo climático para a compreensão dos problemas urbanos como um eixo do programa.

A passagem dos anos sessenta para os setenta é marcada por um contexto de intensos processos de mudança no cenário político, socioeconômico e ambiental mundial, repercutindo também na ciência geográfica através dos conflitos metodológicos. O novo paradigma “Teorético-Quantitativo” trouxe discussões sobre seu aspecto social no sentido de sua rejeição ou aceitação pela comunidade de geógrafos, gerando a dualidade geografia tradicional e nova geografia (MONTEIRO, 1976: 73). Foi nessa situação que emergiu a obra clássica do professor Monteiro de 1976, intitulada *Teoria e Clima Urbano*.

As idéias dos geógrafos britânicos David Harvey e Brian Berry subsidiaram as reflexões de Monteiro sobre as mudanças e os conflitos na geografia, levando o pesquisador a um apelo à filosofia da ciência de K.R Popper, dando-lhe margem à opção de um método hipotético- dedutivo em seu trabalho.

Esse apelo à filosofia da ciência não é um fim em si mesmo, mas um meio de reflexão, fundamentação e apoio para resolver um momento de crise. Considero a preocupação metodológica no sentido normativo, ao qual não deve faltar margem, por pequena que seja, à criatividade (MONTEIRO 1976: 75).

Na teoria Clima Urbano há uma preocupação do emprego holístico, que segundo seu formulador se reveste de uma associação de idéias fundamentais como ordem de grandeza, grau de organização e categoria hierárquica. Esses fatos foram encontrados na Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S) de Ludwig Von Bertalanffy na década de cinqüenta<sup>3</sup> que serviram de caminhamento teórico e técnico à teoria clima urbano:

Minha opção neste momento é a utilização da Teoria dos Sistemas como um quadro de referência teórica para o estudo do clima urbano, por uma preferência paradigmática, imaginando-a capaz de revelar a essência de

<sup>3</sup> A Teoria dos Sistemas surgiu nos Estados Unidos nas primeiras décadas do século XX, predominantemente oriunda da engenharia e configurou-se de modo eminente no campo da matemática, sendo posteriormente assimilada por diversos ramos da ciência. A T.G. S e a cibernetica, associados às ciências biológicas, explicam a teoria sistêmica numa perspectiva organicista.

um fenômeno de complexidade por demais saliente e, por isso mesmo, demasiado importante a ser conhecido. (MONTEIRO, 1976:92)

É válido ressaltar que os pioneiros no estudo do clima urbano, H.E Landsberg e Tony Chandler, influenciaram a teoria de Monteiro, embora essas aspirações não configurassem um modelo a seguir. Isso porque a abordagem climatológica desses autores era separativa, indo contra a concepção rítmica.

A teoria Clima Urbano é composta por critérios e enunciados básicos, questões de consistências, além da constituição dos níveis do sistema. Os critérios estabelecidos se referem ao emprego de dinamismo, pragmatismo, empirismo e modelismo, já os enunciados, em dez, são apresentados a seguir:

- 1- O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização (MONTEIRO, 1976: 95);
- 2- O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere. (MONTEIRO, 1976: 96);
- 3- O S.C.U importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se imcorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.(MONTEIRO, 1976: 96);
- 4- As entradas de energia no S.C.U são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a terra-Sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.(MONTEIRO, 1976: 97);
- 5- A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão. (MONTEIRO, 1976: 98);
- 6- A estrutura interna do S.C.U não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas (MONTEIRO, 1976: 99);
- 7- O conjunto-produto do S.C.U pressupõem vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema, sendo variada e homogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação classificadora que deve ser constituída através de canais de percepção humana (MONTEIRO, 1976: 100);
- 8- A natureza do S.C.U implica condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização (MONTEIRO, 1976: 100);
- 9- O S.C.U é admitido como passível de auto-regulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que se conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas estabelecidas (MONTEIRO, 1976: 101);
- 10- Pela possibilidade de interferência auto-reguladora, acrescenta-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogênético. (MONTEIRO, 1976:102).

Dessa forma, o S.C.U é considerado como dinâmico, aberto, complexo, adaptativo e passível de auto-regulação. Para seu formulador, o S.C.U estaria à procura do equilíbrio homeostático, mas, pelo crescimento desordenado da urbanização, isso dificilmente aconteceria. Contudo nada impediria que o homem urbano intensificasse, conscientemente, no sentido de adaptação progressiva às metas de crescimento harmônico. (MONTEIRO, 1976: 102).

É relevante destacar que o primeiro e o segundo enunciado da teoria esclareceram dúvidas e questionamentos insistentes na fase de elaboração do projeto da pesquisa como: teria Fortaleza, uma cidade litorânea, grau de urbanização suficiente para gerar alterações climáticas locais. O professor Monteiro esclarece essa questão no enunciado 1 de sua teoria:

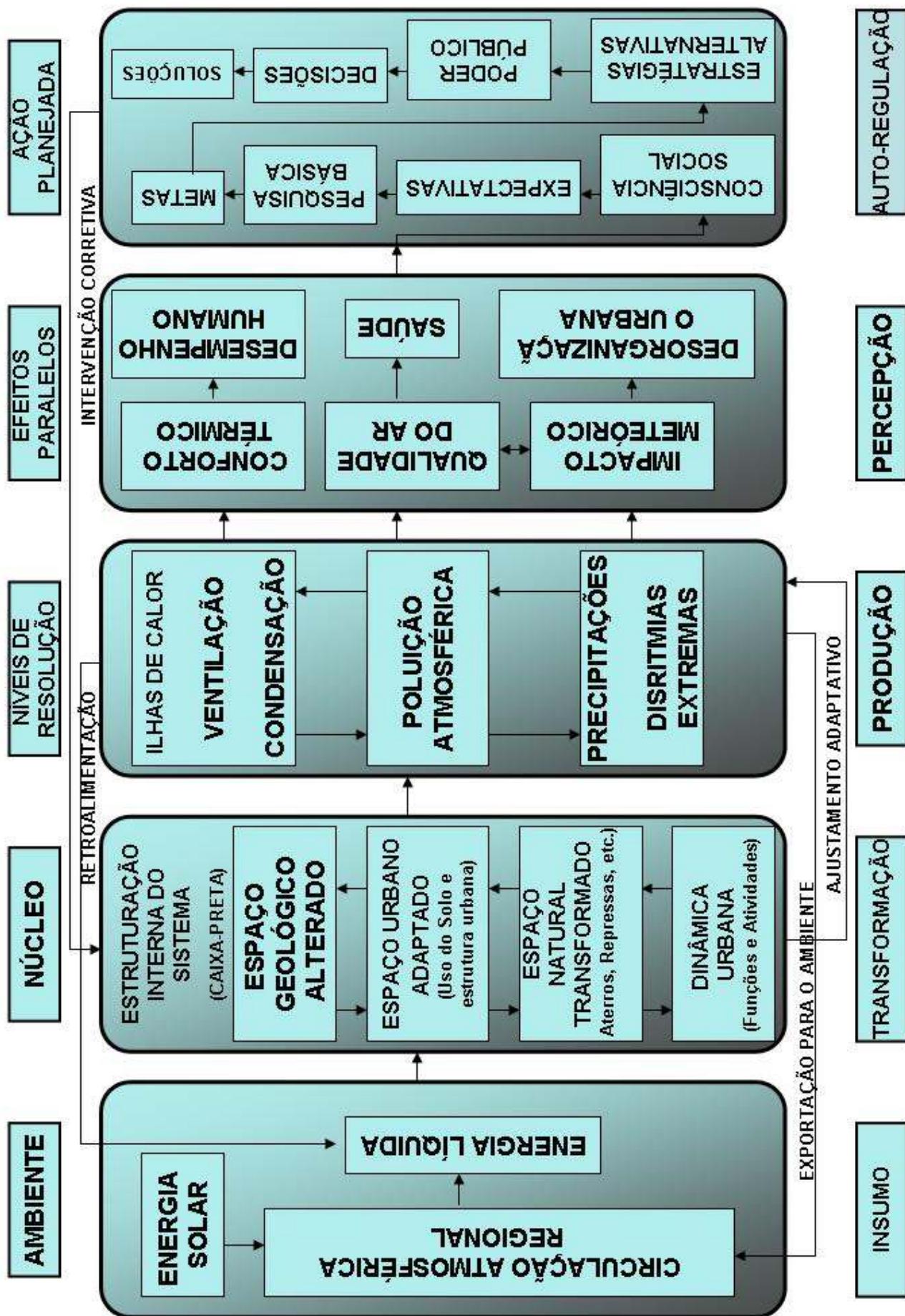
Não há preocupação em precisar a partir de que grau e de características geoecológicas locais se poderia usar o termo clima urbano. A T.G.S não exige nenhum rigor de ordem de grandeza para que se construa um sistema. (MONTEIRO, 1976: 95).

Quanto às questões básicas de consistência, a teoria Clima Urbano trata de níveis de organização e de grandeza; padrões de comportamento e auto-regulação; dinâmica processual e padrões estruturais do S.C.U. Essa última questão básica, já esclarecida nos enunciados 3,4,5,6,7 e 8 é referente aos graus de hierarquia funcional e dos níveis de resolução do sistema.

A estrutura geral do sistema (Figura 2) compõe hierarquias intercaladas horizontalmente e verticalmente, formando um nível de resolução geral que é o próprio clima da cidade, que admite também níveis de resolução intermediários (os grandes conjuntos de fenômenos do universo climático). Os níveis que formam a estrutura do S.C.U. podem ser representados por três canais de percepção humana: Canal I- Conforto Térmico; Canal II- Qualidade do Ar; Canal III- Impacto Meteórico que se associam, respectivamente, aos seguintes níveis de resolução do sistema: termodinâmico, físico-químico e hidrometeórico. O Quadro 1 mostra as características e articulações desses canais abstratos e perceptivos.



Figura 2- SISTEMA CLIMA URBANO (S.C.U) – Carlos Augusto Figueiredo Monteiro,1975.



Fonte: Monteiro,1976. Adaptação da Figura: Marcelo Moura,2007.

Quadro 1- Sistema Clima Urbano- Articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção.

Caracterização	SUBSISTEMAS		
	Termodinâmico	Físico-Químico	Hidrometeórico
	CANAIS DE PERCEPÇÃO		
	I Conforto térmico	II Qualidade do Ar	III Impacto Meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto-motores Industrias Obras- limpeza	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercambio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica especial (trabalho de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (trabalho de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infra estrutura urbana
Produtos	“Ilhas de calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução no desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra- estrutura urbana e da regularização fluvial. Uso do solo.
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (1976 e 2003).

### **1.2.1- O Nível Termodinâmico do Sistema Clima Urbano (S.C.U.).**

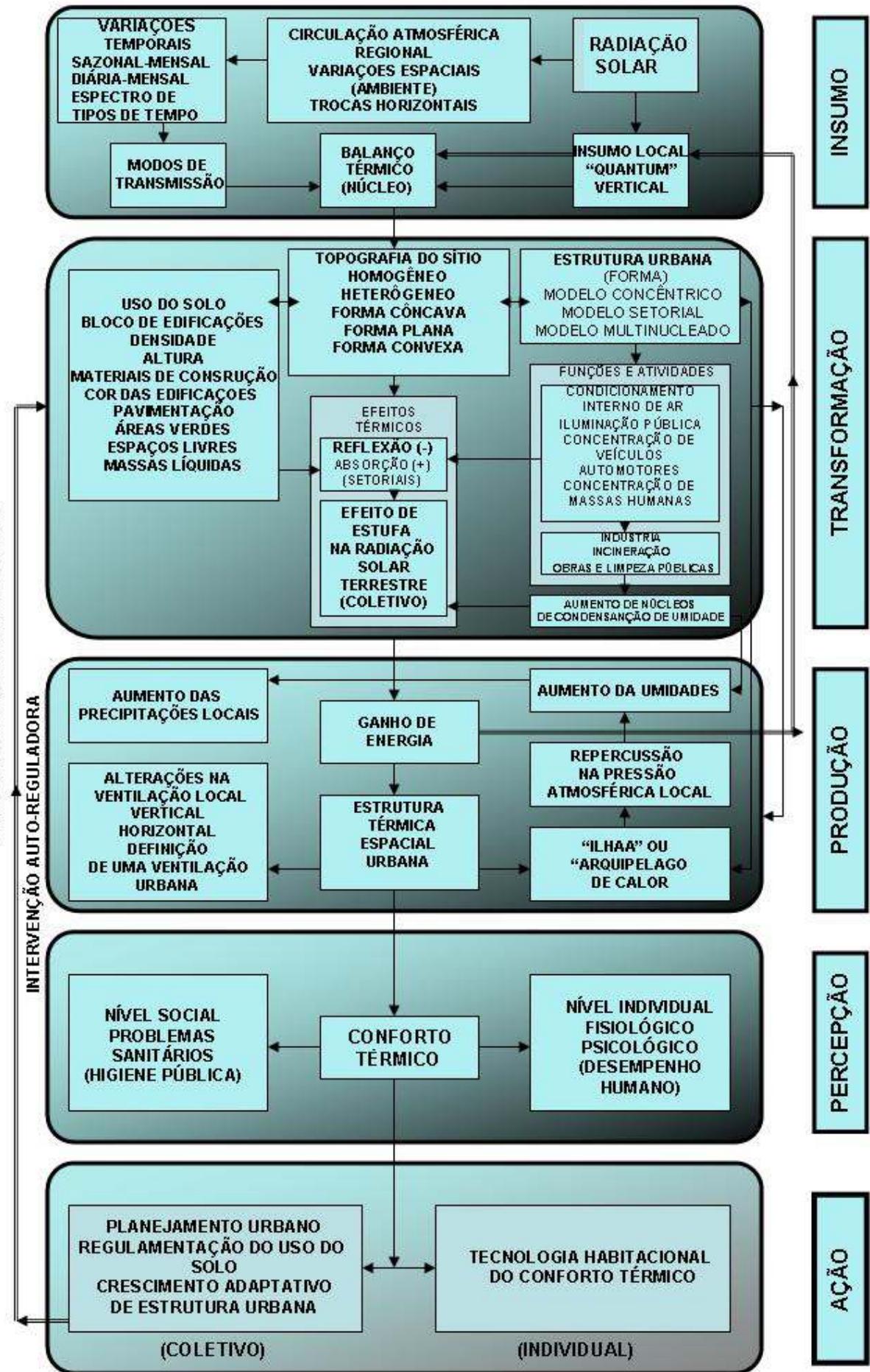
O subsistema se define em cinco níveis de resolução (Figura 3), integrados entre si, sendo o nível condutor do sistema, o insumo (nível 1) responsável pela entrada de energia no subsistema e seu desdobramento na circulação atmosférica. A transformação (nível 2) dessa energia ocorrerá por meio das características do sítio urbano, associado à natureza de sua morfologia e funcionalidade, os chamados controles climáticos urbanos, resultando na produção (nível 3) de uma estrutura térmica, desencadeadora de: ilhas de calor/frio (conforto térmico), mudanças no campo de pressão, diminuição/aumento da umidade e da velocidade do vento.

Por sua vez, esses processos são repassados a sociedade, tanto a nível individual ou coletivo (nível 4). Os processos de repercussão, na maioria das vezes, prejudiciais à saúde física e mental da população é aberta à modificação através da ação (nível 5) individual (mecanismos de ventilação) e coletiva (decisões sobre os controles climáticos urbanos, ou seja, ações de planejamento). Foi na perspectiva do subsistema termodinâmico que houve a análise conjunta dos registros psicrotérmicos e anemométricos na definição do campo térmico nos ambientes experimentais da pesquisa.

No ano de 2006, a Teoria Clima Urbano completou trinta anos e recebeu homenagem especial no VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica em Rondonópolis/MT. A relevância, a consistência e a originalidade desse pressuposto podem ser verificadas pela sua adesão em um volumoso número de pesquisas referentes ao ambiente climático das cidades brasileiras desde meados da década de 1970 e intensificadas a partir da década de 1990.

Figura 3- S.C.U- SUBSISTEMA TERMODINÂMICO – Canal de Percepção: CONFORTO TÉRMICO.

Carlos Augusto Figueiredo Monteiro,1975.



Fonte: Monteiro, 1976. Adaptação da Figura: Marcelo Moura, 2007.

### 1.3- A escala na Climatologia Urbana

A questão da taxonomia na climatologia é algo ainda pouco definido, pelo menos no nível microclimático. Ribeiro (1992) coloca que a abstração racional do fenômeno climático exige uma referência escalar com possibilidades metodológicas (escala taxonômica) sendo que cada nível escalar deve seguir uma abordagem especial. Esse autor estabelece critérios orientadores para uma sistematização, antes de expor um sistema taxonômico climático:

- 1- São consideradas escalas superiores àquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores àquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra;
- 2- As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores;
- 3- As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores;
- 4- O grau de dependência da radiação extra-terrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que atingem as escalas inferiores;
- 5- Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro;
- 6- A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre. (RIBEIRO, 1992)

Assim, Ribeiro (1992) expõe três níveis interativos do clima: macroclimático, mesoclimático e microclimático e define as ordens de grandeza tempôro-espacial para o fenômeno climático, a partir desses níveis e dos critérios apresentados. As ordens são: clima zonal, regional, mesoclima ou clima local, topoclima e microclima.

Monteiro (1976) também discute uma escala taxonômica para o clima como uma questão básica de consistência para a montagem de sua teoria, Sistema Clima Urbano (S.C.U.), disponibilizando um quadro didático (Quadro 2) de relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômicas (uma relação com a sistematização da taxonomia de Tricart & Cailleux) das zonas e com os graus de urbanização. Dos níveis e ordens expostas, o nível escalar de maior indefinição é o microclimático.

Geiger (1975), citado por Monteiro (1976: 108), define microclima pela expressão “próxima do solo”, o que não está a mais de dois metros da superfície terrestre, já Ayoade (1996: 04) expõe que a escala é aquela que atua próximo à

superfície ou em áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão. Tarifa & Armani (2001: 50) afirmam que atualmente se aceita volumes até o topo das árvores de uma formação florestal (30 a 40 metros). Ribeiro (1992) conceitua o microclima como a magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve.

No presente estudo considera-se que a definição de microclima urbano é multidiverso e obedece as especificidades da cidade que devem ser percebidas pelo pesquisador durante sua investigação, ou seja, não existe um microclima uniforme e definido, mas sim microclimas condicionados pela estrutura urbana da cidade. Logo, parece impossível estabelecer padrões universais e limítrofes de horizontalidade e verticalidade para esse nível climático, pelo menos em se tratando do clima urbano. Ao tratar dessa escala no clima urbano, Monteiro (1976) exprime que:

Toda essa imprecisão é extremamente incômoda para a definição do clima urbano, já que também a cidade é igualmente variada em ordem de grandeza. Normalmente, o clima urbano tem sido apontado como um clima local modificado. Mas a metrópole pode ultrapassar esse limite enquanto a megalópole se amplia no regional. Tudo isso demonstra a debilidade de qualquer definição ao nível taxonômico. (MONTEIRO 1976:107)

Na presente pesquisa a escala adotada para mensuração das variáveis, a microclimática, considerou o nível mais próximo dos indivíduos (1,70 metros) na tentativa de verificar as influências das estruturas superficiais na alteração das variáveis meteorológicas, sobretudo na definição do conforto térmico das áreas analisadas.

Apesar de seguir as prescrições metodológicas de Monteiro (1976), o presente estudo não concorda com o quadro elaborado por este autor (Quadro 2), quando se refere aos espaços urbanos relacionados à categoria microclima, por acreditar que a utilização dessa escala não seja apenas aplicável aos espaços internos das edificações.

Quadro 2- Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o Clima Urbano.

Ordens de grandeza (Calleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escalas cartográficas de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	$10^6$ (milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	—	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	$10^4$ (milhões de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	— Megalópe Grande área metropolitana	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas Rede meteorológica de superfície.	Sistemas meteorológicos (circulação secundária )	Redes Transectos
						Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	$10^2$ (milhões de Km)	1:1.000.000 1:500.000	Sub-Regional (fácies)	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Interação geoecológica Ação antropica	Análise espacial
VI	$10^{-2}$ (centenas de Km)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
—	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
—	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais.	Habitação	

Fonte: Monteiro (1976)

## **Capítulo 2**

### OCONFORTO CLIMÁTICO URBANO

## 2.1- O balanço energético urbano

O fluxo de radiação solar<sup>4</sup> que atinge o sistema superfície terrestre-atmosfera é a fonte primária energética da Terra. A variação quantitativa dessa radiação depende do período do ano, do dia (duração do dia) e da latitude. Com base nas informações de Ayoade (1996) e Varejão-Silva (2001), a equação do balanço de radiação é a seguinte:

$$R = (Q+q) (1-\alpha) + I\downarrow - I\uparrow$$

onde,

R é o balanço de radiação (diferença entre a quantidade de radiação que é absorvida e emitida por um corpo);

(Q+q) é a soma da radiação solar direta ou difusa incidente sobre a superfície da Terra;

$\alpha$  é o albedo superficial;

$I\downarrow$ , a reirradiação (contra-radiação) da atmosfera e

$I\uparrow$ , a radiação terrestre.

Para o sistema superfície atmosfera, o balanço de radiação é zero, já para o balanço da radiação na superfície terrestre é positivo de dia e negativo de noite (pelo fato de ser fonte radioativa de ondas longa no período noturno), bem como durante o ano se diferenciando do balanço atmosférico que é negativo (AYOADE, 1996).

O importante a ser destacado é que os fluxos de calor gerados pela atividade humana (concentração de consumo) têm magnitude significativa em relação aos fluxos energéticos naturais da radiação. Para Azevedo (2001: 80), a drenagem contínua dessa energia armazenada de extensas áreas do Planeta, a qual é convertida em calor em pequenas áreas, cria um desequilíbrio nos fluxos regionais de energia. As aglomerações humanas são pontos de alto poder de geração de entropia.

---

<sup>4</sup> “A quantidade de energia solar recebida, por unidade de área, por uma superfície, que forme ângulos retos com raios do sol no topo da atmosfera, é de aproximadamente duas calorias por  $\text{cm}^2$  por minuto ou dois **langleys** por minuto. Isso é chamado de **constante solar**, porque tal quantidade é relativamente constante, sendo a variação (em torno médio de 2 **langleys** por minuto) de aproximadamente 2%” (AYOADE, 1996: 23).

Esse mesmo autor desenvolveu uma pesquisa (AZEVEDO, 2001) nessa perspectiva para Grande São Paulo e concluiu que o montante de energia introduzido e dissipado no clima urbano de São Paulo pela atividade humana é comparável ao montante de energia introduzida pela radiação solar na mesma escala de magnitude, ou seja, de um a dez, a energia de origem antrópica é no mínimo um se a de origem solar for dez.

De acordo com Santana (1997:43), a presença da radiação térmica no clima urbano origina-se: do calor armazenado ganho pela radiação solar direta que passa a ser difundido para o meio através da radiação, convecção e condução; da radiação solar refletida pelas superfícies; e do calor antropogênico urbano (metabolismo basal, atividade muscular do homem, energia desprendida pelas indústrias, transporte, iluminação pública etc).

A atividade humana em conjunto com o fluxo natural de energia gera um balanço de energia no sítio urbano. Moreno (1999: 23) esquematizou a partir das considerações de Oke (1987), os fluxos e componentes energéticos em um volume edificado com ar (Figura 4), propondo um modelo de balanço energético urbano.

O balanço, considerando um determinado volume edificado com base superior equivalente aos telhados dos edifícios mais elevados é:

$$+ \_ Q + \_ QH + \_ QE + \_ \Delta Qs + \_ \Delta Q_A + Q_F = 0$$

onde;

Q, a radiação direta;

QH , o calor sensível;

QE, o calor latente;

$\Delta Qs$ , a variação do calor armazenado no solo, edifícios do ar contido no volume;

$\Delta Q_A$ , a transferência direta advectiva, na horizontal, de calor sensível e latente e

$Q_F$ , a fonte de calor urbano (combustões).

Os *input* energéticos menos os *output* constituem a variação da energia armazenada:

$$\text{input de energia} - \text{output de energia} - \text{variação da energia armazenada} = 0$$

Desta forma, os sinais positivos se referem à entrada de energia e os negativos às perdas energéticas, porém para  $\Delta Qs$  os sinais significam diminuição ou

aumento do calor armazenado.  $Q_F$  só possui sinal positivo por que se supõe que há sempre ganho de calor por fonte antropogênica urbana.

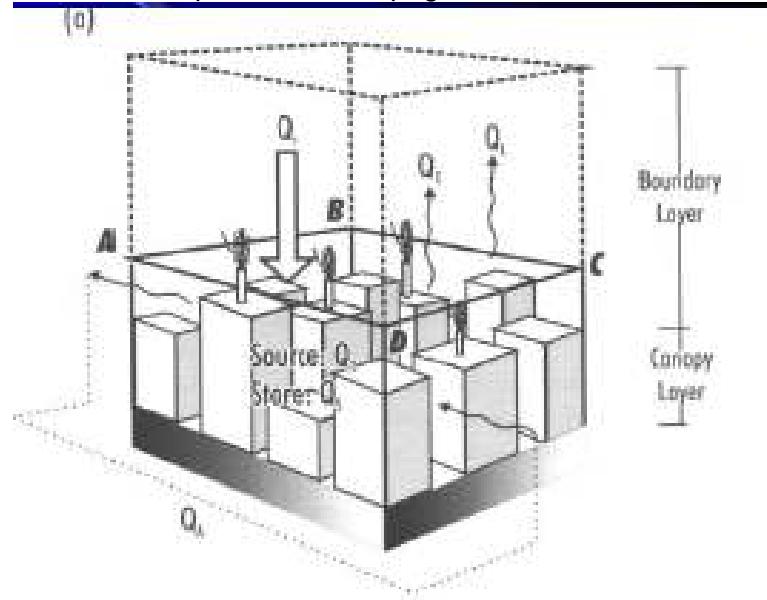


Figura 4- Esquema do balanço energético urbano.

Fonte: Oke (1987: 275).

Se comparado com o balanço energético rural (um determinado volume de solos-plantas-ar), apresentado na equação a seguir, o balanço urbano apresentará alterações na radiação de onda curta incidente, com 10 a 20% menor que nas áreas rurais.

$$+ \_ Q + \_ QH + \_ QE + \_ \Delta Qs + \_ \Delta Q_A + Q_p = 0$$

onde;

$Q$ , a radiação direta;

$QH$ , o calor sensível;

$QE$ , o calor latente;

$\Delta Qs$ , a variação do calor armazenado no solo, nas plantas e o ar contido no volume;

$\Delta Q_A$ , a transferência direta advectiva, na horizontal, de calor sensível e latente e

$Q_p$ , variação direta do calor bioquímico armazenado pela fotossíntese e respiração vegetal.

O albedo urbano é menor que o albedo da superfície rural circundante. Nas cidades de latitudes médias correspondem a uma diferença média de 0,15% na ausência de neves, já nas cidades de latitude baixa as diferenças não são conhecidas. Quanto à radiação de onda longa, as diferenças entre as áreas urbanas e rurais são baixas, embora nas cidades a perda seja maior à noite.

### **2.1.1- O conceito de ilhas térmicas.**

O conceito de ilhas térmicas adotado neste trabalho é uma referência às configurações espaciais e temporais das ilhas de calor e das ilhas de frio ou frescor. As ilhas térmicas são produtos das alterações climáticas provocadas pela urbanização (OKE, 1987; PITTON, 1997; MORENO, 1999). Desse modo, as ilhas térmicas são resultantes do albedo urbano, ou melhor, da mudança dos fluxos de energia solar incidente na superfície da cidade que consequentemente por meio de processos físicos produz alterações na temperatura do ar.

O termo ilhas de calor se aplica tanto em um contexto intra-urbano quando as diferenças da temperatura do ar são realizadas de maneira simultânea dentro dos limites territoriais da cidade, como no inter-urbano quando as diferenças são obtidas pelo maior valor mensurado na cidade com o valor coletado por um ponto de referência no meio rural. Já o termo ilhas de frio ou frescor, pouco utilizado pelos trabalhos de climatologia urbana no Brasil, é uma referência adotada quando se realiza a diferença do menor valor da temperatura do ar obtido no ambiente urbano com o valor mensurado no meio rural. Quase sempre essa diferença é negativa, por isso os valores se apresentam com o sinal negativo.

As causas que contribuem para a formação das ilhas de calor (OKE, 1987; MENDONÇA, 1994; PITTON 1997; MORENO 1999; MALVEIRA, 2003) são resumidas a seguir:

- Maior armazenamento de calor durante o dia na cidade, graças as propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construção urbana, e sua devolução para a atmosfera durante a noite;
- Adição do calor antropogênico na área urbana pela utilização de aquecedores e refrigeradores, transporte e atividades industriais;
- Diminuição do fluxo do calor latente devido ao aumento de superfícies impermeáveis e redução da vegetação e das águas superficiais (lagoas, lagos e rios);

- Menor perda do calor sensível, causado pela redução da velocidade do vento originada pela edificação;
- Menores perdas de radiação de ondas longas nos canyons urbanos, devido à redução do “*sky view factor*” pelos edifícios (método que estima o quanto o céu está “obstruído” por objetos, acima de um ponto qualquer da superfície urbana).

As ilhas térmicas podem ser analisadas sob os aspectos das variações espaciais e temporais, fatores que vão determinar a intensidade e freqüência do fenômeno. As variações espaciais ocorrem tanto no ambiente intra-urbano como no inter-urbano e podem ser verificadas nos níveis escalares verticais e horizontais. Há uma tendência das configurações geográficas do fenômeno se apresentar com maior intensidade da periferia da cidade em direção ao centro, área mais urbanizada.

As variações temporais podem ser verificadas em um ritmo diário, sazonal e intra-anual. Pitton (1997: 19) coloca que diversos estudos apontam para o maior desenvolvimento das ilhas de calor em noites claras e calmas, já em condições de céu nublado e ou precipitações e no período diurno a ilha de calor é menos intensa. Entretanto, as pesquisas realizadas nas cidades brasileiras revelam que é no período diurno que ocorrem as maiores intensidades do fenômeno. Na revisão dos trabalhos de clima urbano para o Nordeste do Brasil, realizada nesta pesquisa, foi identificada uma tendência das ilhas de calor se configurar no período da manhã e na situação sazonal de verão e outono, seguido da estação de primavera.

## 2.2- Mecanismos e variáveis do conforto térmico.

O conforto climático está relacionado a dois campos fundamentais: a qualidade do ar e o conforto térmico (HISSA, 2000: 7). Esse último é definido por Fanger (1970) citado por Buriol et al (2004) como:

a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico ou a sensação de neutralidade térmica quando todo o calor utilizado pelo organismo através do metabolismo é trocado em igual proporção com o ambiente ao calor, através de perdas por convecção, radiação, evaporação e por condução através das roupas. (BURIOL ET AL, 2004).

O homem<sup>5</sup>, por ser homeotérmico possui energia térmica produzida por reações químicas internas. A partir de combustíveis orgânicos, esse processo é chamado de metabolismo. Frota & Schiffer (1988: 10), afirmam que 20% dessa energia é transformada em potencialidade de trabalho e o restante, cerca de 80%, se transforma em calor, que deve ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio. O equilíbrio entre as perdas e ganhos da energia térmica é denominado de termorregulação (mecanismo de controle natural de perdas de calor).

As trocas de calor do indivíduo com o ambiente ocorrem através dos mecanismos reguladores de calor: convecção, radiação, evaporação, além dos processos fisiológicos e psicológicos. Os efeitos desses mecanismos sobre o calor de um organismo são mostrados na equação de balanço de calor descrita por Kormondy (2002):

$$\Delta S = M_b + M_a + K + C + R - E$$

onde,

$\Delta S$  é a variação da quantidade de calor contida no corpo;

$M_b$  = metabolismo basal, referente à atividade metabólica gerada por um animal durante uma situação de descanso total, mas, acordado;

$M_a$  = metabolismo ativo, calor adicional como produto da energia necessária para o trabalho muscular;

$K$  = processo de condução;

$C$  = processo de convecção;

$R$  = processo de radiação e

$E$  = processo de evaporação.

Para Kormondy (2002:133), a equação apresentada é um guia quando lidamos com a adaptação humana às condições de calor ou frio, pois mostra que o metabolismo sempre leva à aquisição de calor, que a evaporação sempre envolve perda de calor e que outros métodos de troca de calor podem resultar tanto em um ganho quanto numa perda de calor, dependendo das condições locais.

---

<sup>5</sup> Sua temperatura interna é sensivelmente constante e equivale a 37°C com limites pequenos entre 36,1°C e 37,2°C, sendo 32°C e 42°C os limites inferior e superior, respectivamente, para a sobrevivência em estado de enfermidade.

Quando há dissipação do calor através dos mecanismos de trocas térmicas entre o indivíduo e o ambiente, o organismo perde calor de duas formas: através das trocas secas (condução, convecção e radiação) que é chamado de calor sensível e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente e das trocas úmidas (evaporação) denominada de calor latente e envolve mudança de estado de agregação (SANTANA, 1997).

As variáveis relativas ao conforto térmico do ambiente de acordo com os sistemas de eliminação de energia do corpo são:

- Variáveis físicas ou ambientais: variáveis meteorológicas (temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e temperatura radiante). É a que mais interfere nas condições de conforto, sendo variante nas pessoas;
- Variáveis psicológicas: está ligada à percepção e preferência térmica dos indivíduos. Interferem nesse processo a idade, o sexo, a vestimenta e a atividade desenvolvida pela pessoa;
- Variáveis individuais: tipo de atividade desempenhada pelo individuo (taxa de metabolismo e vestimenta).

Griffths (1976), citado por Mendonça (2001: 51), apresenta um sumário (Quadro 3) das respostas termo-regulatórias do organismo e os distúrbios conseqüentes em condições de frio e de calor.

### 2.3- Escalas do conforto térmico.

Os índices ou escalas do conforto térmico visam englobar as variáveis do conforto e os mecanismos que proporcionam as trocas de calor entre o individuo e o ambiente, com o intuito de obter escalas para medir a sensação do conforto.

Os primeiros estudos sobre o conforto térmico estão relacionados com o rendimento do trabalho físico dos operários das indústrias. Frota & Schiffer (1988: 46) colocam que esses estudos foram desenvolvidos pela Comissão Americana de Ventilação em 1916, com o objetivo de determinar a influência das condições termo- higrométricas sobre o rendimento do trabalho em situações especiais de guerra.

Quadro 3- Sumário das respostas humanas ao estresse termal.

Para o frio	Para o calor
<b>Respostas termorregulatórias</b>	
Constricção da pele dos vasos sanguíneos	Dilatação da pele dos vasos sanguíneos
Concentração do sangue	Dilatação do sangue
Flexão para redução da superfície exposta do corpo	Extensão para o aumento da superfície exposta do corpo
Aumento do tônus muscular	Queda do tônus muscular
Estremecimento	Transpiração
Tendência ao aumento de atividade	Tendência à redução de atividade
<b>Distúrbios conseqüentes</b>	
Aumento do volume de urina	Queda do volume da urina. Sede e desidratação
Risco de suprimento inadequado de sangue para a ponta dos dedos das mãos e dos pés e partes expostas levando à quebra por congelamento	Dificuldade na manutenção do suprimento de sangue para o cérebro levando à tontura, náusea e esgotamento pelo calor. Dificuldade na manutenção do balanço clorídrico, gerando cãibras.
Aumento da fome	Queda do apetite
Queda da temperatura do corpo	Ascensão da temperatura do corpo
Sonolência	Enfraquecimento do centro de regulação de calor
Parada das batidas do coração e da respiração.	Falhas da regulação das terminações nervosas levando ao sufocamento.

Fonte: Mendonça (2001:51)

De acordo com Frota & Schiffer (1988), Santana (1997) Hissa (2000) e Buriol et al (2004) os índices são classificados baseados em diferentes aspectos do conforto como:

- Índices biofísicos, que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;

- Índices fisiológicos, que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura irradiante média, umidade do ar e velocidade do vento;
- Índices subjetivos, que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Existem dezenas de escalas de conforto térmico, referentes à aplicação de condições ambientais de construção e de representação geográfica. Neste relatório serão apresentadas algumas dessas escalas. As mais utilizadas no âmbito da climatologia geográfica são os índices de Temperatura Efetiva (Te) de Thom (1959) e de Desconforto (Id) de Nieuwolt (1977) expressos por equações.

A escala da Temperatura Efetiva (Te), adotada nesta pesquisa, é do tipo fisiológico e determina o alcance das zonas de conforto para os adultos vestidos e em repouso, com um leve movimento do ar. O índice estabelece uma zona de conforto térmico entre 18.9°C e 25.6°C; valores acima de 25.6°C indicam *stress* ao calor e abaixo de 18.9°C *stress* ao frio. Essa escala é a mais usada nos trabalhos de climatologia urbana do Brasil, porém restam dúvidas quanto a sua validade nas cidades tropicais de clima quente-úmido, pois tal equação foi devidamente testada apenas nos países temperados. Quanto ao índice do Desconforto (Id) é expresso por:

$$Id = 0,5 Td + (Td UR)/500, \quad \text{onde}$$

Td é a temperatura do bulbo seco medido em °C e UR a umidade relativa do ar.

Para Buriol et al (2004), o valor Id igual a 21°C corresponde à condição ambiental mais agradável. Quando  $26^{\circ}\text{C} > Id > 24^{\circ}\text{C}$  trata de uma situação de desconforto. Há um monograma em que também se estima as condições de conforto para essa escala (Figura 5).

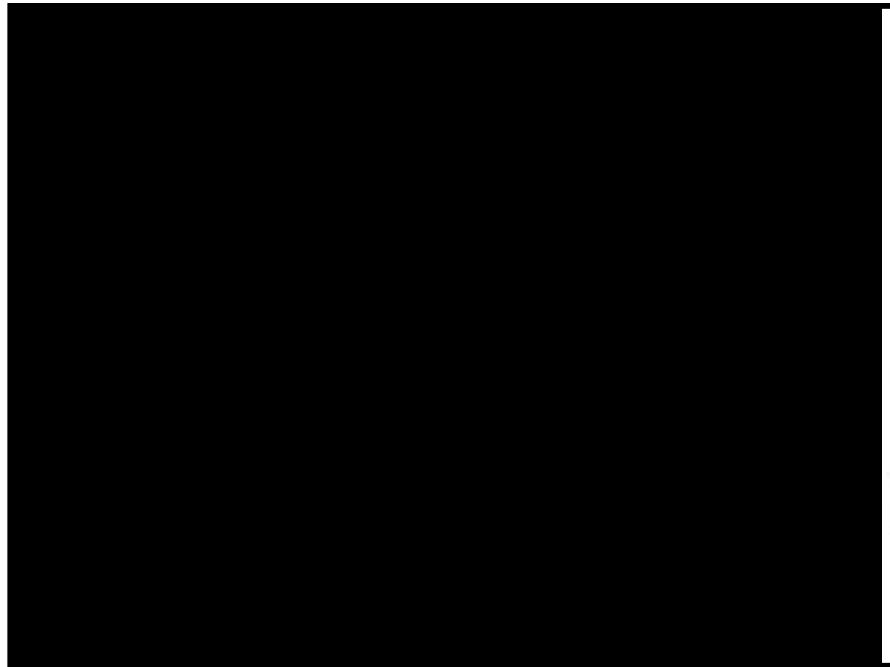


Figura 5- Monograma de Nieuwolt (1977).

Fonte: Buriol et al (2004).

Quanto às escalas mais utilizadas para obtenção do conforto bioclimático se destaca a Carta Bioclimática de Olgay (1952), inserida nos índices biofísicos (Figura 6). Essa escala foi elaborada e testada com habitantes de regiões de clima quente, que realizam trabalho leve, vestindo 1 “clo”<sup>6</sup> (FROTA & SCHIFFER 1988: 18). O índice combina a temperatura do bulbo seco com a umidade relativa do ar, indicando a necessidade de vento, sombra e radiação solar para uma situação de conforto.

Salienta-se que existe uma adaptação da escala bioclimática supracitada, realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET, 2006), denominada de Diagrama do Conforto Humano (Figura 7), a qual a presente pesquisa adota para análise das condições de conforto dos seus experimentos.

---

<sup>6</sup> Unidade que mede o nível de vestimentas sobre o corpo.

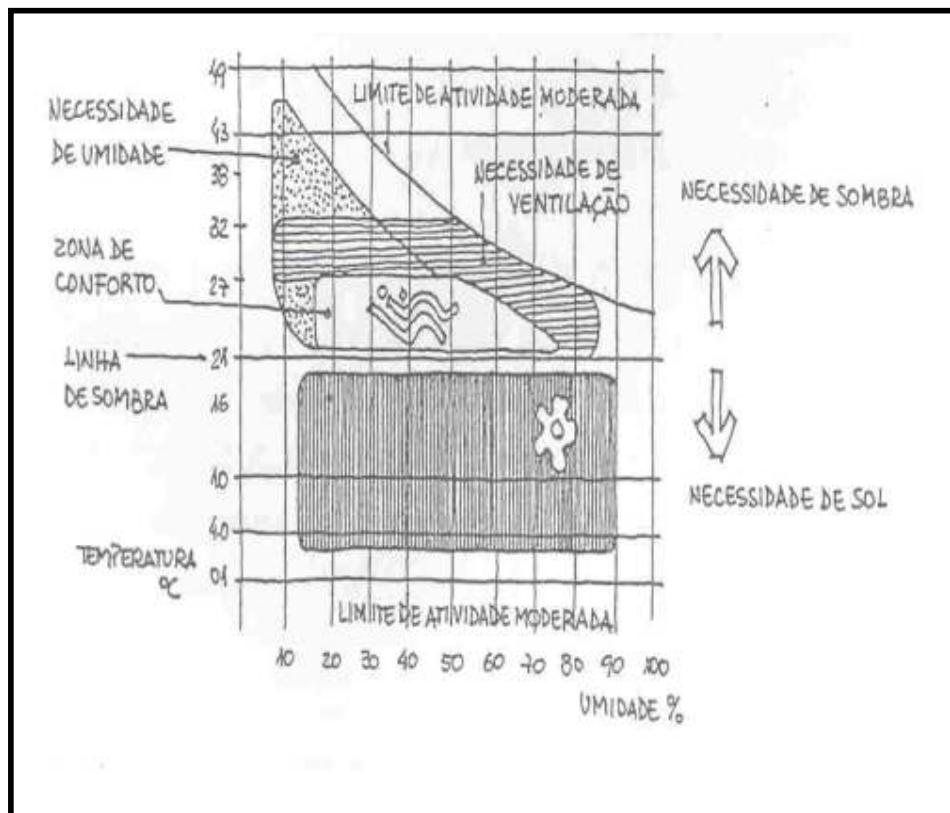


Figura 6- Carta Bioclimática de Olgay (1952)

Fonte: Santana (1997).



Figura 7- Diagrama do Conforto Humano- INMET

Fonte: INMET (2006)

O índice de Temperatura Efetiva de Yaglow e Hughtem (1923), citado por Hissa (2000: 11), correlaciona sensações de conforto e condições de temperatura, velocidade do vento e umidade em forma de monograma. No início da década de 1930, houve uma correção desse índice (Temperatura Efetiva Corrigida), utilizando a temperatura do termômetro de globo (mede a radiação térmica) ao invés da temperatura do bulbo seco na determinação da zona de conforto, esse obtido por monograma para pessoas normalmente vestidas em trabalho leve.

Giovani (1976), apresentado por Hissa (2000: 14), associa informações sobre a zona de conforto térmico com o comportamento climático local, através da “Carta Bioclimática de Giovani”, com objetivo de atender às necessidades dos projetos arquitetônicos. Santana (2002: 204) cita um outro índice avaliado com base nas condições térmicas do interior do ambiente projetado, designado de Conforto Térmico de Fanger, medido a partir de uma equação designado de *Predicted Mean Vote* (PMV- Voto Médio Estimado).

Frota & Schiffer (1988) apresenta o I.C.E. (Índice do Conforto Equatorial) desenvolvido por Webb na década de 1960 que determina as condições de conforto para habitantes de climas tropicais (testados na população de Cingapura), procurando correlacionar sensação de calor aos dados de P4SR (Previsão da Produção de Suor em 4 horas) em forma de monograma. Frota & Schiffer (1988:19) afirmam que há eficácia desse índice quando aplicado aos habitantes de regiões climáticas semelhantes a Cingapura, como a Amazônia.

Seria o índice do Conforto Equatorial mais compatível a realidade climática das cidades brasileiras do que a Temperatura Efetiva de Thom (índice Te)? Parece que não há registros da aplicação do I.C.E. nos trabalhos de climatologia do país, pelo menos na geografia. Isso talvez seja explicado pela grande circulação nas academias da obra de Ayoade (1996), traduzida para o português, a qual apresenta o índice de Thom, que foi difundido em quase todos os estudos de geografia que abordam o conforto térmico nas cidades.

Santana (2002) relata uma nova estratégia de avaliar as condições de sensação térmica tendo como base o princípio adaptativo que diz: se uma mudança ocorre de forma a produzir desconforto, as pessoas reagem de forma a restaurar seu conforto. Esse princípio foi desenvolvido pelos ingleses Humphreys e Nicol e subsidiou novas formas de observação direta (percepção dialética), formas que

consideram aspectos subjetivos do comportamento dos indivíduos, valorizando desse modo o componente psicológico do conforto. Esse método é conhecido como Modelo Adaptativo ou Conforto Térmico Adaptativo.

A climatologia geográfica urbana brasileira precisa atentar para a questão da escolha de índices de conforto que melhor se adaptem à investigação do clima urbano em nossas cidades, isso por que o maior número de pesquisas se voltam para a análise das condições de conforto térmico (canal termodinâmico) em ambientes urbanos.

Uma maior atenção deve ser prestada à variável velocidade do vento, elemento descartado em grande parcela dos índices de conforto, inclusive aquelas adotadas nas pesquisas de clima urbano pela geografia, pois esse elemento meteorológico é um controle de primeira ordem na definição do conforto térmico, além do que é um dos elementos mais alterados pela urbanização.

## **Capítulo 3**

### **OS ESTUDOS DE CLIMA URBANO**

### 3.1-Os primeiros estudos do clima urbano.

A climatologia urbana é uma parte especializada dentro da climatologia que tem como objeto de estudo principal o conhecimento dos mecanismos próprios do clima urbano e a evolução da alteração da atmosfera causada pelas cidades. Mendonça (2001) afirma que:

Foi na Grécia antiga, por volta do século V a.C, que se iniciaram os registros de observações relativas à atmosfera e suas influências sobre a vida dos homens, pois alguns filósofos colocavam questões ligadas às diferenças dos lugares e dos homens do mundo conhecido de então; Hipócrates por exemplo, escreveu em 400 a.C a obra intitulada **Ares, Águas e Lugares** e Aristóteles, em 350 a.C **Meteorológica**. (MENDONÇA, 2001:40).

Segundo Landsberg (1956), Moreno (1999) e Malveira (2003), os primeiros estudos de clima específico em áreas urbanas ocorreram em Londres. O trabalho pioneiro do inglês Jonh Evelyn (1620-1706), *Fumifugium* de 1661, descreve os numerosos efeitos da contaminação da atmosfera advinda da combustão do carvão das indústrias.

Em 1833, século XIX, com o incremento das observações meteorológicas o inglês Luke Howard (1772-1884) analisa os dados de 1797-1831 e percebe alterações térmicas para a cidade de Londres. Com a mesma abordagem o francês Emilien Renou (1815-1902) encontra anomalias na temperatura do ar para a cidade de Paris. (MALVEIRA, 2003).

É somente no século XX (final da década de vinte e início dos anos trinta) que ocorre o nascimento da climatologia urbana, com o advento das primeiras metodologias, como as transsecções. Wilhelm Schmidt utiliza pela primeira vez a técnica para o estudo da distribuição térmica espacial em Viena. Além dessas pesquisas existiram outras, que se intensificaram a partir do pós-guerra com o crescimento e expansão das áreas urbanas.

Landsberg (1956) em seu artigo clássico *O Clima das Cidades* destaca os principais pesquisadores que trataram sobre o clima urbano durante as primeiras décadas do século XX e suas respectivas cidades de estudo: Kremser (1909)- Berlim; Büttner (1929)- Berlim e Potsdam; Lauscher & Steinhauser (1932)- Viena;

Stelnhauser (1932)- Frankfurt; Kratzer (1937)- Monique; Maurain (1947)- Paris; Sundborg (1951)- cidade de Uppsala na Suécia.

Na década de sessenta, em meio à crise ambiental, os trabalhos de Landsberg e Chandler, considerados clássicos, vieram fortalecer a climatologia urbana, apesar de seus estudos apresentarem uma análise separatista, faltando uma correlação dos fenômenos meteorológicos e urbanos. (LOMBARDO, 1985:28).

O geógrafo americano Oke é um grande destaque do estudo da atmosfera urbana e são desse pesquisador os mais conhecidos modelos teóricos e físico-escalares do balanço energético urbano desenvolvidos durante as décadas de setenta e oitenta do século XX reunidos na sua obra de 1978 (1<sup>a</sup>Edição) e 1987 (2<sup>a</sup>edição).

No Brasil existe uma verdadeira escola de climatologia urbana implantada pelo Professor Doutor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, sendo a disciplina “Introdução à Climatologia Urbana” do programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de São Paulo (USP) no ano de 1972 e posteriormente a publicação de sua Tese de Livre Docência em 1976, intitulada Teoria e Clima Urbano, na mesma universidade, os marcos condutores para a efetivação dessa escola.

De modo geral, os estudos de clima urbano no âmbito da geografia brasileira ocorreram primeiramente no campo teórico e com aplicações mais sistematizadas somente no final da década de setenta e início dos anos oitenta com as produções vinculadas ao Laboratório de Climatologia do extinto Instituto de Geografia da USP (MONTEIRO, 1991:57).

Grande parcela dos trabalhos ocorreu sob a orientação do Professor Monteiro, assim os primeiros estudos de caso no Brasil foram: Tavares (1974) para a cidade de São Paulo; Fonzar (1978)- Presidente Prudente/SP; Sartori (1979)- Santa Maria/RS; Sampaio (1982)- Salvador/BA e Paschoal (1981)- São Paulo. Cabe mencionar a obra de Lombardo (1985), oriunda de sua tese de doutorado, que ganhou grande repercussão no país.

Ely (2006) e Fialho & Azevedo (2006) apresentam um cenário dos estudos de climatologia produzidos no Brasil e afirmam que os programas de pós-graduação não possuem linhas de pesquisas específicas para o ramo da climatologia e que o clima urbano representa 39% dos recortes temáticos, ocupando o primeiro lugar das

teses e dissertações produzidas neste campo, sendo a análise do campo térmico nas cidades líder nessas investigações.

### 3.2- O clima urbano das cidades do nordeste brasileiro

Neste item da pesquisa, serão apresentadas considerações gerais a respeito do clima urbano das cidades nordestinas levantadas principalmente por meio de informações em anais de eventos <sup>7</sup> que tratam sobre a temática com maior enfoque para o período de 2000 a 2007. Deve-se deixar claro que, por se tratar de uma revisão bibliográfica com uma escala espacial tão abrangente, o mesmo deixou à margem muitos trabalhos desenvolvidos, isso pela falta de acesso ou conhecimento da existência.

O Nordeste é destaque no pioneirismo dos estudos de clima urbano, sendo a pesquisa de Sampaio (1981), no nível de mestrado, com o objeto de estudo o campo térmico na cidade de Salvador intitulada *Correlações entre o uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador/BA*, palco de um dos primeiros estudos de caso do Brasil. A seguir serão apresentadas as considerações levantadas com a revisão:

1. A consolidação dos estudos de clima urbano no nordeste só ocorreu depois do ano 2000, com numerosos trabalhos realizados em nível de graduação;
2. Cabe salientar que antes desse período houve produções científicas realizadas por Castro (1991); Melo (1991) e Vidal (1991) desenvolvidas para a cidade de Natal no campo da arquitetura - Conforto Térmico (no nível de mestrado); Gonçalves (1992) em Salvador no Campo Hidrometeorológico/Inundações urbanas (Tese de Doutorado em Geografia); Santana (1997) na cidade de Fortaleza analisando o campo térmico (Dissertação de Mestrado em Geografia);
3. As nove capitais nordestinas foram privilegiadas com estudos de clima urbano, embora com grandes diferenças no número de pesquisas e nos procedimentos metodológicos e técnicos utilizados. A capital que possui o maior número de pesquisas é Natal, seguido de Fortaleza e Salvador, já a

---

<sup>7</sup> Os anais dos eventos analisados foram: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada; Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica; Encontro Nacional de Geógrafos; Congresso Brasileiro de Geógrafos; Congresso Brasileiro de Meteorologia; Encontros da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia.

que possui o menor número é Teresina, isso considerando o nível das produções em trabalhos técnicos, dissertações e teses;

4. Menciona-se que a cidade de Feira de Santana/BA (cidade de porte médio) é privilegiada com trabalhos de qualidade. Foi a primeira cidade do Nordeste a
5. utilizar imagens termais na análise do clima urbano. (MENDES, SILVA e GONÇALVES, 2006);
6. Os estudos foram realizados por três áreas do conhecimento: geografia, arquitetura e meteorologia;
7. As pesquisas de Pós-graduação (Mestrado) foram realizadas predominantemente pela arquitetura sob a perspectiva do conforto térmico;
8. É destaque na produção das pesquisas de clima urbano do Nordeste a cidade de Natal/RN, tanto no campo da arquitetura como da geografia. Isso ocorre, em parte, por conta da arquitetura da UFRN que possui uma linha de pesquisa no curso da pós-graduação destinada ao nível do conforto térmico nas cidades;
9. A perspectiva mais aplicada nos estudos é a do campo térmico (canal do conforto), seguido dos campos hidrometeorológico e físico-químico. Esse quadro segue a tendência nacional na escolha das abordagens das pesquisas;
10. O referencial teórico de Monteiro (1976), o S.C.U, é pouco utilizado nas pesquisas, inclusive aquelas realizadas por geógrafos;
11. A escala climatológica adotada nos estudos é predominantemente a microclimática, em um nível que varia de 1 a 2 metros do solo;
12. Predominam pesquisas que utilizam o método empírico (trabalhos de campo);
13. Tornou-se claro, quanto ao instrumental adotado pelas pesquisas, que a aparelhagem mecânica é mais usada na mensuração das variáveis meteorológicas;
14. A variável meteorológica mais tratada nos trabalhos foi a temperatura do ar, com as maiores diferenças térmicas (obtidas pelas pesquisas que realizaram trabalhos de campo) variando de 1,4 até 8°C, com valor médio de 3°C. O quadro 4 mostra uma síntese dessas diferenças, identificando a cidade, a hora e a data do episódio, bem como a situação sazonal dos eventos.
15. Essa síntese expõe que as diferenças termais ocorreram predominantemente no período da manhã e na situação sazonal de verão e outono, período chuvoso da região, seguido da situação de primavera;

Quadro 4 - As maiores diferenças térmicas para as cidades do Nordeste.

Autor	Cidade	Diferença térmica (°C)	Episódio		
			hora	Data/periód	Situação sazonal
Projeto TEMPOFOR (1990)	Fortaleza	3,2	16	27/03/1990	outono
Santana, A. S. (1997)	Fortaleza	4	9	31/01/1997	verão
Araújo, R.R; Sant'anna,N. (2000)	São Luis	8	-	08,09/10/99; 26,27/11/99 e 22,23/12/99	primavera-verão
Sousa, P.R (2002)	Fortaleza	4	9 e 21	27/4/2000 17/05/200	outono
Barbosa,R.V.R; Barbirato,G,M; Vecchia,F.A.S (2003)	Maceió	2,5	12	Fevereiro de 2002	verão
Freitas, R. (2004)	Recife	2	-	1999	-
	Recife	2,8	-	2001	-
Torres, S.C; Barbirato, M.G. (2004)	Maceió	1,4	-	Dezembro/200 3 Janeiro/2004	verão
Silva, A.P.L .M et al (2005)	Patos/PB	2,7	-	03 a 07/07/97 08 a 12/08/97 e 06 a 10/12/97 e 18 a 22/12/97	Inverno primavera
Barbosa, R.V.R (2005)	Maceió	3,3	9	11 a 30/07/2005	inverno
Magalhães, G.B. et al (2006)	Pacoti- CE	3	12	06/05/2006	outono
Silva, A.P .L.M et al (2006)	Campina Grande/PB	2,5	-	06 a 10/12/97 e 18 a 22/12/97	primavera-verão
Moura (2006)	Fortaleza	3,3	9	25/05/2005	outono
Moreira, E.B.M. (2007)	Recife	4,8	9	4 a 6/10/2006	primavera

15- As cidades de porte médio e pequeno como Campina Grande, Patos e Pacoti apresentam diferenças térmicas comparáveis com aquelas obtidas pelas metrópoles, constatação essa que vai ao encontro com as colocações de Monteiro, que afirma que a alteração no clima da cidade não depende do seu grau de urbanização. (MONTEIRO, 1976: 9).

O quadro 5 sintetiza a revisão realizada no tocante ao nível dos trabalhos, à área do conhecimento, à escala climática adotada, além dos procedimentos e dos principais resultados adquiridos. As pesquisas realizadas na cidade de Fortaleza não constam nessa síntese, sendo apresentados posteriormente no item seguinte da dissertação.

A revisão é ciente da existência dos trabalhos de Imamura-Bornstein (1991), Silva (1999), Bernardo (1999), Correa (2000), Branco (2001), Sousa (2004), porém, não foi possível apresentá-los por razões de acesso e, como já supracitado, a revisão do clima urbano das cidades do Nordeste, por sua dimensão, não se encerrou nas considerações apontadas, pois se sabe que vários trabalhos não foram inclusos e que muito ainda precisa ser levantado para melhor se definir as características dos climas urbanos das cidades nordestinas.

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Araújo,R.R et al (2000)	Estudos preliminares do comportamento termohigrométrico em áreas urbanas de São Luís/MA	Geografia (Graduação)	Micro 1,5m	dois trabalhos de campo: 06,07/10/99; 24,25/11/99 e 22,23/12/99 com perfis de 14h em duas áreas distintas da cidade Renascença (mais urbanizada) e Campus da UFMA (área menos urbanizada)	Diferenças térmicas inferiores a 0,5°C para a área mais urbanizada.
Araújo,R.R; Sant'anna,N. (2000)	Influência do uso do solo urbano no comportamento térmico no município de São Luís/MA	Geografia (Parte da dissertação de Mestrado)	Micro 1,5m	três trabalhos de campo: 08,09/10/99; 26,27/11/99 e 22,23/12/99 com perfis de 14h nos bairros Renascença, São Francisco, Centro e Campus da UFMA.	Diferenças térmicas de até 8°C entre os bairros.
Carvalho, M.M. (2001)	Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do parque das Dunas em Natal/RN	Arquitetura (Mestrado)	Micro	10 pontos amostrais para a tomada da temperatura, umidade, velocidade e direção do vento (7 dentro do Parque e 3 fora) em um perfil de 6h em dois trabalhos de campo: 05/02/99 e 05/07/99.	O Parque exerce uma influência climática na área do entorno de aproximadamente 3,51Km <sup>2</sup> , o equivalente a 30% da superfície urbana da cidade de Natal.
Nascimento, M.O. T et al. (2001)	Situação climática do Campus I da UFPB na cidade de João Pessoa.	Geografia Graduação	Micro 1m	Coletas sistemáticas da temperatura do ar no período de 18 meses (entre 2000 e 2001, todas as sextas-feiras) em duas áreas diferenciadas do Campus da UFPB.	A área mais urbanizada apresentou média anual de 32,1°C e 34,7°C para os anos de 2000 e 2001, respectivamente, já área menos urbanizada as médias foram de 29,9°C em 2000 e 28,8°C para 2001.

Quadro 5 - Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Pontes, C.M.F et al (2001)	Mapeamento da qualidade do ar no bairro da Várzea (Recife/PE), utilizando liquens como bioindicadores.	Geografia Graduação (parte da Monografia de Bacharelado)	Micro	Divisão do bairro em 116 quadrantes (500x500m) e em cada quadrante selecionado 3 árvores com fixação a cada uma delas de uma malha com 25 quadrados com 5cm de lado para quantificar o IPA (Índice de Pureza Atmosférica).	A área mais urbanizada do bairro apresentou baixos valores de IPA e os liquens avaliados com notável desorganização fisiológica.
Meneses,L, F et al (2002)	Predominância da velocidade e direção do vento no Campus I da UFPB.	Geografia Graduação	Micro	Registro da velocidade e direção em uma estação automática no período de 17/02/2001 a 19/04/2002. A pesquisa não cita o intervalo dos registros.	A direção predominante foi Sul; a média das velocidades foi de 1,62m/s sendo a média entre as máximas de 4,6m/s.
Sobreira, L.C. et al. (2003)	Áreas susceptíveis a inundações na cidade de João Pessoa/PB.	Geografia Graduação	Meso (Bacia Hidrográfica)	Análise da evolução do relevo da bacia do Jaguaribe (1974 com 1998) comparando a impermeabilização do solo pela urbanização. Verificação do comportamento pluviométrico no período de 99 a 2003.	A urbanização aumentou 51,81% entre 1974 e 1998. Em relação às inundações foi destacado um evento pluvial de 24/02/2003, que trouxe inúmeros prejuízos a cidade de João Pessoa.
Barbosa,R.V.R; Barbirato,G,M; Vecchia,F.A.S (2003)	Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido.	Arquitetura (parte de monografia)	Micro 1,5m	3 medições móveis no mês de fevereiro de 2002 com um perfil de 6h de registros simultâneos em 3 pontos de análise na cidade de Maceió.	As menores temperaturas ocorreram as 6,18 e 21h. A maior diferença térmica foi de 2,5°C as 12h. A umidade do ar é quase a mesma entre os pontos com valores de 78%

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Torres, S.C; Barbirato, M.G. (2004)	O conforto ambiental de espaços públicos urbanos em conjuntos habitacionais em Maceió/AL.	Arquitetura	Micro	Medições móveis da temperatura e umidade do ar em 3 praças com registros de 9,15 e 21h em dias não consecutivos dos meses de DEZ/2003 e JAN/2004. Aplicação de questionários com os usuários das praças.	Diferenças térmicas de até 1,4°C para aos setores menos arborizados das praças.
Oliveira, J.S. (2004)	Estudo de desempenho de áreas verdes na amenização climática em Natal/RN.	Arquitetura (Parte da dissertação de Mestrado)	Micro 1,4m	Comparação de categorias de espaços arborizados e urbanizados em 5 pontos de mensuração pela cidade com registros de temperatura, umidade, velocidade e direção do vento. A pesquisa não cita o intervalo e nem as datas dos experimentos.	Não apresenta resultados quantitativos, mas aponta a importância conjunta das categorias dos espaços verdes para amenização térmica da cidade.
Freitas, R. (2004)	Clima urbano na cidade do Recife ou arquipélago das Ilhas concêntricas.	-	Micro	Verificação de ilhas de calor a partir de 10 pontos experimentais pela cidade no ano de 98, 99, 2001,2003 e 2004. O trabalho não revela o intervalo e nem as datas dos experimentos.	Em 98 o trabalho mostra temperaturas de 30°C para as áreas de maior densidade urbana e 24 °C e 28°C para os setores com espaços verdes. No ano de 99 foi detectado diferenças térmicas de 2°C entre os pontos e em 2001 de 2,8°C. a pesquisa não revela resultados para os anos de 2003 e 2004.

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Quintel, E, V, B. (2004)	Conforto ambiental em escolas de região do trópico úmido brasileiro.	Arquitetura	Micro Escolas públicas da cidade de Maceió/AL	Análise de transmitância térmica para o sistema de paredes e aplicação do índice térmico de Fanger a partir dos dados de temperatura e umidade adquiridos.	Baixa inércia térmica no material de construção analisado; sensação térmica QUENTE para os usuários; os elementos climáticos são desfavoráveis.
Oliveira, E.D; Silva, F.M. (2005)	Diagnóstico do conforto térmico entre praças com características geográficas distintas em Natal/RN.	Geografia Graduação	Micro	Verificação do conforto em duas praças (uma mais urbanizada outra mais arborizada) em 5 pontos com mini-abrigos através de leituras simultâneas a cada 30min em um perfil de 7h. Foi utilizado o modelo computacional WCI (Wind Chill Index) para obter dados de conforto, além da aplicação de questionários.	Não há detalhamento das variáveis obtidas em campo. Os autores apenas ressaltam a boa aplicação do índice de conforto WCI nas praças.
Silva, A.P.L.M et al (2005)	Avaliação de microclimas urbanos na cidade de Patos.	Meteorologia Técnico	Micro 2m	Influência das variáveis meteorológicas (radiação incidente, refletida e saldo; fluxo do calor no solo; temperatura; umidade e vento) em superfícies de asfalto, calçamento e praça por meio da montagem de dois experimentos: inverno de 97 (03 a 07/07/97 e 08 a 12/08/97) e verão de 97 (06 a 10/12/97 e 18 a 22/12/97) com registros a cada 5 minutos por torres com sensores automáticos.	A ausência de arborização contribui para o aumento da temperatura do ar em 1,8°C em asfalto e 1,3° no calçamento. A diferença da temperatura média entre as superfícies de asfalto, calçamento e praça chegam a 2,7°C (para o asfalto).

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Nedel, A.S. et al (2005)	Análise comparativa de dois índices de conforto térmico humano no estado de Pernambuco.	Meteorologia Técnico	Cidade Estações do CPTEC	Aplicação de duas escalas do conforto (índice de FANGER e COELHO & GONÇALVES) nas cidades de Recife, Vitória de Sto. Antão, Caruaru, Serra Talhada e Petrolina, por meio da série meteorológica do ano 2000 fornecidas pelas PCD's.	Os índices de conforto exibiram sensação de desconforto em relação ao calor durante todo o ano no período da tarde, com extremos nas tardes de verão, para todas as cidades, com exceção de Caruaru para o inverno. O índice COELHO & GONÇALVES mostrou sensação de conforto durante todas as manhãs do ano para as cidades analisadas.
Barbosa,R.V.R (2005)	Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió/AL	Arquitetura Mestrado	Micro 1,5m	Análise do comportamento térmico em 9 unidades amostrais a partir de um transepto no bairro da Jatiúca em três episódios no mês de julho de 2005 com registros simultâneos de 9,15 e 21h.	As maiores diferenças térmicas ocorreram pela manhã (9h) com valores de até 3,3°C. A noite (21h) as diferenças não ultrapassaram 1,2°C.
Andrade,H.O; Santo,S.M; Santos, R.L. (2006)	A condição termal em Feira de Santana/BA: uma análise do conforto térmico.	Geografia Técnico Graduação	Cidade Estação	Análise da série 1997-2005 com aplicação do índice de sensação térmica do INMET em Feira de Santana.	Geração de diagramas de dispersão do índice de conforto com as médias (temperatura e umidade do ar) tendendo a “muito quente” e “confortável”; as máximas muito “quente” e as mínimas de “necessidade de sol para conforto”.

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Luna, J.B; Carvalho,G.R.S; Do Amaral,R.F (2006)	O mapa termal do Campus Central da UFRN por extensão “3D”.	Arquitetura Graduação	Micro	Uso da imagem do LANDSAT 7 ETM+ canal 6 para elaboração do mapa termal seguido da aplicação do software Spring em MNT para visão 3D.	O mapa termal em 3D permitiu um maior detalhamento das áreas selecionadas para análises das temperaturas refletidas pela superfície urbana.
Magalhães, G.B. et al (2006)	Alterações microclimáticas urbanas em Pacoti/CE.	Geografia Graduação	Micro 1,70	Mensurações simultâneas em 5 pontos pela cidade em um perfil de 12h (7 as 19h) em um único episódio (06/05/2006), além da aplicação do índice de conforto de Thom.	As maiores diferenças ocorreram às 12h (3°C) e 10, 11 e 14h (2°C). Esses valores são comparáveis com aqueles encontrados em Fortaleza/CE. Todos os registros apresentaram situação de conforto.
Sousa, R.M; Luna, J.B; Carvalho,G.R.S (2006)	Ventilação e prescrição urbanística: um caso de estudo para Natal/RN.	Arquitetura Graduação	Micro	Construção de maquetes virtuais para a orla da Praia do Meio/Natal para verificação do efeito da ventilação através de modelos de interferência a entrada dos ventos na cidade.	O modelo recomendado foi aquele que trata das condições atuais: dunas provocando “sombras de vento” e que os outros modelos prognósticos (edificações) não são favoráveis a ventilação na cidade.
Mendes, A.F; Silva, A.B; Gonçalves,N.M (2006)	Estimativa da temperatura da superfície da cidade Feira de Santana/BA a partir da imagem do satélite LANDSAT ETM+ canal 6.	Geografia Graduação	Meso cidade	Tratamento da imagem: georreferenciamento, correção atmosférica, reamostragem da resolução espacial de 60m para 30m e transformação dos valores radiométricos em escala térmica por meio de regressão quadrática.	Foi detectado aumento da temperatura para as áreas de maior adensamento urbano na cidade.

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Silva, A.P.L.M et al (2006)	Avaliação de microclimas urbanos na cidade de Campina Grande no período do verão.	Meteorologia Técnico	Micro 2m	Influência das variáveis meteorológicas (radiação incidente, refletida e saldo, fluxo do calor no solo, temperatura, umidade e vento) em superfícies de asfalto, calçamento e praça por meio da montagem de dois experimentos no verão de 97 (06 a 10/12/97 e 18 a 22/12/97) com registros a cada 5 minutos por torres com sensores automáticos.	Foi registrada diferença térmica de 2,5°C quando comparado os dados obtidos nas superfícies com aquelas da estação da cidade (área verde). Detectou-se também 60,8°C nas temperaturas máximas da superfície do asfalto, com diferenças termais de 5°C comparado a superfície de calçamento.
Mendes, A. F; Silva, A. B; Gonçalves, N.M (2007)	Aspectos geoecológicos e sua influência na temperatura da superfície da cidade de Feira de Santana/BA	Geografia Graduação	Micro 1,5m	Análise de ambientes térmicos a partir de 2 transectos com 40 pontos de mensuração (Temperatura do ar e radiante) em um perfil de 6 horas realizados no dia 29 e 30 de abril de 2006, além de correlações estatísticas com dados obtidos em campo com aqueles adquiridos por imagens termais.	Correlações positivas entre os dados obtidos em campo e aqueles das imagens termais. Os usos do solo bem individualizados favorecem a homogeneização da temperatura, possivelmente associado a topografia plana da cidade.

Quadro 5- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano do Nordeste (continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Moreira, E.B.M. (2007)	Análise dos topoclimas urbanos de Recife: o caso dos bairros de Santo Amaro e Curado.	Geografia	Micro 1,5m	Análise térmica nos bairros do Curado (franja urbana com floresta/estação INMET) e Sto. Amaro (Centro da cidade) em 3 experimentos nos dias 04, 05 e 06/10/2006 em 3 registros 9, 15 e 21h.	Diferenças térmicas: 4,5°C (9h); 4,8°C (15h) e 2,9°C (21h) para o bairro mais urbanizado.
Andrade,H.O; Santos R.L. (2007)	Estimativa de conforto térmico a partir do índice de Thom (1959) para a cidade de Feira de Santana/BA	Geografia Graduação	Cidade Estação	Uso da série meteorológica do INMET (1998-2006) aplicado ao índice de Thom para análise sazonal do conforto térmico.	Há uma redução de 4,6°C no índice de conforto entre o verão e o inverno. É na primavera que se registram os maiores índices de desconforto.
Abreu,L;Sousa,N; Texeira,M. (2007)	A influência da urbanização como fator de alteração de temperatura na cidade de Teresina/PI.	Tecnologia ambiental Graduação	Cidade Estações	Análise da temperatura do ar por meio dos dados das estações da EMBRAPA (área menos urbanizada) e SEMAR (área mais urbanizada) no período de janeiro a julho de 2007.	O trabalho não apresenta resultados diretos, apenas afirma que há um aumento da temperatura para a estação da SEMAR (área mais urbanizada).

### 3.3 - Apresentação dos estudos de clima urbano da cidade de Fortaleza.

Os estudos apresentam diversidade metodológica e graus de complexidade e aprofundamento diferenciados. Entretanto, a abordagem que prevalece nesses estudos é a mesma: o campo termodinâmico. O tratamento dessa abordagem foi aplicado em diferentes áreas do conhecimento como: geografia, arquitetura, engenharia e estatística. Os trabalhos são os seguintes: Projeto TEMPOFOR (1990), Xavier (1996 e 2001), Maia et al (1996), Santana (1997, 2002), Malveira (1998, 2003), Hissa (2000), Pétalas (2000), Zanella & Claudino-Sales (2002), Sousa (2002), Moura (2006), Abreu & Zanella (2007), Mesquita & Grangeiro (2007) e Rocha (2007).

O Projeto TEMPOFOR (1990) foi um estudo técnico requisitado para complementação do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Projeto Metrofor (Consórcio do Trem Metropolitano de Fortaleza) visando obter informações sobre o microclima da área central da cidade onde seria construída parte do sistema viário.

O trabalho foi desenvolvido em dezembro de 1989 (1<sup>a</sup> etapa) e março, abril e maio de 1990 (2<sup>a</sup> etapa) no eixo das avenidas Carapinima e Tristão Gonçalves, limitando-se entre o viaduto próximo à Avenida Padre Cícero e as praças José de Alencar e Lagoinha, com a seleção de oito áreas para as observações microclimáticas ao longo desse eixo. Foram levantados os parâmetros de temperatura e umidade do ar, temperaturas máximas e mínimas, evaporação, velocidade e direção dos ventos e nebulosidade em duas estações (ALFA- ao sol e BETA- à sombra), com leituras horárias de perfis de 11 e 12 horas simultaneamente para cada área em dias distintos. Os resultados dos extremos térmicos e de outras variáveis das oito áreas (16 experimentos) encontram-se nos Quadros 6 e 7

Os registros apontam valores anômalos no microclima, com diferenças termais acima de 3°C. Segundo o estudo, a temperatura apresentou valores mais elevados durante o período chuvoso (verão/outono), umidade relativa do ar elevada no período seco (primavera) e velocidade do vento mais intensa na primavera.

A pesquisa, realizada por geógrafos, resultou em um rico trabalho de campo que contribuiu para o conhecimento das condições microclimáticas da área central de Fortaleza, além do fornecimento de valiosas informações para efeito comparativo-evolutivo com outros estudos.

Quadro 6- Diferenças térmicas e outras observações microlimáticas da 1ª ETAPA (1989) do Projeto TEMPOFOR.

Experimento	Data	Estação (área)	Magnitude termal (ºC)*	Velocidade do Vento (m/s)**	Direção predominante	Nebulosidade (8/8)	Tipologia de Nuvens
I	06/12/89	Praças: J.Alencar- ALFA Lagoinha- BETA	3º C (13h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	SE (ALFA) E (BETA)	3/8	Cumuliformes (Cu e Cb)
II	13/12/89	Centro Artístico- ALFA  Prédio EBCT- BETA	1,6º (14h) BETA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	SE	8/8 e 7/8 nas primeiras horas da manhã.	Cumuliformes e estratiformes
III	15/12/89	SENAc- ALFA  Igreja S.Benetido- BETA	2,6ºC (14h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	SE	8/8 e 6/8 (das 6 as 13h)	Cumuliformes
IV	19/12/89	Sindicato dos rodoviários- ALFA  Hospital S.O.S- BETA	0,8ºC (7h) BETA	Calmaria a aragem (0-1,5 m/s)	SE	6/8	Cumuliformes
V	20/12/89	Posto União_ ALFA Bar da Senador Catunda- BETA	3,1ºC (15h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	S	5/8	–
VI	22/12/89	Pátio da arquitetura- UFC- ALFA e BETA	2,6ºC (06h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	E	6/8	–
VII	26/12/89	Canteiro da Av. Carapinima- ALFA e BETA	2,1º (9h) BETA	Calmaria (0-5m/s)	NE	8/8	Nimbostratus (Ns) e Cumulus (Cu)
VIII	28/12/89	Canteiro da Av. Carapinima- ALFA e BETA	1,4ºC (11h) ALFA	Calmaria a aragem (0-1,5 m/s)	SE	6/8	Cumuliformes

Fonte:Projeto TEMPOFOR (1990)

Organização dos dados: Moura (2006)

\*Diferença dos valores da temperatura do ar das estações ALFA (sob radiação solar direta) e BETA (à sombra); \*\* Valor médio comparado com a escala Beaufort.

Quadro 7- Diferenças térmicas e outras observações microclimáticas da 2ª ETAPA (1990) do Projeto TEMPOFOR

<b>Experimento</b>	<b>Data</b>	<b>Estação (área)</b>	<b>Magnitude termal (°C)*</b>	<b>Velocidade do Vento (m/s)**</b>	<b>Direção predominante</b>	<b>Nebulosidade (8/8)</b>	<b>Tipologia de Nuvens</b>
I	13/03/90	Praças: J.Alencar- ALFA Lagoinha- BETA	2° C (12h)- ALFA	Calmaria a aragem (0-1 m/s)	S –ALFA SE-BETA	5/8	Cumuliformes
II	20/03/90	Centro Artístico- ALFA e BETA	1,4°C (12h) BETA	Calmaria a aragem (0-1 m/s)	SE	2/8	Cumuliformes
III	27/03/90	SENAC- ALFA  Igreja S.Benetido- BETA	3,2°C (16h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-3,5 m/s)	S	3/8	Cumuliformes
IV	03/04/90	Sindicato dos rodoviários- ALFA  Hospital S.O.S- BETA	2,8°C (9h) ALFA	Calmaria a aragem (0-1 m/s)	NE	4/8	Cumuliformes
V	10/04/90	Canteiro da Av.Carapinima- ALFA Bar da Senador Catunda- BETA	2,2°C (10h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	SE	3/8	Cumuliformes
VI	18/04/90	Canteiro da Av. Carapinima- ALFA Em frente ao prédio nº 2425- BETA	1,7°C (11h) ALFA	Calmaria a vento suave (0- 5 m/s)	SE	5/8	Cumuliformes
VII	25/04/90	Canteiro da Av. Carapinima- ALFA e BETA	2,2°C (13h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	NE	6/8	Cumuliformes
VIII	02/05/90	Canteiro da Av. Carapinima- ALFA e BETA	2,2°C (12 e 13h) ALFA	Calmaria a brisa leve (0-2m/s)	NE	4/8	Cumuliformes

Fonte: Projeto TEMPOFOR (1990) Organização dos dados: Moura (2006)\*Diferença dos valores da temperatura do ar das estações ALFA (sob radiação solar direta) e BETA (à sombra); \*\* Valor médio comparado com a escala Beaufort

Xavier (1996 e 2001), por meio de procedimentos estatísticos, buscou identificar variações climáticas urbanas em Fortaleza, utilizando dados mensais de chuva e médias mensais de umidade, insolação, nebulosidade, evaporação e velocidade do vento da estação meteorológica da FUNCEME, para o período de 1974-1995.

O emprego da técnica do *Seasonal Subseries Plot* subsidiou avaliações gráficas divididas em três etapas. A primeira etapa da pesquisa é referente a uma análise da variabilidade sazonal e interanual dos elementos velocidade do vento, evaporação (medida em tanque “Classe A”), umidade relativa do ar, nebulosidade e insolação. (Figura 8).

Para a autora, a variável velocidade do vento possui uma tendência de diminuição desde 1974 até 1995 nos meses de julho até dezembro. A umidade e a evaporação apresentam também essa tendência, mas para os meses de agosto a dezembro, já a nebulosidade não apresenta qualquer variação anômala. A insolação e a chuva não evidenciam variabilidade interanual do mesmo modo que as outras variáveis, pois apresentam uma flutuação interanual grande.

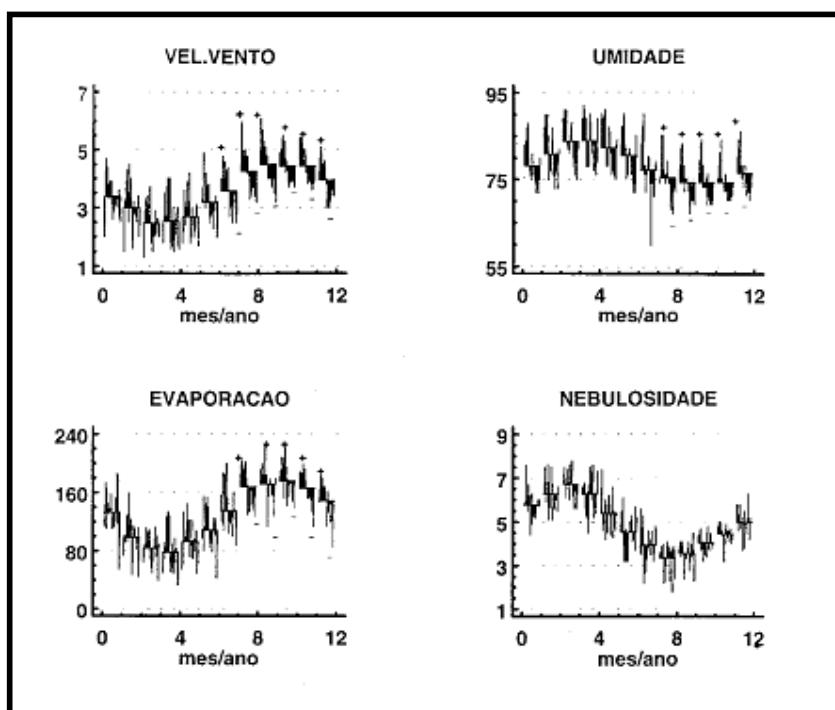


Figura 8- Análise da variabilidade sazonal das normais meteorológicas da FUNCEME (1974-1995). Neste tipo de gráfico são representados os desvios calculados a partir de cada média mensal, ao longo de todo o período de observação. Cada um dos gráficos é constituído de doze sub-gráficos, que representam os doze meses do ano. Fonte: Xavier (1996)

Na segunda etapa (com outra modalidade gráfica), houve uma melhor apuração do comportamento da velocidade do vento entre 1974-1995, com a evolução relativa de seus valores médios nos dois semestres e quatro trimestres do ano, bem como para os meses de julho a dezembro. Foi utilizada nessa etapa a regressão linear e análise de variância paramétrica (clássica) e não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis). Ficou constatado que essa variável é a mais afetada, com decréscimo que chega a ordem de 50%.

A terceira etapa é composta pela representação dos intervalos de confiança e análise de variância clássica para as médias<sup>8</sup> de velocidade do vento, evaporação e umidade em três classes: 1974-1980; 1981-1987; 1988-1995 e quatro classes consecutivas: 1974-1978; 1979-1984; 1985-1989; 1990-1995. (Figura 9)

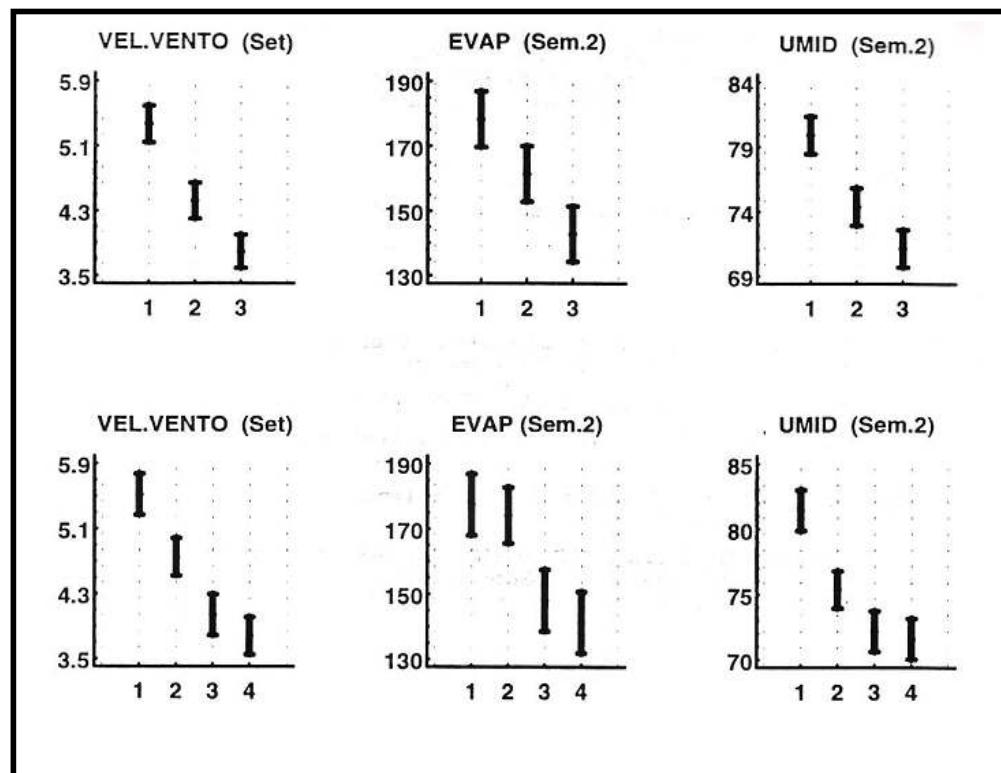


Figura 9- Análise da variabilidade sazonal das normais meteorológicas da FUNCME em diferentes classes

Fonte: Xavier (2001)

<sup>8</sup> Para a velocidade do vento foram utilizados os valores médios do mês de setembro, já para a evaporação e umidade, os meses de julho e dezembro.

Xavier (2001: 389) relata que, nos gráficos, os vários segmentos verticais são os intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade para a variação dos valores observados em torno das suas médias, com respeito as várias classes ou, no caso, intervalos de tempo, revelando a evidente diminuição progressiva desses valores nos intervalos de tempo consecutivos.

A autora conclui levantando hipóteses de influência urbana a respeito do decréscimo das variáveis climáticas e afirma:

No caso da cidade de Fortaleza, com respeito a diminuição da velocidade do vento durante o segundo semestre, o principal fator deve residir no uso indiscriminado do solo urbano, em termos de uma crescente verticalização, forçada pela especulação imobiliária, especialmente na orla marítima de Fortaleza e outros bairros considerados mais nobres (como a "Aldeota"), cuja massa de construções verticalizadas funciona como um barramento artificial aos ventos que sopram predominantemente de Leste (XAVIER, 1996: 1175).

O tratamento estatístico aplicado aos dados meteorológicos de Fortaleza nesse estudo é ímpar, tornando consistentes as afirmações sobre as alterações climáticas na cidade. A representação gráfica-analítica da temperatura do ar, ausente na pesquisa, poderia fortalecer essa idéia.

Maia et al (1996) visando identificar anomalias na velocidade do vento e na temperatura do ar em Fortaleza, também utilizou recursos estatísticos aplicado à série climatológica da FUNCEME (1974-1994).

O trabalho confirma que existem três padrões de variação da velocidade média dos ventos na região de Fortaleza, sendo dois naturais. Um correspondente a variação sazonal, definida por uma harmônica anual com mínimo em março e máximo em setembro, causado pela migração da ZCIT e o segundo padrão pela variação interanual, com períodos anômalos associados ao fenômeno El Niño.

O terceiro padrão da variação da velocidade do vento está associado às alterações antrópicas. Para comprovação desse fato, o estudo comparou as velocidades médias mensais das estações da FUNCEME, NOAA/COADS<sup>9</sup>, e estação da COELCE (praia da Cofeco) e encontrou um valor médio de 3m/s de diferença entre as duas últimas estações e a estação da FUNCEME, área mais urbanizada.

Sobre a temperatura do ar foi observado que seu valor médio variou consideravelmente nos últimos 20 anos, sendo a taxa de aumento calculado de

---

<sup>9</sup> Dados coletados na plataforma continental em frente à cidade por barcos em rota, relativos ao período de 43 anos (1946-1989).

0,8°C, para o período de 1974-1994, o que corresponderia a uma taxa de 4°C por século. Maia et al (1996: 119) conclui que a tendência do aumento da temperatura encontrada em graus Celsius por século, situa-se dois graus mais elevada que a tendência local da temperatura superficial calculado pela rede climatológica global (*Global Historical Climate Network*) onde são levados em conta os dados regionais, incluindo as temperaturas no continente e oceano. O estudo de Maia et al (1996) corroborou com os resultados encontrados por Xavier (1996 e 2001) ao verificar o comportamento da temperatura do ar por meio de recurso estatístico.

Santana (1997) tratou da relação do desenho urbano com o comportamento climático, através da análise espacial de registros climáticos obtidos em campo. A pesquisa foi dividida em duas etapas. A primeira constou da análise da morfologia urbana e o comportamento mesoclimático em cinco pontos de Fortaleza nos dias 30, 31/01/1997 e 01/02/1997 e a segunda em uma observação dos espaços microclimáticos na zona leste da cidade em três áreas com medições simultâneas de quatro pontos em cada área em dias diferenciados (05,06 e 07/02/1997).

Os registros das duas etapas foram realizados no horário padrão da OMM (9,15 e 21 horas) em dimensão linear, estando a escolha dos pontos baseada na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo da Cidade de 1992. Nos resultados encontrados na primeira etapa, constaram diferenças significativas na temperatura do ar entre os cinco pontos:

As zonas que apresentaram temperatura do ar mais elevada foram as zonas de maior densidade de edificações: zona residencial de alta densidade (PONTO 1, representadas pelos bairros Aldeota/ Meireles), zona comercial ( Ponto 4, representada pelo Centro), e zona residencial de média densidade (ponto 5, representada pelo bairro São Gerardo) contrastando com a Zona especial de praias e dunas (ponto 02) e a zona de proteção verde, paisagística e turística (ponto 03). (SANTANA, 1997: 108)

A maior diferença térmica encontrada no trabalho foi de 4°C às 9h para o dia 30/01/97 no ponto 05 (bairro São Gerardo). No horário de 15h as diferenças não ultrapassaram 0,8°C e no horário de 21h houve uma estabilidade termal para todas as zonas, com diferenças de 0,5°C a 1°C para a zona de proteção verde, paisagística e turística (ponto 03) em relação às demais zonas. Na segunda etapa do trabalho foram obtidos dados de temperatura irradiante, velocidade e direção de ventos (Quadro 8).

O trabalho de Santana é o mais completo e relevante para o conhecimento das condições climáticas urbanas de Fortaleza, pois tratou o assunto considerando a dimensão espaço-temporal com o uso das escalas micro e mesoescalar relacionando-as com a morfologia urbana da cidade.

Contudo, esse estudo ainda não garantiu a definição de ilhas de calor em Fortaleza (e nem foi o propósito da pesquisadora), pois o número de pontos é pequeno, além da ausência de registros de 24h e de comparações sazonalmente contrastantes, impossibilitando a identificação do fenômeno.

Quadro 8 - Diferenças térmicas do ar e do meio radiante (2<sup>a</sup> etapa- ambiente microclimático)

Área	T.S*	T.R espaços sob radiação solar direta	T.R espaços sombreados	Vento**
01- Zona residencial de alta densidade (bairros Aldeota e Meireles)- 05/02/97	5,7°C (15h)	11,5°C (9h)	5°C (15h)	Brisa leve (1.8- 3.2m/s)
02-Zona espacial de praias e dunas (Mucuripe)- 06/02/97	2,2°C (9h)	2,3°C (9h)	1,5°C (15h)	Brisa leve a vento forte (1.4-5.3m/s)
03- zona de proteção verde, paisagística e turística (Cocó)- 07/02/97	2,8°C (9h)	2,3°C (15h)	2,9° (15h)	Aragem a vento suave e forte (0,8- 4,6m/s)

Fonte: Santana (1997).

Organização dos dados: Moura (2006)

**T.S** (Temperatura do bulbo seco); **T.R** (Temperatura radiante)

\* diferença entre o ponto de maior temperatura do ar sob radiação solar direta e o de menor temperatura a sombra.

\*\*Valor médio comparado com a escala Beaufort.

Em 2002 essa mesma pesquisadora apresenta sua tese de doutorado (SANTANA, 2002) aprofundando a temática do campo térmico em Fortaleza, agora sob o viés da radiação incidente em ambientes externos representativos da realidade urbana e da aplicação de uma nova proposta de escala de conforto térmico.

Tomando como recorte de análise a orla marítima de Fortaleza em um trecho de amostra que se estende do Pirambu ao Mucuripe, totalizando em dez áreas de estudo, constituída cada uma de quatro quadras de rua e representadas através de maquetes virtuais numa escala de 1: 2.000 e, posteriormente, seguido da eleição de pontos de amostragem houve a verificação da radiação incidente (direta e difusa) por meio da porcentagem de abertura do céu, para isso foi utilizado o software Townscope II.

Gráficos do percurso solar foram sobrepostos em forma de grade em cada abertura do céu gerada para cada ponto nas áreas selecionadas. O dia julgado relevante para a entrada das normais climáticas no software foi 22 de setembro (equinócio austral), período da primavera na cidade, definido por regime seco de elevada taxa de insolação.

Parte dos resultados obtidos pela pesquisa encontra-se dispostos no quadro 9, o qual apresenta os valores de cobertura do céu nos pontos amostrais selecionados. A seguir são apresentadas observações realizadas pela autora a respeito desses valores:

Como os pontos foram localizados em rua, as porcentagens de céu aberto não são jamais maiores que 88% (SANTANA 2002:195);

Trechos com menor massa edificada, como o Pirambu, Aldeota e Meireles, apresentam percentagem de abertura do céu maiores, sendo os maiores valores encontrados no Pirambu. (SANTANA 2002:197);

Em relação às áreas cujo tecido é organizado, a Aldeota é a que apresenta maiores índices de abertura do céu; (SANTANA 2002:197);

O pequeno fator visão do céu em um ponto 3 no Mucuripe platô, 32,8%, faz com que a proporção relativamente reduzida de superfícies expostas ao aquecimento por radiação ou resfriamento por convecção, amortenha sensivelmente o ciclo térmico diário. Neste caso pode acontecer uma inversão térmica durante o dia. (SANTANA 2002:197);

A respeito dos valores de radiação incidente o trabalho não demonstra nenhuma relação integrada entre as taxas de cobertura do céu, além de não apresentar uma conclusão definitiva sobre esse aspecto para as áreas de estudo.

Quanto ao uso de uma nova estratégia de obter o conforto térmico externo, a pesquisa utiliza o princípio adaptativo, um método dialético, onde não há aplicações de equações ou monogramas e sim de observações diretas considerando aspectos

como definição dos diferentes usos do lugar; mapeamento de gestos, deslocamentos e reações particulares com o ambiente (se as pessoas passam do sol para a sombra, cansaço, suor etc); freqüência, fluxos e momentos do uso do espaço.

Quadro 9– Porcentagem de abertura do céu nas áreas de estudo (SANTANA, 2002)

Bairro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Pirambu 1	60,5	86	60,9	58,9	34,6	63,2	-	-
Pirambu 2	66,7	72,1	66,5	-	-	-	-	-
Meireles platô	42,7	35,9	32,8	43,2	42,8	-	-	-
Mucuripe	40,2	-	29,7	35	42,5	-	-	-
Mucuripe praia	40,4	31,4	27	38,8	37,5	42,5	-	-
Praia de Iracema	24,5	25,7	29	27,8	-	-	-	-
Meireles	57,6	53,4	51,3	54,7	51,4	50,6	-	-
Meireles praia	36,9	42,8	52,3	43,3	52,9	64,2	62,8	47,1
Aldeota	57,5	68,7	55,6	57	-	-	-	-
Campo do América	49,5	61,7	71,9	42	45,3	62,9	-	-

Fonte: Santana (2002: 154).

Malveira (1998), no relatório de conclusão do bacharelado em geografia, buscou encontrar variações climáticas urbanas, partindo da existência de ilhas de calor em Fortaleza. Para isso realizou um “experimento piloto”, efetuando medidas de temperatura do ar, velocidade e direção do vento em um transecto, cobrindo 27 pontos selecionados na cidade, incluindo os registros múltiplos. Afirma a autora que não foi possível realizar mensurações de cada ponto em horários diferentes e tão pouco em dias distintos e medidas noturnas e conclui que há indícios que apontam em favor da atenuação do efeito ilha de calor (MALVEIRA, 1998:113)

Malveira (2003) expande seu trabalho sobre as variações climáticas urbanas em Fortaleza e sua região metropolitana, objetivando detectar a intensidade e

evolução da ilha de calor em função dos variados aspectos como as formas de transição das zonas urbanas para as rurais.

Nove experimentos foram realizados com obtenção de medidas ao longo de transecções em pontos selecionados nos municípios de Fortaleza (6 experimentos), Caucaia (1 experimento), Aquiraz (1 experimento) e Eusébio- Aquiraz (1 experimento). Os experimentos ocorreram em dias distintos com perfis de 7:30 às 18h contando com um único instrumento para medição da temperatura do ar, velocidade e direção do vento. No estudo também foram utilizadas técnicas estatísticas, como análise de variância aplicada às séries históricas da FUNCEME e da estação agrometeorológica do PICI no município de Fortaleza. A problemática da simultaneidade na coleta de dados foi novamente encontrada nesse trabalho:

As medidas ao longo de um trajeto são realizadas com uma defasagem no tempo de cada ponto para o seguinte. Uma solução seria dispor de sensores instalados em duas viaturas que pudessem percorrer num menor lapso de tempo cada trajeto nos dois sentidos. Infelizmente, essa solução não foi possível no contexto dessa pesquisa. (MALVEIRA 2003:15)

Parte dos resultados encontrados pela pesquisa advém da comparação da velocidade do vento e da temperatura do ar dos experimentos de 2001, 2002 e 2003 (trabalho de campo da pesquisa) com as normais climatológicas do PICI (1966-1995) e FUNCEME (1974-1995) e os resultados do trabalho de Xavier (1996). Tabelas 1 e 2.

Dessa maneira, para a pesquisadora, há uma queda significativa da velocidade do vento no segundo semestre do ano e uma tendência de aumento nas médias da temperatura do ar em torno de 2°C:

Conclui-se, desse achado, que para período de 1966-2003, a média da temperatura do ar no município de Fortaleza apresenta aproximadamente uma tendência de aumento de 2°C. Para os municípios da RMF as temperaturas médias foram 26,8°C; 30,2°C; 32°C e 30°C para Caucaia, Aquiraz, Eusébio e Fortaleza, respectivamente. (MALVEIRA, 2003: 183).

O estudo de Malveira é significativo pelo fato de ter adentrado a cidade buscando em sua estrutura a expressão do clima modificado, bem como pela ousadia de partir para outras realidades urbanas da RMF. No entanto, há alguns pontos a serem considerados:

1- O caráter não simultâneo dos registros e a ausência de medidas noturnas comprometem a delimitação de ilhas de calor e sua evolução;

2- A não associação da variável umidade à temperatura do ar dificulta a noção de conforto térmico no estudo;

3- Comparações de normais climatológicas com médias obtidas em campo, em curto espaço de tempo, poderão mascarar os resultados.

Tabela 1- Comparação da velocidade do vento (m/s) dos experimentos, com as normais climatológicas (1966-1995) e com a velocidade do vento (1974-1995).

<b>MÊS</b>	<b>Normais</b>	<b>Experimento</b>	<b>Fortaleza</b>	<b>Xavier</b>	<b>(1996)</b>	<b>média</b>
	<b>PICI (1966-1995)</b>	<b>(2001-2003)</b>		<b>Fortaleza (1974-1995)</b>		
JUNHO	3,4	(2002)	(2003)	-		
		1,8	2,9			
OUTUBRO	5,0	(2001)	(2002)	(1995)		
		2,7	2,5	3,8		
NOVEMBRO	4,8	(2002)		(1995)		
		2,7		3,8		
DEZEMBRO	4,4	(2002)		(1995)		
		2,2		3,0		

Fonte: Malveira (2003)

Tabela 2- Comparação da temperatura do ar (°C) dos experimentos, com as normais climatológicas (1966-1995).

<b>MÊS</b>	<b>Normais PICI (1966-1995)</b>	<b>Experimentos Fortaleza (2001-2003)</b>
JUNHO	26°C	(2002) (2003)
		29,7 30
OUTUBRO	27,2	(2001) (2002)
		30,9 30,5
NOVEMBRO	27,3	(2002)
		28,9
DEZEMBRO	27,5	(2002)
		30,5

Fonte: Malveira (2003)

Hissa (2000) numa abordagem bioclimática habitacional, propôs analisar a otimização do conforto térmico em três edifícios multifamiliares localizados nos

bairros da Aldeota e Meireles, zona nobre e de alta densidade em Fortaleza. A metodologia utilizou mensurações da temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento nos espaços internos e externos dos edifícios com leituras de 9 e 15 horas entre 25 de junho a 05 de julho de 1999.

Os edifícios apresentam apartamentos com três quartos e área média em torno de 150 m<sup>2</sup> com similaridade na planimetria (20 metros ao nível do mar). Estão localizados dentro do perímetro formado pelas ruas Ana Bilhar, Leonardo Mota, M<sup>a</sup> Tomásia e Joaquim Nabuco.

As medições internas seguiram este procedimento: em cada edifício foram escolhidos seis apartamentos para mensurações e entrevistas (percepção de conforto), dois no primeiro, no médio e último andar do edifício, já as medições externas ocorreram na entrada do edifício. Os resultados mostraram que a maioria dos ambientes encontrava-se dentro da zona de conforto durante o período da manhã. À tarde era necessário ventilação e resfriamento evaporativo para se chegar a uma situação confortável.

O trabalho também analisou a incidência solar sobre os edifícios através de simulação utilizando o software 3D Studio, com base no gráfico solar de 4º de LAT S (correspondente à cidade de Fortaleza) nos dias dos solstícios. A análise foi realizada em dois níveis: a insolação relacionada com os edifícios do entorno e a insolação sobre o edifício separadamente. Para a autora as proteções das aberturas dos edifícios seriam mais eficientes se projetadas segundo o gráfico solar, privilegiando a eficiência das sombras.

O efeito da ventilação foi mais um item considerado nesse estudo, realizado em dois níveis: no entorno do edifício e no interior dos apartamentos. Foram obtidos desenhos simulando o fluxo do ar no entorno dos edifícios e de bolhas de sabão e de registros com anemômetro no interior dos pavimentos. Os resultados de acordo com Hissa (2000) foram:

- 1-Em uma zona urbana, os fluxos de ar são alterados pelas edificações circundantes, ora criando sombras de ventos, ora aumentando a sua velocidade;
- 2-Os projetos arquitetônicos devem considerar as edificações vizinhas ao edifício a ser implantado, para ter um melhor aproveitamento da ventilação;
- 3-A ventilação cruzada é muito importante como elemento de melhoria do conforto. (HISSA, 2000: 172)

A pesquisa se encerra propondo parâmetros básicos (Projeto Bioclimático) que devem ser considerados ao se projetar um edifício na zona urbana de Fortaleza,

para um melhor aproveitamento do potencial climático e acrescenta que a radiação solar e a ventilação são dois fatores climáticos locais que podem ser controlados por projetos. Os parâmetros gerais do Projeto Bioclimático para a construção dos edifícios em Fortaleza são: implantação, orientação, verticalização, forma, fachadas, sombreamento, coberta, materiais de revestimento e aberturas.

O trabalho de Hissa (2000) de cunho arquitetônico é significativo por apresentar estratégias de construção de edifícios compatíveis com o clima local, como a inserção da técnica do gráfico solar que visa identificar a configuração da incidência solar no espaço edificado e a resposta dessas formas no conforto térmico.

Lamenta-se o fato do estudo não ter considerado outros tipos habitacionais, englobando outras classes sociais. Em São Paulo já existem trabalhos nessa perspectiva (TARIFA & ARMONI, 2001) como é o caso de Heliópolis, uma das maiores favelas da metrópole paulista, um amontoado de casas com telhas de amianto (péssimo para o conforto térmico) de lotes muito pequenos. Fortaleza bem que merecia um estudo com a abordagem proposta por Hissa (2000), uma vez que possui centenas de favelas e conjuntos habitacionais de alta densidade populacional.

Pétalas (2000) verificou o efeito da urbanização nos parâmetros climáticos das estações do PICI (área menos urbanizada) e da FUNCEME (área mais urbanizada) e o relacionamento entre as variáveis. Para isso, dispôs de análise estatística de tendência sazonal não paramétrica (Teste de Friedmann e Teste do Sinal) e coeficiente de correlação (Teste de correlação linear de Pearson).

As hipóteses levantadas pelo trabalho são: 1) existem alterações climáticas nas estações? 2) a FUNCEME apresenta um maior número de alterações que o PICI? O primeiro item sugere outras hipóteses secundárias: 2.1) a nebulosidade, a temperatura média, máxima e mínima cresce ao longo do tempo? 2.2) a radiação, o número de horas de brilho solar, a evaporação, a evapotranspiração, a umidade relativa, a velocidade do vento decresce ao longo do tempo? 2.3) a precipitação aumenta ao longo dos anos? Esses questionamentos podem ser tratados de forma sintética no quadro 10.

De acordo com o quadro 10 fica constatado que existem alterações climáticas entre as estações e que a estação da FUNCEME apresenta um maior número de variações (três a mais) que o PICI. Para a pesquisadora esse resultado faz sugerir novas proposições como:

O grau de urbanização pode não ser tão intenso para provocar alterações em todos os parâmetros [...] as variáveis das hipóteses rejeitadas podem estar sofrendo interferências de causas naturais, fatores globais, ou locais, ou de ordem instrumental (PÉTALAS, 2000: 212) [...] a maioria dos coeficientes de correlação mostram um fraco relacionamento linear entre as variáveis climáticas, o que faz pensar na existência de outros fatores que podem estar interferindo no resultado (PÉTALAS, 2000: 223).

O estudo conclui que os elementos climáticos apresentam um comportamento sazonal em ambas as áreas e que a proximidade das estações leva a acreditar que as alterações identificadas sejam explicadas pela urbanização, já que a área de influência da estação do PICI possui uma densidade de 70 hab/ha e a estação da FUNCUME 150 hab/ha.

Quadro 10- Testes estatísticos aplicados as variáveis climáticas (PICI x FUNCUME)

Variáveis Climáticas	cresce (Estação do PICI)		decresce	
	cresce	(FUNCEME)	cresce	decresce
nebulosidade	X		X	
Radiação			X	X
Insolação			X	X
Evaporação			X	
Evapotranspiração			X	
Umidade Relativa				
Precipitação	X		X	
Temperatura Média				
Temperatura Máxima				
Temperatura Mínima	X			
Velocidade do Vento				

Fonte:Pétalas (2000)

Organização dos dados: Moura (2006)

LEGENDA:

 Aceitos pelos testes estatísticos    Rejeitados pelos testes

Compondo o grupo de trabalhos que utiliza abordagem estatística no tratamento da análise do clima urbano de Fortaleza, a pesquisa se destaca pelo fato

de correlacionar, de forma consistente, as variáveis meteorológicas de estações distintas. Além de apontar alterações em novos elementos como: evaporação, evapotranspiração e temperatura mínima não tratados em outros estudos.

Sousa (2002), em monografia do bacharelado em geografia, analisou a diferença da temperatura e umidade do ar em sete pontos selecionados da cidade, sendo dois referentes a estações oficiais (estação do aeroporto e estação agrometeorológica do PICI), com o objetivo de detectar o fenômeno da ilha de calor em Fortaleza.

Foram realizados dois experimentos nos dias 27/04/2000 e 17/05/2000 com registros no horário padrão da OMM (9,15 e 21h). A tabela 3 apresenta os maiores valores de diferença térmica encontrada entre os sete pontos de observação (01- estação agrometeorológica do PICI; 02- Benfica/Reitoria; 03- Centro/Pça. do Ferreira; 04- Alteoda/Av. Desembargador Moreira; 05- Beira-Mar; 06- Cocó/Parque e 07- estação do aeroporto).

Zanella & Claudino-Sales (2002), visando à solicitação à prefeitura municipal de Fortaleza, o veto das emendas aprovadas pela Câmara dos vereadores em novembro de 2001, que propunham o aumento do gabarito dos edifícios e das taxas de impermeabilização do solo do município, elaboraram um relatório técnico junto ao Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMAM) e da Comissão Permanente de Avaliação do Plano Diretor de Fortaleza (CPPD).

Tabela 3- Apresentação das diferenças térmicas de Sousa (2002)

Experimento	diferença térmica	hora
	4°C	
27/04/2000	(31°C/ponto 03 – 27°C/ ponto 07)	9
	3.8°C	21
	(31°C/ponto 03 – 27°C/ ponto 07)	15
17/05/2000	4°C	21

Fonte: Sousa (2002)

Organização dos dados : Moura,M.O (2006)

Para a concretização de parte do relatório houve a realização de experimentos<sup>10</sup> nos bairros do Centro, Beira-Mar, Cocó e Benfica, com medições microclimáticas em horários da OMM nos dias 27/04/2000 e 16/05/2000.

Os resultados revelam que os extremos térmicos estavam no Centro e Benfica, já nos bairros da Beira-Mar e Cocó foram registradas temperaturas mais baixas. Os valores de conforto térmico, obtidos com a escala de Thom (Temperatura Efetiva), indicam condições de *stress* ao calor no Centro e Benfica para as mensurações de 15 horas.

O trabalho é relevante, não apenas pelos resultados obtidos nos trabalhos de campo, mas, sobretudo, por mostrar o papel do geógrafo diante dos problemas ambientais urbanos e o seu poder de interferir nas decisões de organização do espaço, embora muitas vezes sem êxito, por motivo de forças maiores, como os interesses de setores imobiliários e empresariais que, associados ao governo, formam agentes produtores de um espaço urbano socialmente excludente e ambientalmente insustentável. As autoras expõem que:

O comportamento do vento e da temperatura em Fortaleza indica claramente que o desconforto térmico, permanentemente anunciado pela população no seu cotidiano, são fatos verdadeiros e cientificamente comprovados. Nesse sentido, qualquer intervenção no espaço urbano da cidade deveria ser feito no sentido de amenizar, controlar e gerenciar o problema, e nunca na perspectiva de ampliá-lo (ZANELLA & CLAUDINO-SALES, 2000).

Moura (2006), em pesquisa de conclusão de bacharelado em geografia, verificou o comportamento do microclima na perspectiva do canal termodinâmico do S.C.U de Monteiro (1976) em duas áreas distintas de Fortaleza (Lagoa da Sapianga e Centro) quanto à natureza urbana e aspectos geoecológicos. Para esse fim, foram realizados dez experimentos de episódios sazonais contrastantes em perfis de 12 e 24 horas de registros horários e simultâneos no período de dezembro de 2004 a novembro de 2005, com a realização de um experimento a cada mês.

A coleta de dados ocorreu pela instalação de duas estações microclimáticas não fixas (ESTAÇÃO MICROCLIMÁTICA I- margem da lagoa da Sapianga; ESTAÇÃO MICROCLIMÁTICA II- Centro da Cidade/Praça José de Alencar) para a mensuração de sete variáveis: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos

---

<sup>10</sup> Os dados obtidos são os mesmos daqueles mensurados por Sousa (2002). Os experimentos são resultantes de um trabalho conjunto do Depto. de Geografia coordenado pela Profª Drª Elisa Zanella.

ventos, nebulosidade e conforto térmico através de duas escalas, temperatura efetiva e sensação térmica

Os resultados obtidos pela pesquisa evidenciam uma maior participação do Sistema Tropical Atlântico, provocando dessa forma condições de estabilidade nos dias dos experimentos:

A interpretação das cartas sinóticas da Marinha e as nefanálises revelaram que a TA foi o sistema de circulação atmosférica regional de maior atuação nos dias dos episódios, com 70% de freqüência, ou seja, dos dez episódios da pesquisa a TA participou de sete. Já o VCAS participou com 20% e a ZCIT com 10%. No verão, referente aos experimentos I (dezembro/2004), II (janeiro/20005), III (fevereiro/2005) houve atuação do VCAS e TA que condicionaram situação de estabilidade de tempo, sendo que o primeiro sistema apresentou seu centro de alta pressão sobre Fortaleza e não sua periferia convectiva no dia 16/12/2004, provocando condição de bom tempo. (MOURA, 2006: 137)

Ficou constatado no trabalho que as diferenças térmicas nos dois pontos de observação tiveram limites máximos de até 3,3°C, estando esse próximo às diferenças detectadas em outros trabalhos de clima urbano em Fortaleza. As diferenças foram mais elevadas na área da Lagoa, quase sempre no período da manhã, onde foram registrados os maiores valores no período do verão-outono, quadra chuvosa na região. No Centro houve uma tendência dos registros se exibirem elevados entre 17 e 19 horas, mas não superiores a aqueles encontrados pela manhã na Lagoa. Sobre esse fato, o autor levantou as seguintes hipóteses:

- 1- A cobertura das nuvens no Centro é mais elevada para esse período verão-outono, o que possivelmente tenha reduzido a radiação solar sobre a área. (MOURA, 2006: 138);
- 2- As baixas cotas batimétricas da lagoa da Sapienza, confirmadas pelos trabalhos da FORTALEZA (1978) e Moura et al (2005), Moura (2004) com maior valor de 1,1m encontrado por esse último autor, podem ter limitado o efeito de regulador térmico comum aos corpos hídricos. (MOURA, 2006: 138);
- 3- As características do Centro: a pavimentação em pedra portuguesa clara (aumentando o índice de albedo), arborização presente na praça juntamente com um corredor de vento, canalizado pelos edifícios do Teatro e do INPHAN, forma um conjunto de fatores que favorecem a amenização da temperatura do ar no Centro. (MOURA, 2006: 141);
- 4- As características ambientais do ponto da Lagoa: superfícies e materiais de alta absorção, como o terreno ermo úmido, cores cinzentas e escuras (a zona de confluência da lagoa da Sapienza com o riacho Coaçu recebe influência da oscilação das marés, ficando um substrato de lama exposto constantemente, além dos solos escuros e úmidos do mangue desse riacho). (MOURA, 2006: 143);
- 5 – Uma outra hipótese a ser considerada se refere à calibragem e manuseio dos instrumentos de coleta. (MOURA, 2006: 145).

Sobre o conforto térmico nas áreas experimentais, detectou-se uma tendência das escalas de conforto apresentarem condição de desconforto entre as 9 e 16

horas, acompanhando, assim o gradiente térmico elevado desse período durante os episódios. No verão e outono se obtiveram os piores índices de conforto da pesquisa. Esses episódios correspondem a 33,1% das mensurações totais do levantamento de campo, e 58% do valor da velocidade do vento foi de calmaria para esse recorte sazonal.

A pesquisa encerra com questionamentos relevantes a respeito dos controles e atributos climáticos urbanos, levados pelo fato da não constatação de diferenças extremas na temperatura do ar entre as duas áreas selecionadas para a realização dos experimentos, já que se tratava de dois ambientes urbanos e geoecológicos bastante diferenciados:

- 1) Os ambientes litorâneos como os estuários, as lagoas e lagunas de particularidades naturais específicas: pequena profundidade, regime hídrico condicionado pelas oscilações das marés, águas com altos valores de salinidade e condutividade, salinidade presente na estrutura vegetacional como ocorre em algumas espécies de mangue e presença de solos com cores escuras e cinzas, quase sempre expostos (características da área da Lagoa da Sapiranga), podem influenciar no comportamento microclimático da área, exibindo valores térmicos elevados quando comparados com áreas urbanizadas? (MOURA, 2006: 151);
- 2) E quando esses ambientes estão inseridos dentro do contexto urbano, sofrendo tensão antrópica, como ocorre em Fortaleza, como se apresentaria sua condição climática? (MOURA, 2006: 151);
- 3) A ocorrência de um ano extremo (ano seco) para a região, como foi 2005, período de realização das coletas de campo, pode ter interferido no processo habitual do comportamento das variáveis microclimáticas nos ambientes analisados? (MOURA, 2006: 151).

Abreu & Zanella (2007) realizaram o primeiro trabalho na cidade de Fortaleza na perspectiva do canal hidrometeorológico do S.C.U de Monteiro (1976)<sup>11</sup> a partir da identificação de ocorrências de totais pluviométricos diários iguais ou superiores a 60mm através da série temporal 1974-2006 da FUNCEME. Destaca-se que além de Fortaleza a identificação também ocorreu em Maranguape e Pacatuba, municípios da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

A escolha do total pluviométrico diário de 60mm como norteador da análise é justificado por ser o valor que provoca os maiores impactos na cidade. Já a inserção dos municípios da RMF na pesquisa é explicada pela a presença das nascentes dos rios que drenam Fortaleza, o que pode colaborar para as inundações nesta cidade.

---

<sup>11</sup> Existe um trabalho desenvolvido pela COGERH- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, (MENESCAL, FIGUEREDO & FRANCO, sem data) que trata o problema das enchentes em Fortaleza, por meio de um diagnóstico que aponta os problemas e apresenta algumas medidas de controle, no entanto não faz nenhum tratamento analítico envolvendo variáveis meteorológicas, logo não corresponde a um trabalho de cunho climatológico urbano.

O quadro 11 apresenta a quantidade de eventos pluviais iguais ou superiores a 60mm/diários e nota-se que Fortaleza possui o maior número de eventos. Foi constatado pela pesquisa que há redução na precipitação dentro da série histórica desse município.

Cidade	Meses											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Fortaleza	14	15	33	27	13	10	4	-	-	-	-	2
Maranguape	8	10	20	18	8	10	4	-	-	-	-	-
Pacatuba	6	4	19	21	10	3	-	-	-	-	-	1

Quadro 11- Número de eventos iguais ou superiores a 60mm/diários (1974-2006)

Fonte: Abreu & Zanella, 2007.

O trabalho também levantou a freqüência de eventos mensais para a série 1974-2006 nas classes 60-80mm, 80-100mm, 100-120mm e acima de 120mm. O quadro 12 apresenta os totais mensais desse levantamento

Quadro 12- Totais de eventos iguais ou superiores a 60mm/diários (1974-2006)- Década.

Série analisada por década	CIDADES		
	Fortaleza	Maranguape	Pacatuba
(1974-2006) total	113	78	62
Década 70	27	14	-
Década 80	38	24	23
Década 90	20	16	26
Década 2000	28	24	13

Fonte: Abreu & Zanella, 2007.

O quadro exibe que o maior número de eventos ocorre na quadra chuvosa (fevereiro a maio), fato esse habitual, pois acompanha o regime das chuvas na região. A pesquisa constatou que a classe de maior número de eventos é de 60-80mm, seguida da classe de 80-100mm para os três municípios. Fortaleza se destaca em todas as classes, quando comparado com os outros postos.

A pesquisa encerra destacando um episódio de chuva intensa na cidade, ocorrido no dia 29/01/2004<sup>12</sup>. O evento de 250mm de grandes impactos para Fortaleza mostra sua intensidade, quando se faz as seguintes relações: em 2004 o total pluviométrico anual foi de 1.991,10mm; o mês de janeiro do mesmo ano registrou 500mm e a média histórica de 1974-2004 para esse mês é de 124mm.

O trabalho ainda se encontra em desenvolvimento e terá maior aprofundamento, pois faz parte do projeto de pesquisa intitulado: *O Estudo do Clima Urbano em Fortaleza sob o enfoque do Sistema Clima Urbano (S.C.U.): um destaque para os episódios pluviométricos intensos e as inundações urbanas* do Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia/UFC sob a coordenação da Drª Maria Elisa Zanella.

Rocha (2007), em monografia de conclusão do curso de bacharelado, buscou identificar eventos pluviométricos iguais e superiores a 60mm/diário com destaque para aqueles superiores a 100mm/diário para o período de 2000 a 2006 e seus impactos no bairro do Centro em Fortaleza.

A identificação dos eventos evidenciou que no período analisado ocorreram 26 eventos, sendo o ano de 2004 o detentor do maior número com oito episódios acima de 67mm/diário concentrado nos meses de janeiro e março. O quadro 13a mostra os eventos pluviais intensos acima de 60mm/diário distribuídos mensalmente para a série 2000-2006 do posto da FUNCEME em Fortaleza.

Quadro 13a- Número de eventos mensais em Fortaleza (2000- 2006).

Classe	Meses											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
60-80mm	1	-	4	3	3	-	-	-	-	-	-	-
80-100mm	2	1	1	1	-	3	1	-	-	-	-	-
100-120mm	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
120-140mm	-	-	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-
>140mm	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	4	1	7	6	4	3	2	-	-	-	-	-

Fonte: Rocha (2007).

<sup>12</sup> A análise desse episódio também se encontra em forma de artigo de livro (ZANELLA & SILVA, 2007).

A tabela deixa patente habitualidade da quadra chuvosa na região, através da ocorrência do maior número de eventos entre os meses de março a maio. O autor da pesquisa chama atenção para os eventos ocorridos em janeiro, junho e julho. O condicionante maior para os eventos registrados em janeiro é referente aos sistemas de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) que ocorrem com maior intensidade nesse mês, já os meses de junho e julho a repercussão das Ondas de Leste, oriundas do litoral leste do Nordeste, é a responsável pelos episódios intensos de chuvas nesses meses. Desse modo, há necessidade de alerta da Defesa Civil nesse período do ano.

O Quadro 13b resume os episódios, a intensidade do evento, o sistema atmosférico condicionador e os impactos ocorridos na cidade e no Centro provocados por eventos superiores a 100mm/diário entre o período de 2000-2006. É destacado pelo autor que os episódios que trouxeram os maiores transtornos a cidade foram aqueles que tiveram acumulação da chuva de dias anteriores ao evento, como ocorreu para o episódio 20/04/2001.

Embora relevante os resultados encontrados por Braga (2007), o objetivo maior da pesquisa, os impactos pluviais no Centro, foi pouco desenvolvido, já que não houve nenhuma relação da organização do espaço urbano da área (morfologia e estrutura) por meio de geoprocessamento ou mesmo material cartográfico básico, com a problemática dos impactos provocados pela chuva, dificultando o avanço da pesquisa na perspectiva do planejamento urbano da área.

Mesquita & Grangeiro (2007) apresentam uma pesquisa que trata sobre a poluição atmosférica em Fortaleza, tendo como área de análise o bairro do Centro. Esse trabalho se constitui o primeiro na cidade sob o nível físico-químico do S.C.U de Monteiro (1976), embora se tenha conhecimento da existência de mais dois outros trabalhos nessa mesma perspectiva como aquele desenvolvido por Araújo et al (1998), não identificado por essa revisão bibliográfica, e um outro em desenvolvimento por uma equipe do Departamento de Química da UFC.

Mesquita & Grangeiro (2007) realizaram, dessa forma, uma análise da evolução dos principais poluentes atmosféricos (PTS - Partículas Totais em Suspensão, SO<sub>2</sub> e fumaça) verificando assim o comportamento dessas variáveis para os anos de 1998 e 2001 com base nos dados da estação da SEMACE instalada na Avenida do Imperador no Centro da cidade. O quadro 14 revela as variações máximas e mínimas dos poluentes analisados.

Quadro 13b - Eventos pluviais acima de 100mm/diário em Fortaleza (2000- 2006)

Episódio	Evento	Sistema atmosférico atuante	Impactos
11/04/2001	124,2mm	ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)	Alagamentos; queda no fornecimento de energia; rachaduras no prédio da COELCE no Centro.
20/04/2001	102,4mm	ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)	40 mil desabrigados; 70 quedas de árvores; alagamentos; estragos em mercadorias no comércio do Centro.
19/03/2003	138mm	Associação da ZCIT com VCAN's (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis)	Alagamentos; 6 quedas de árvores, defeitos em 4 semáforos; trânsito lento.
29/01/2004	124mm	Associação da ZCIT com VCAN's (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis)	Alagamentos; inúmeras famílias desabrigadas; casas destruídas nas áreas de risco; vias intrafegáveis no Centro.
07/03/2004	135,2mm	ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)	59 mil desabrigados nas áreas de risco; vias intrafegáveis no Centro.
01/05/2006	113mm	Associação da ZCIT com CCM (Complexo Convectivo de Mesoescala)	Não houve registro.

Fonte: Braga (2007)

Organização dos dados: Moura (2007)

Quadro 14- Concentração dos poluentes atmosféricos no bairro do Centro

Ano	Poluentes em ug/m <sup>3</sup>					
	PTS*		SO <sub>2</sub>		fumaça	
	V.Max	V.Min	V.Max	V.Min	V.Max	V.Min
1998	126,6	58,6	145,7	12,58	55,38	20,9
2001	131	89,7	61,1	39,71	99,7	78,3

Fonte: Mesquita & Grangeiro (2007).

\*PTS- Partículas Totais em Suspensão; V.Max ( valor Máximo) e V.Min (valor mínimo)

Organização dos dados: Moura (2007).

A pesquisa aponta a fumaça como o poluente de maior variação, 141%, para o período analisado e destaca que as elevadas variações estão estreitamente relacionadas com o aumento da frota de veículos na cidade, pois a mesma duplicou de 210.682 em 1990 para 497.967 em 2006. Os autores questionam a diminuição das variações máximas e mínimas do SO<sub>2</sub>, mas não apresentam nenhum condicionante para a ocorrência dessa variação, contudo cabe destacar que essa pesquisa se encontra em andamento faltando análises sazonais e relações com os períodos do dia e dias da semana com o fluxo de veículos.

Além desses trabalhos apresentados, há outros estudos referentes ao ambiente climático urbano de Fortaleza que não foram contemplados nesta revisão por questões de acesso como: Huet (1989), Araújo et al (1998), Ary Neto (1997) e FUNCEME (1997). É válido também lembrar a tentativa de Martins (1997), Xavier (1997) e Magalhães (1998) na elaboração de projetos de pesquisa com a temática clima urbano para Fortaleza.

Os trabalhos de clima urbano realizados na cidade de Fortaleza, apresentados anteriormente, se encontram resumidos no quadro 15. A seguir considerações gerais a respeito desses estudos:

1- Os estudos seguem a tendência nacional de adoção do campo térmico, e que apesar do Brasil dispor de uma sólida proposta teórico-metodológica para as pesquisas de clima urbano produzido por Monteiro (1971,1976 e 1990) não há aplicação, nem mesmo citações desse referencial em muitos trabalhos, até mesmo por aqueles desenvolvidos pela geografia;

2- Quanto às técnicas aplicadas na obtenção das variáveis existe uma igualdade entre aqueles de caráter primário, ou seja, dados coletados em campo, e os de caráter secundário, obtidos nas estações da cidade. Desse modo, para última forma de aquisição houve aplicações de diversos métodos estatísticos e para os coletados em campo o uso de aparelhagem singela e mecânica, o que exigiu a presença do observador na tomada das variáveis meteorológicas. Menciona-se que Fortaleza ainda não possui um estudo baseado nas técnicas do sensoriamento remoto se utilizando de imagens termais nos canais do infravermelho;

3- A cidade de Fortaleza necessita partir para outros níveis de análise, tanto escalar como técnica, para um melhor entendimento dos seus climas urbanos. A cidade já apresenta certa saturação de pesquisas que consideram a malha urbana como toda (nível mesoclimático) cabe agora verificar o comportamento do clima por outros vieses como, análises em nível de setores, bairros, favelas e avenidas. Há também a necessidade de aplicação de outros métodos como sensoriamento remoto, sondagem vertical, uso de softwares. Outras linhas de investigação precisam se fortalecer, assim como a do campo térmico na cidade. Logo, há urgência no tratamento das análises dos impactos pluviais e aos estudos de dispersão e concentração de poluentes atmosféricos;

4- Ficou constatado que os estudos em Fortaleza ocorreram de forma concentrada, havendo assim uma desigualdade na distribuição das análises na malha urbana da cidade. A figura 10 mostra a espacialização dos pontos eleitos para análise do clima urbano em Fortaleza e deixa claro que os bairros do Centro, Beira-Mar e Aldeota são os mais privilegiados pelas pesquisas;

5- Tornou-se evidente por meio de métodos estatísticos aplicados as séries climatológicas das estações da cidade (FUNCEME, PICI e AEROPORTO) que a velocidade do vento é a variável meteorológica mais alterada em Fortaleza. Falta agora aprofundar os estudos desse elemento, através de experimentos em campo, munido de aparelhagem adequada para verificar o real efeito da urbanização, especialmente nos setores de elevada verticalização da orla marítima e nos de transição urbano-rural, verificando assim os efeitos da rugosidade urbana, brisas marítimas e brisas de campo;

6- A temperatura do ar é bastante variável, com diferenças térmicas que oscilam de 0,1°C até 5,7°C em ambientes microclimáticos. Cabe destacar que as maiores

diferenças (acima de 3°C) foram detectadas no período da manhã (SANTANA, 1997; SOUZA, 2002, MOURA 2006, 2007), salienta-se também que essas diferenças ocorreram nos bairros com ausência ou baixa verticalização, isso mesmo quando comparados com os bairros do Meireles, Aldeota e Beira-Mar, áreas de elevada verticalização e densidade de construção;

7- Para finalizar as considerações, destaca-se que as pesquisas até agora realizadas não conseguiram envolver a metrópole fortalezense como um todo na análise do clima urbano. Isso talvez seja explicado pela fragilidade do tecido urbano que compõe os municípios da região não havendo dessa maneira uma interligação espacial da malha urbana da região (a não ser através de vias) tornando-se assim impossível analisar o clima urbano da metrópole como um conjunto, como já ocorreu na metrópole paulistana.

Muito ainda precisa ser feito, no âmbito da academia (quanto à realização de pesquisas principalmente na perspectiva de climatologia geográfica) e do poder público. É lastimável que ainda o governo municipal não conseguiu nos planos de gestão inserir o clima urbano da cidade, instrumento e agente necessário aos processos de planejamento urbano e desenvolvimento sustentável.

Quadro 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza

Quadro 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza (Continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Projeto METROFOR- Operação TEMPOFOR (1990)	Estudo microclimático da área central de Fortaleza.	Geografia Técnico	Micro 1,70m Centro e Benfica	Levantamento simultâneo de parâmetros climáticos com perfis de 11 e 12 horas em duas estações em 16 experimentos.	Diferenças térmicas significativas de 3,2°C (16h- 27/03/1990) e 3,1°C (15h- 06/12/1989)
Xavier,Terezinha de Ma.B.S. (1996,2001)	Alterações climáticas urbanas em Fortaleza (1974-1995)	Meteorologia Técnico	Cidade de Fortaleza Estação FUNCEME	Emprego estatístico- gráfico análise de variância (paramétrica e não-paramétrica) e regressão linear nos dados da FUNCEME 1974-1995.	Tendência de diminuição da umidade, evaporação e velocidade do vento. Esse é o elemento mais atingido (50% de decréscimo) pela urbanização.
Maia et al (1996)	Alterações climáticas na região de Fortaleza causada por fatores naturais e antrópicos.	Geologia Técnico	Cidade de Fortaleza Estação FUNCEME	Recursos estatísticos (regressão linear) aplicado à série da FUNCEME 1974-1994	Relação da densidade de ocupação em Fortaleza com o comportamento da velocidade do vento (linhas de isovelocidades). A temperatura do ar aumentou 0,8°C para o período analisado
Santana, Andréa Sobreira (1997)	O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza.	Geografia Mestrado	Meso e micro 1,20m Bairros representativos de Fortaleza.	Levantamento simultâneo e linear em duas etapas. A primeira, mesoclimática, em 5 pontos em três experimentos e a segunda, microclimática, em 3 áreas com 4 pontos para cada ambiente em três episódios.	1º etapa: a maior diferença térmica foi de 4°C (9h) para o ponto 5 (bairro do Antº.Bezerra); 2º etapa: diferenças termais de 5,7°C (15h- bairro da Aldeota), 2,2°C (9h- Mucuripe), 2,8°C (9h- Cocó)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Zanella, Marília Elisa & Cláudio-Sales, Vanda. (2002)	Considerações sobre o clima urbano frente às emendas propostas à Lei do Uso e Ocupação do Solo (LUOS) na cidade de Fortaleza - Ceará: sua	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	Realização de trabalhos de campo de bairros (Centro, Benfica, Beira-Mar e Cocó), de Fortaleza.	Realização de trabalhos de campo de bairros (Centro, Benfica, Beira-Mar e Cocó), de Fortaleza.	Elaboração de um documento técnico, apresentado a Câmara de Vereadores, solicitando o voto das emendas propostas de
Malveira, Eunária C. Holanada (1998)	Investigação das características de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Fortaleza. Estudo do conforto climático de edifícios	Geografia Monografia de Bacharelado	Meso 1,75m Cidade de	Realização de um experimento piloto: um transepto, cobrindo 27 pontos (não simultâneo) pela cidade em um único dia	modificação no gabarito dos edifícios das da parceria. Modificações no conforto térmico na mancha urbana.
Sousa, Paulo.R (2002)	Investigação das características de temperatura e umidade relativa do ar da cidade de Fortaleza. Estudo do conforto climático de edifícios	Geografia Monografia de Bacharelado	Fortaleza Micro 1,70m	Registros climáticos em sete pontos selecionados pela cidade (sendo dois pontos referente às estações do PICI e Aeroponto), em dois episódios com leituras às 9,15 e 21 horas da Aldeota e Meireles.	As temperaturas e diferenças mais elevadas ocorreram no ponto 3 (Centro), com diferenças térmicas de 4% às 9, 15 e 21 horas.
Hissa, Márcia Cavalcante (2000)	multifamiliares em Fortaleza. A forma urbana e a radiação solar incidente na criação das ambientes térmicos e seus reflexos na urbanização sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de	Eng. Civil Mestrado	Bairros de Fortaleza. Micro 1,50m	Mensurações microclimáticas nos espaços interiores e exteriores de 3 edifícios da Aldeota e Meireles.	ambientes internos encontram-se na zona de conforto pela manhã. As horas de conforto são de 9,15 e 21 horas.
Santana, Andréa Sobreira. (2002)	Fortaleza. Estudo do conforto climático de edifícios das ambientes térmicos e seus reflexos na urbanização sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de	Geografia Doutorado	Bairros da orla marítima de Fortaleza. Micro	Análise da incidência solar por meio da porcentagem de abertura do céu se utilizando de linguagem computacional gráfica, para simulações, num trecho de amostra que	porcentagens de solar nos edifícios localizadas em sua base. As porcentagens de céu aberto são sempre maiores que 88%. Em relação às áreas cujo tecido
Pétalas, Kety Vasconcelos (2000)	urbanização sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de	Eng. Civil Mestrado	Meireles. Micro Estação do PICI e FUNCEME	estatística não paramétrica (Teste de Friedman e do Spearman) e sendo que a FUNCEME (área mais Mucuripe, em dez áreas urbanizadas) apresenta um maior de Correlação Linear de Pearson) de Correlação Linear de Pearson) de aplicada à série climatológica da FUNCEME e do PICI, numa perspectiva comparativa.	é organizado a Aldeota e a que apresenta maiores índices de abertura do céu.

Quadro 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza (Continuação).

Quadro 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza (Continuação)

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
MALVEIRA, Eunária C. Holanada (2003)	Estudo de mudanças climáticas num ambiente urbano: evolução da "Ilha de Calor" na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)	Geografia Mestrado	Meso e micro 1,75m  RMF (Fortaleza, Caucaia, Eusébio e Aquiraz)	Transectos (não simultâneos) na RMF: Fortaleza (seis experimentos), Caucaia (um); Aquiraz (um) e Aquiraz-Eusébio (um). Técnicas estatísticas (análise de variância)	Temperaturas médias detectadas: 26,8°C (Caucaia); 30,2°C (Eusébio) e 30°C (Fortaleza). Tendência de aumento de 2°C na temperatura de Fortaleza no período 1996-2003.
Moura, Marcelo de Oliveira. (2006)	Os microclimas urbanos de Fortaleza: ritmos episódicos em duas áreas representativas da cidade.	Geografia Monografia de Bacharelado	Micro 1,5m	Mensurações de variáveis meteorológicas em dois pontos da cidade (lagoa da Sapiranga e Centro) em 10 experimentos (dezembro/2004 a novembro/2005-um episódio em cada mês) com 8 perfis de 13h e dois de 25h.	As temperaturas se mantiveram com valores superiores para a área com menor urbanização (lagoa da Sapiranga) no período da manhã. Condições de desconforto foram registradas no verão-outono do experimento.
Zanella, Maria Elisa & Abreu, Nair Júlia Andrade. (2007)	Precipitações diárias intensas e impactos causados na cidade de Fortaleza/CE.	Geografia Graduação	Meso Estações da FUNCEME	Identificação de eventos pluviométricos diárias iguais ou superiores a 60mm através da série temporal 1974-2006 da FUNCEME nos municípios da RMF (Fortaleza, Maranguape e Pacatuba).	A classe de maior número de eventos é de 60-80mm. Fortaleza se destaca em todas as classes, quando comparado com os outros municípios.

Quadro 15- Síntese da revisão sobre os estudos de clima urbano de Fortaleza (Continuação).

AUTOR	TÍTULO	Área do Conhecimento/ Nível do trabalho	METODOLOGIA		RESULTADOS
			Escala climática/área de aplicação	procedimentos	
Rocha, Ossian Veras. (2007)	Impactos pluviais no Centro de Fortaleza.	Geografia Monografia de Bacharelado	Cidade Estação da FUNCEME	Identificação de eventos pluviométricos iguais e superiores a 60mm/diário com destaque para os superiores a 100mm/diário no período de 2000-2006 em Fortaleza	Ocorreram 26 eventos para o período analisado, sendo o ano de 2004 o detentor do maior número com oito episódios acima de 67mm/diário concentrado no meses de janeiro e março.
Mesquita, Edson Pinheiro & Grangeiro, Cláudia Magalhães. (2007)	A poluição do ar e a cidade motorizada: o caso do bairro do Centro em Fortaleza/CE.	Geografia Graduação	Cidade Estação SEMACE	Evolução dos principais poluentes atmosféricos (PTS- Partículas Totais em Suspensão, SO <sub>2</sub> e fumaça) para os anos de 1998 e 2001 com base nos dados de uma estação da SEMACE.	A fumaça é o poluente de maior variação, 141%, para o período analisado.

## Parte II

### O CLIMA URBANO DE FORTALEZA: A CIDADE, O UNIVERSO DE ANÁLISE E OS CONTROLES CLIMÁTICOS URBANOS

## **Capítulo IV**

### **O SÍTIO URBANO DE FORTALEZA**

As informações contidas neste capítulo da pesquisa tratam dos aspectos naturais do território de Fortaleza e de sua evolução urbana e tem como objetivo a compreensão desses elementos no condicionamento do clima da cidade.

Nos estudos de climatologia urbana é relevante o entendimento do sítio onde se instalou a cidade para a verificação dos caracteres naturais e físicos (topografia, relevo, solos, recursos hídricos e vegetação) como derivadores de ordem natural na geração dos climas urbanos. Monteiro (1990: 88) propõe um esboço topológico de sítios urbanos e reforça a importância da relação sítio-edificação na configuração do campo térmico nas cidades.

Com base na classificação desse autor temos para a cidade de Fortaleza um sítio de topografia relativamente uniforme e plana, tipologia essa confirmada pelas cartas hipsométrica e de declividade da cidade (FORTALEZA, 2006) que exibem um terreno plano com altitude média de 15 metros e predominância de 0 a 8% de declividade, o que corresponde a terrenos planos a suave ondulado. As dunas, relevos litorâneos, presentes na cidade, são exceções desse quadro principalmente aquelas situadas na faixa leste da orla, pois essas apresentam declividade variando de 20% até 70%.

As condições topográficas do sítio de Fortaleza, por si só, não repercutem no condicionamento climático da cidade, mas sim garantem uma maior fluidez aos ventos, isso considerando as feições naturais primitivas do município. Cabe apontar que essa repercussão não pode ser tomada como verdadeira, em muitos casos, numa escala microclimática, visto que, vários cenários da paisagem natural e urbana de Fortaleza, sob esse nível escalar, podem proporcionar diferentes configurações sob as variáveis meteorológicas, primordialmente na radiação incidente e nos ventos (direção e intensidade).

Torna-se necessário abrir neste momento um espaço para realizar alguns apontamentos a respeito de um tópico insistente na relação sítio-edificação em Fortaleza no tocante às alterações climáticas. Quando levantada essa questão em diferentes setores da sociedade (academia, escolas, mídia, população), um dos primeiros itens chamados ao centro da discussão é a hipotética interferência da massa edificada e verticalizada situada, de forma concentrada, na Avenida Beira-Mar e nos bairros da Aldeota, Meireles e Dionísio Torres no clima urbano, sendo o

item eleito preditor de primeira ordem na redução dos ventos e no aumento da temperatura do ar.

A causa mais indicada sobre a hipótese supracitada seria o efeito barreira provocado pelas edificações nestes setores da cidade somados ao grande montante de massa edificada. Essa hipótese não foi devidamente verificada por pesquisas, o que não estabelece o grau de interferência desses setores da cidade na modificação de suas variáveis meteorológicas. Contudo, o que se pode certamente afirmar é que ocorrem modificações locais no balanço energético nesses setores oriundos, em parte, pelos elementos de natureza urbana.

Alguns questionamentos são levantados a respeito dessa pauta no clima urbano de Fortaleza:

- 1) Teriam esses setores da cidade, situados em cotas altimétricas predominantemente de 1 até 5 metros, efeito barreira, provocando assim uma redução dos ventos para outros setores de Fortaleza, cujo valor de altitude pode chegar até 20 metros?
- 2) E quanto à disposição de uma área isolada dentro desses setores verticalizados da cidade, o chamado platô do Meireles, com cotas variando em média 30 metros atenuaria o efeito barreira aos ventos? Como ocorreria a dinâmica aerolar neste setor?
- 3) Sabendo que as direções dos ventos de Fortaleza são predominantemente de sudeste (1<sup>a</sup> ordem), seguidos de leste e sul 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem, respectivamente (FORTALEZA, 1992), como poderia a barreira de edificações, localizadas predominantemente nos setores norte e nordeste da cidade ser o provocador das reduções dos ventos em outros bairros?
- 4) Quanto à escala dos ventos locais, sistemas de brisas (ventos de sudoeste para a brisa terrestre e de nordeste para a marítima) seriam esses os mais modificados pelos setores verticalizados? Quais seriam as taxas de intensidade dessa redução nas áreas à retaguarda dos edifícios no período da ocorrência das brisas marítimas?

Prosseguindo a tentativa de descrição de Fortaleza a partir de seu sítio, é válido, mesmo que brevemente, destacar sua origem e evolução na perspectiva morfo-estrutural abordada pela geógrafa Dr<sup>a</sup> Vanda Claudino Sales em seus trabalhos (CLAUDINO-SALES 2002, 2004, 2006 e 2007) oriundos de sua tese de

doutoramento: *“Lès littoraux du Ceará- Evolution géomorphologique de la zone côtière de l’ Etat du Ceará, Brésil- du long terme au court terme”*. Essas produções marcam um capítulo importante nos estudos dos ambientes pretéritos e atuais do litoral cearense, e desse modo, relevantes na compreensão, pelo menos genérica, da origem do sítio onde hoje se materializa a cidade de Fortaleza. Sobre esse processo Claudino-Sales (2007) exprime:

Há cerca de 140 milhões de anos, o litoral cearense ainda não havia sido originado, estando à África unida à América do Sul e formando em conjunto com Austrália, a Índia e a Antártica, o super-continente Gondwana, segmento meridional do megacontinente Pangea. Energia e forças naturais internas consumiram o envelope rochoso rígido da Terra, produzindo a completa ruptura entre as placas sul-americana e africana entre 100 e 99 Ma atrás, no período Cretáceo da era Mesozóica, originando nesse processo o segmento equatorial do Atlântico Sul e as margens continentais do nordeste e do centro-oeste africano (e.g. MASCLE e BASILE, 1987; PEULVAST E VANNEY, 2000) - se recuássemos no tempo levando os elementos naturais, veríamos o sítio da cidade de Fortaleza como extensão do sítio da cidade de Lagos, capital da Nigéria. (CLAUDINO-SALES, 2007: 233).

Da sua formação no Cretáceo ao seu estado atual o sítio de Fortaleza passou por diversos processos morfodinâmicos e de caráter paleoclimático, porém, há formas de relevo que resistiram aos processos erosivos ao longo desse tempo e hoje influenciam na dinâmica costeira da cidade, sendo o caso da ponta rochosa cristalina do Mucuripe. Com base na presença de marcos litológicos deixados pelo episódio tectônico que deu origem o litoral cearense, Claudino-Sales (2004, 2007) propõem uma classificação em cinco domínios morfo-estruturais para a zona litorânea do Ceará: Jaguaribe, Choro, Baturité, Jaibaras e Chaval, estando o sítio de Fortaleza inserido no domínio de Baturité.

É entre o Terciário Superior e o Quaternário Inferior que ocorre uma outra etapa da formação da fachada marítima cearense e obviamente do território de Fortaleza, com deposições de sedimentos advindos do interior do continente, deposições essas designadas de Formação Barreiras (CLAUDINO-SALES, 2007:236). É dessas deposições que resulta a superfície plana do sítio urbano de Fortaleza. Sobre esse fato Claudino-Sales (2007) coloca:

Seja como for, em todos os domínios estruturais, os sedimentos Barreiras mascararam as irregularidades do terreno com tal intensidade que, vindo dos sertões em direção à zona costeira, nela adentra-se sem que nenhuma ruptura topográfica denuncie o fato - tal modelado plano valeu a denominação de “tabuleiros pré-litorâneos” (e.g. SOUZA,1988) ou “tabuleiros costeiros” (e.g. CLAUDINO SALES, 2002) para esse segmento da fachada marítima cearense. (CLAUDINO-SALES, 2007: 237).

A evolução mais recente da fachada marítima cearense recebeu acumulação de novos depósitos, agora oriundos da oscilação do mar (transgressões e regressões marítimas) no período Holocênico dando a atual configuração da paisagem costeira. (CLAUDINO-SALES, 2007: 238). A rápida descrição da origem do sítio de Fortaleza revela a dimensão dos processos formadores da litologia e do relevo da cidade que nos tempos atuais sofrem intensos processos de degradação. Sobre os cenários de degradação do litoral de Fortaleza são destaques os trabalhos Claudino-Sales (1993, 2007), Maia (1998), Moura-Fé (2004) e Leite-Feichine (2007) e tantos outros produzidos massivamente pela geografia e geologia.

Revela-se que a degradação dos recursos naturais da cidade não está só limitada aos elementos de ordem geomorfológica, mas engloba todo o conjunto dos caracteres naturais do município. E o que torna mais alarmante é que a gestão municipal ainda não deu a devida importância nos seus planos de gestão aos estudos de ordem físico-natural com destaque às atuais configurações dos solos e do relevo, além dos climas produzidos pela cidade, estudos esses fundamentais para um planejamento urbano e ambiental.

Em relação ao desprezo dispensado aos elementos e cenários ditos naturais da cidade prevalecer nos documentos de planejamento do município, dificilmente se conseguirá alcançar metas para a realização de uma cidade verdadeiramente sustentável. Os gestores, muito lentamente, têm ofertado à sociedade alguns trabalhos na perspectiva de mostrar o quadro atual das características naturais de Fortaleza, a exemplo do Pano Diretor da Cidade (FORTALEZA, 1992), Projeto SINFOR (BRANDÃO, 1995), Síntese Diagnóstica do Município (2004), Inventário Ambiental de Fortaleza (FORTALEZA, 2003) e Programa Mapeamento das Lagoas (FORTALEZA, 2007).

Inconformados com a situação negligente aos recursos naturais da cidade, segmentos da sociedade se organizam em movimentos para denunciar a situação de intenso descaso aos problemas de ordem ambiental, como é o caso de um ato de criação de um relatório intitulado *Dossiê Ambiental: Degradações, Conflitos e Crimes Ambientais em Fortaleza e no Estado do Ceará* realizado por diversas entidades (AGB- Associação dos Geógrafos do Brasil, FORCEMA- Fórum Cearense do Meio Ambiente, FDZCC- Fórum em Defesa da Zona Costeira do Ceará, Movimento SOS

Cocó entre outras entidades) no início do mês de junho de 2008 e entregue à Procuradoria Geral da Justiça do Estado. (O POVO, 2008).

Alguns elementos naturais do município são privilegiados pela ótica de conceber os elementos naturais modificados pela cidade, é o caso da vegetação que, de acordo com Fortaleza (2006), possui 257,1691 Km<sup>2</sup> de vegetação do tipo antrópica em comparação a apenas 46,8760 Km<sup>2</sup> de toda vegetação não antrópica (vegetação de tabuleiro, ribeirinha/lacustre e mangue), informações essas obtidas por técnicas de geoprocessamento com o uso da imagem LANDSAT do ano de 1997.

A vegetação é o elemento mais modificado na cidade. O trabalho de Cortez (2000) trata da evolução urbana de Fortaleza na perspectiva da arborização e chega as seguintes conclusões:

No cômputo geral, ainda há uma expressiva ocorrência de arborização em Fortaleza. Há manchas mais expressivas em algumas áreas não loteadas ou com loteamentos ou lotes entremeados de pequenos sítios (normalmente na periferia), mas há, também, adensamento de arborização bem expressivos em áreas urbanas consolidadas e estáveis. (CORTEZ, 2000: 50);

As áreas urbanas tradicionalmente de população de menor poder aquisitivo, provavelmente, em decorrência de menores tamanhos dos lotes que a caracterizam, oferecem os menores índices de arborização no município. (CORTEZ, 2000: 675);

Um aspecto observado na dinâmica da arborização em Fortaleza, tanto na reposição arbórea espontânea como na realizada pelo Estado, é o potencial de renovação da cobertura vegetal de áreas desmatadas nos diversos setores da cidade. O tempo que leva para essa renovação num nível relativamente expressivo é cerca de 20 anos. (CORTEZ, 2000: 679).

Sobre o condicionamento da vegetação no clima urbano de Fortaleza muito ainda precisa ser verificado como, por exemplo, a área de influência do amortecimento nas temperaturas da cidade oriunda do Parque do Cocó. Já há o conhecimento de que o Parque das Dunas na cidade de Natal/RN influência em torno de 3,51 Km<sup>2</sup>, o equivalente a 30% da superfície urbana de Natal (CARVALHO, 2001). Qual seria a área de influência do Parque do Cocó e de outras áreas verdes, como o Campus do Pici na cidade de Fortaleza?

No mais, os trabalhos de campo, realizados no nível microclimático, na cidade de Fortaleza por Santana (1997), Souza (2002) e Moura (2007) apontam que áreas com a presença de vegetação em Fortaleza, como o Parque do Cocó, podem

contribuir, com efeito termoregulador numa ordem média de até 4°C, ou seja, quatro graus a menos quando comparado a áreas urbanizadas na cidade.

O solo é um outro componente natural da cidade que apresenta um quadro de extrema descaracterização e degradação. Dois tipos de solos predominam no território fortalezense: os Argissolos (Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico) e os Neossolos (Areias Quartzosas Marinhais Distróficas), segundo Fortaleza (2004). O primeiro, ocupa 70% da superfície da cidade e possui as seguintes características: Classe de solo em horizonte B textural, não hidromórfico apresentando argilas de atividade baixa. São bem desenvolvidos profundos e medianamente profundos porosos e bem drenados. Exibem baixa fertilidade natural, com deficiência de água e suscetibilidade à erosão. (FORTALEZA, 2004)

Os Neossolos se distribuem pelo litoral do município e apresentam classe arenosa, essencialmente quartzosa, muito profunda com seqüência de horizonte A e C. Esses solos possuem drenagem excessiva, baixa fertilidade natural e solo fortemente e ácido, de pH 4,7 e 5,3. Outros tipos de solos são presentes em Fortaleza como: os Planossolos (Planossol solódico-PLS e Solonetz Solodizado-SS) e os Gleissolos (Solonchak Solonézico-SK). (FORTALEZA, 2004).

O fator permeabilidade dos solos é o elemento de primeira ordem no condicionamento do clima urbano. A presença do asfalto na cidade já é uma realidade praticamente para todas as vias de Fortaleza, mesmo para os bairros mais periféricos do município, além das pequenas ruas, travessas e becos que servem de acesso às favelas da cidade possuem cobertura de asfalto. Toda essa estrutura contribui para a modificação do balanço energético superfície- atmosfera na cidade, sendo um fator limitante para o aumento da temperatura do ar.

Os recursos hídricos é um elemento substancialmente modificado e degrado em Fortaleza. O município possui três macro- bacias de drenagem: a Bacia Vertente Marítima , correpondente a 11,1% da área da cidade; Bacia do Rio Cocó ocupando 64,2% e a Bacia do Rio Maranguapinho que ocupa 24,7% da cidade (FORTALEZA, 2004)

Essas bacias de drenagem apresentam cenário de degradação nas suas lagoas, riachos e rios no tocante à: qualidade físico-química e bacteriológica de suas águas provocando, dessa maneira, processos de eutrofização; mudanças na estrutura dos canais e leitos; soterramento; assoreamento, provocado pela retirada

das matas ciliares, intensificando assim a erosão de sedimentos nesses recursos. São muitos os trabalhos que verificaram o quadro degenerativo dos ambientes limnológicos na cidade como Viana (2000), Oliveira (2001), Silva (2003), Fortaleza (2003), Moura et al (2004) e Bezerra (2007). Dois aspectos são eleitos para a discussão do condicionamento desse caractere natural no clima urbano da cidade.

O primeiro deles se refere ao campo hidrometeorológico, ou melhor, das inundações urbanas. Quando a cidade passa pelo período chuvoso de fevereiro a maio, podendo ser estendido até julho a chamada pós-estação, os recursos hídricos revelam sua capacidade de interferir na estrutura e funcionalidade urbana da cidade, seja por meio das enchentes provocando desalojamento de milhares de famílias ou por alagamentos trazendo sérios transtornos ao trânsito e consequentemente na dinâmica urbana da cidade. Quando esse fato que já é habitual em Fortaleza ocorre acompanhado de eventos pluviométricos diários intensos, como o ocorrido em 29 de janeiro de 2004 com acumulado de 250 mm/diário intensifica ainda mais esses transtornos na cidade.

Sobre a relação recursos hídricos e clima sob o enfoque das inundações urbanas, as pesquisas precisam avançar com intuito de estabelecer correlações dos parâmetros físicos da rede de drenagem com as chuvas no município a fim de oferecer critérios mitigadores aos problemas das enchentes na cidade. Menciona-se que no Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia- UFC pesquisas estão sendo desenvolvidas buscando identificar freqüências de eventos pluviais intensas na cidade (ZANELLA & ABREU, 2007; BRAGA, 2007) e que em etapa posterior procurará enfocar os impactos pluviais nas áreas de riscos de Fortaleza.

O segundo aspecto sobre os recursos hídricos como condicionador do clima da cidade diz respeito ao seu efeito termoregulador. Moura (2006) levantou um questionamento a respeito desse efeito ao identificar que a Lagoa da Sapiranga, situada no setor sudeste da cidade e um dos maiores mananciais em superfície ( $675.000m^2$ ) do município, não contribuía para a amenização da temperatura na área, produzindo temperaturas superiores quando comparada a um setor mais urbanizado, o Centro da cidade, predominantemente no período da manhã.

As baixas cotas batimétricas da lagoa confirmadas pelos trabalhos de FORTALEZA (1978) e Moura et al (2005) com maior valor de 1,1 metros encontrado por esse último autor, podem ter limitado o efeito de regulador térmico comum aos

corpos hídricos. A literatura expõe que o calor específico da água é maior que o da terra, precisando a água absorver cinco vezes mais energia calorífica para elevar sua temperatura em nível igual ao de uma massa de solo. Ayoade (1996) afirma que:

A transferência de calor na água se dá principalmente por convecção, um método mais eficiente e mais rápido de transferência do que o lento processo de condução, pelo qual o calor é transferido no solo. (AYOADE, 1996: 30)

Assim, acredita-se que, devido à baixa profundidade da Sapiranga, ocorra uma transferência de calor por convecção mais acelerada, diminuindo o tempo de aquecimento da água, que logo excede sua capacidade térmica, ainda pela manhã, como pode ser visto na tabela 4, que mostra elevadas temperaturas da superfície da água e os baixos valores de batimetria.

A tabela mostra valores da batimetria e da temperatura da superfície da lagoa coletadas no final da quadra chuvosa (09/06/2004) no período da manhã (entre 10 e 13h). É válido lembrar que os pontos de menor valor batimétrico (pontos 1 e 2) são aqueles mais próximos da área do ponto experimental da presente pesquisa, bem como do ponto de coleta da pesquisa de Moura (2006).

As variações da temperatura do ar na área são comprometidas em parte, pelo calor cedido da superfície lacustre, que contribui para o aquecimento do ar, apesar da maior parte dessa energia emitida ser absorvida nos processos de evaporação (consumo de calor latente).

Tabela4 -Valores batimétricos e de temperatura da superfície água da Lagoa da Sapiranga

Pontos de coleta	Hora	PARÂMETRO	
		Batimetria (m)	Temperatura da superfície da água (°C)
1	10:34	0,39	28
2	10:54	0,44	30
3	11:15	1,1	28
4	11:55	—	—
5	12:28	0,69	29
6	12:52	0,96	30

Fonte: Moura et al (2005).

O episódio apresentado sugere questionamentos referentes ao papel dos ambientes hídricos superficiais na configuração do clima urbano de Fortaleza, pelo menos no nível microclimático:

1. Teriam as lagoas, lagunas e estuários, caracterizados por baixa profundidade natural e acréscimos de assoreamento provocado, em grande parcela, pelo processo de urbanização reduzindo desse modo mais ainda sua batimetria, capacidade de amenizar a temperatura do ar em seu entorno? E quando esses ambientes estão condicionados pelo regime das marés?
2. Qual a influência da elevada salinidade, tanto presente na água como na estrutura foliar de algumas espécies da mata ciliar (o caso de espécies de mangue) na contribuição térmica local?

Sabe-se que esses questionamentos não foram tratados nos estudos de clima urbano das cidades brasileiras, apesar de quase todas estarem localizadas no litoral, essencialmente as capitais nordestinas.

Encerra-se aqui a breve descrição do sítio urbano de Fortaleza na perspectiva de seus elementos naturais e suas relações com o clima da cidade. A seguir serão apresentadas considerações sobre a urbanização da cidade sob o viés de sua evolução histórica.

#### **4.1- Da vila pajeuna à “cidade metrópole”: breves considerações sobre a evolução urbana de Fortaleza.**

Compreender a evolução urbana de Fortaleza é avaliar como ocorreu a produção e organização de seu espaço desde o início do século XVII, resultante de processos sociais, econômicos e políticos ativados por diversos agentes sociais, primordialmente o Estado. Esse conduziu e norteou a estrutura urbana através de modelos e planos. Este item do relatório será desenvolvido tendo como base bibliográfica os trabalhos de: Girão (1959), Sousa (1978, 2006), Fortaleza (1992, 2004, 2006), Silva (1992, 2001, 2006, 2007), Viana (2000), Cortez (2000), Silva-Filho (2001), Azevedo (2001), Bernal (2004), Costa (2005, 2006), Lopes (2007) e Lopes & Silva (2007).

As primeiras tentativas de ocupação do Ceará ocorreram no início do século XVII, com função estratégico-militar de defesa do território contra os piratas estrangeiros. O português Pero Coelho de Sousa em 1603 funda o primeiro forte da

região (Fortim de São Tiago) na Barra do Ceará<sup>13</sup>, sendo o mesmo substituído em 1612 pelo Forte de São Sebastião por Martim Soares Moreno. Esse permaneceu no estado até 1631, tendo que se deslocar para Pernambuco para lutar contra o exército holandês.

Em 1649, após as expedições de 1637 e 1644, os holandeses, liderados por Matias Beck, invadem a região e estabelecem um forte, denominado de Schoonenborch, agora próximo ao riacho Pajeú. Os flamengos tinham como objetivo maior a exploração do “Monte Itarema” (Serra de Maranguape) na busca de prata. Por outro lado, o pequeno núcleo que se desenvolveu próximo ao forte deu origem à cidade de Fortaleza no século XVII. Após o rendimento dos holandeses em Pernambuco, houve a tomada pelas tropas portuguesas do Forte Schoonenborch, que passou a se chamar de Forte de Nossa Senhora da Assunção.

Em 1699 é criada a vila do Ceará que, após duas décadas de disputas políticas de representantes locais e da coroa, é elevada à categoria de sede da Província, substituindo assim a primeira vila a de Aquiraz. A nova vila instalada em 13 de abril de 1726 pode ser observada na figura 11, desenhada pelo Capitão-mor Manuel Francês, com forte presença de edificação militar, marco esse comum nos núcleos urbanos da Colônia.

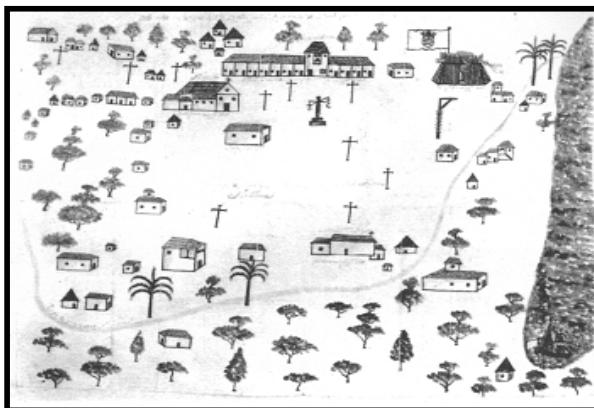


Figura 11- Primeira Planta de Fortaleza (1726)

Fonte: Azevedo (2001).

<sup>13</sup> “À humilde povoação que se esboçaria nas proximidades de São Tiago, Pero Coelho denominou Nova Lisboa, mudando inclusive o nome da Capitania para Nova Lusitânia- claras homenagens prestadas ao reino português. Seu objetivo principal, além da busca de riquezas naturais, era a conquista da serra da Ibiapaba, cujo domínio permitiria o envio de tropas portuguesas ao Maranhão, a fim de expulsar os franceses ali assentados, num breve intuito colonizador conhecido por França Equinocial” (SILVA-FILHO, 2001: 17)

O acanhado aglomerado urbano pajeuano não mantinha relações sólidas com outras vilas cearenses: Icó, Aracati, Sobral, Crato, Camocim, Acaraú e Quixeramubim, pelas limitações de comunicação (porto precário, ausência de estradas e vias férreas), estando em desvantagem na hierarquia econômica, por não se apresentar propícia à indústria do gado, bem como pela exclusão nos processos de fluxos das mercadorias.

Fortaleza possuía função apenas administrativa, sem dinamização no seu núcleo urbano, estando seu crescimento estagnado no período colonial. Girão (1959) registra uma descrição da vila feita pelo viajante inglês Henry Koster em 1810:

A vila de Fortaleza do Ceará edificada sobre terra arenosa, em formato quadrangular, com quatro ruas, partindo da praça e mais outra, bem longa, do lado do norte desse quadrado, correndo paralelamente, mas sem conexão. As casas têm apenas o pavimento térreo e as ruas não possuem calçamento, nalgumas residências, há uma calçada de tijolos diante. Tem três igrejas, o palácio do governador, a casa de Câmara e prisão, Alfândega e Tesouraria. Os moradores devem ser uns mil e duzentos. A Fortaleza, de onde esta vila recebe a denominação, fica sobre uma colina de areia, próximo às moradas, e consiste num baluarte de areia ou terra, do lado do mar, e uma palissada, enterrada no solo, para o lado da vila... Não é muito para compreender-se a razão de preferência dada a este local. (GIRÃO, 1959: 106)

O então governador da província Manuel Inácio Sampaio, em sua gestão 1812 a 1820, põe em prática as primeiras ações de ordenamento do espaço físico de Fortaleza, contratando o engenheiro português Silva Paulet, para confecção da planta urbana de 1818 (Figura 12) traçada em xadrez, cuja matriz básica ainda permanece na forma urbana da cidade. Silva-Filho (2001:109) esclarece que esse plano procura eliminar ruas com curvas que seguiam as margens do rio Pajeú, para a construção de ruas retas, desprezando o sentido do crescimento da vila, que seguia as tortuosidades do riacho. Sobre essa etapa da evolução urbana, Costa (2005) expõe:

Fortaleza nasce de um traçado sobre o papel. Um plano de expansão de cidade ainda inexistente orienta as ações do poder público local. Não há crescimento econômico nem populacional invadindo, pressionando e fazendo a cidade. Isto explica como foi possível uma matriz, um traçado de linhas fixadas em papel, servir de modelo à dinâmica de uma cidade real (COSTA, 2005: 56).

Em 1826, Fortaleza chega à condição de cidade através das políticas, institucionais do Primeiro Império do Brasil. Durante a primeira metade do século

XIX, a cidade começa a ter uma maior expressão urbana, condicionada pela ascensão do Ceará na divisão internacional do trabalho. A grande demanda de algodão para a indústria inglesa e a crise no fornecimento desse produto pelos Estados Unidos, faz com que a produção de algodão se intensifique pela província, tendo Fortaleza a função de concentrar a produção para exportação, além da ampliação de seu papel político e administrativo. Sousa (1978) aponta também o avanço do sistema de comunicação nas transformações da cidade:

O progresso de Fortaleza foi acentuado a partir de 1866, com o estabelecimento de uma linha de navios diretamente para capital, e ao mesmo tempo que ocorriam melhorias das vias de comunicação com o interior cearense. Fator fundamental foi a implantação da estrada de ferro que partindo de Fortaleza atingia Sobral em 1882, Quixadá em 1891, Iguatu em 1910, Crateús em 1912 e o Crato em 1926, interagindo a maior parte do sertão à influencia da capital. Assim, a ampliação da função comercial da capital nessa época deve-se à expansão da cultura do algodão, nas serras e no sertão, e à implantação do sistema ferrviário. (SOUZA, 1978: 99).

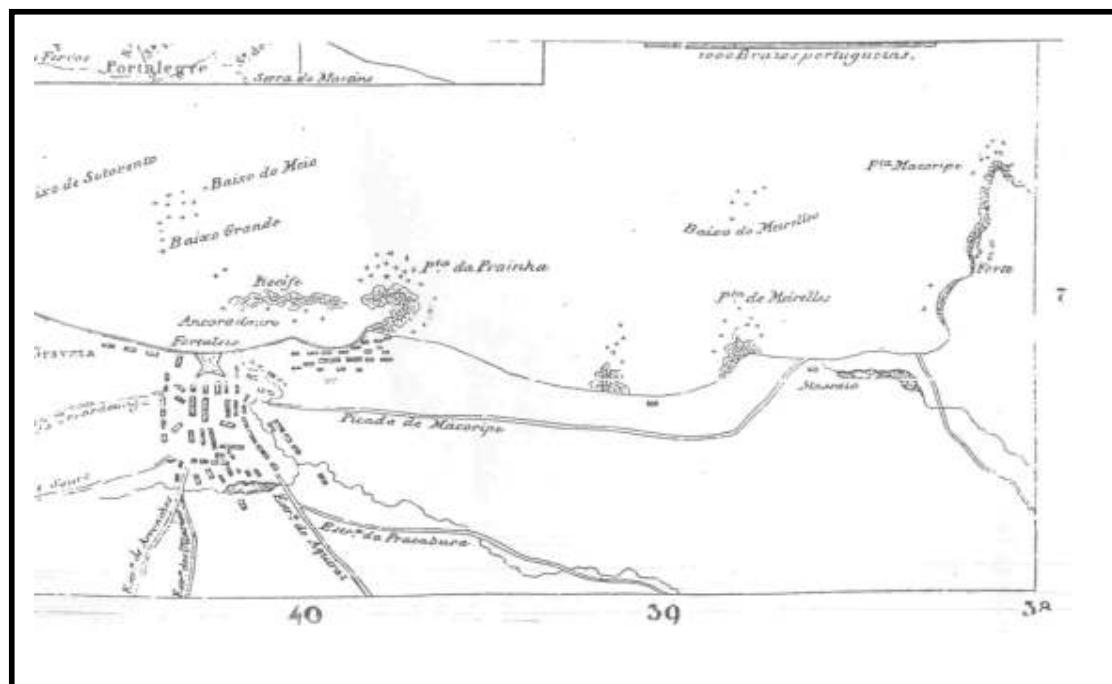


Figura 12- Planta Silva Paulet (1818)

Fonte: Sousa (1978)

Novos direcionamentos de organização do crescimento de Fortaleza são tomados, como a planta traçada pelo padre Manuel do Rego de Medeiros em 1856, definida pelos traços em tabuleiro de Xadrez, herança do trabalho de Silva Paulet.

Outras diretrizes de planejamento urbanas foram providenciadas, entre elas se destaca o contrato do engenheiro Adolfo Herbster, pelo então presidente da Câmara Antônio Rodrigues Ferreira (o boticário Ferreira). Herbster confeccionou três plantas para a cidade de Fortaleza nos anos de 1859, 1875 e 1888 visando ao planejamento e expansão da cidade através de projeções de avenidas, modificação e ampliação do traçado em xadrez de Silva Paulet, além do rompimento da radiocentricidade das vias de penetração.

A planta de 1875, “*Planta Topográfica da Cidade de Fortaleza e Subúrbios*”, já apresentava expressão da expansão urbana, atingindo o sul da cidade, na atual Avenida Domingos Olímpio e para o oeste no riacho Jacarecanga ao leste já se observava o avanço a Aldeota. A figura 13 exibe a expressão do tecido urbano, concentrado na área central da cidade, durante o século XIX, destacando a planta de 1875 de Adolfo Herbster.

Silva-Filho (2001:105) afirma que os modelos urbanos desse engenheiro exprimem a obsessão higienista do século XIX, com a necessidade de amplos logradouros para facilitar a passagem das correntes de ventos, como exemplo o *Boulevard* da Conceição (atual Dom Manuel), do Imperador e da Duque de Caxias. Acreditava-se que o ar contaminado pela estagnação dos aglomerados urbanos era uma das mais terríveis causas de epidemias e mortalidade.

No último quartel do século XIX é intensificada em Fortaleza uma série de melhorias que tiveram um grande impacto para o desenvolvimento urbano. Além da implantação da estrada de ferro, que veio reforçar a função comercial da cidade, foram inaugurados os serviços de iluminação pública, calçamento nas ruas centrais, telefones, telégrafo e cabo submarino. Ainda neste período foram realizados os primeiros objetos de construção do porto. As atividades culturais também são dinamizadas, aparecem vários jornais e fundam-se as primeiras associações culturais e sociais. (Sousa 1978: 103). Fortaleza em 1887, já era a sétima cidade brasileira em população com 27 mil habitantes, chegando em 1900 com 50 mil habitantes (CORTEZ, 2000: 256), mas precisamente com 48.369 habitantes como pode ser verificado na tabela 5.

No início do século XX, a cidade já apresentava uma divisão por bairros em nível social. As famílias mais nobres começam a se afastar do núcleo central e chegam a se instalar no setor oeste, no bairro Jacarecanga. Na década de vinte,

além desse bairro, eram também ocupados o Benfica, Alagadiço e a Praia de Iracema. A cidade cresce no sentido interior (sul) e oeste, acompanhando as antigas estradas de Jacarecanga, Soure (Caucaia - Av. Bezerra de Menezes), Arronches (Parangaba - Av. João Pessoa) e Aquiraz (BR 116) ressalta-se que a faixa litorânea ainda não era valorizada pela população.

Figura 13- Evolução urbana de Fortaleza – Século XIX. Fonte: Fortaleza (2006)

<b>ANO</b>	<b>CEARÁ</b>	<b>FORTALEZA</b>
1890	805.68	40.902
1900	849.127	48.369
1920	1.319.228	78.536
1940	2.091.032	180.185
1950	2.695.450	270.169
1960	3.296.366	514.818
1970	4.361.603	857.980
1980	5.288.253	1.307.611
1991	6.366.647	1.768.638
1996	6.809.794	1.965.513
2000	7.430.661	2.141.402
2007	8.185.286	2.431.416

Tabela 5-Evolução da população de Fortaleza 1960-2000.

Fonte: Fortaleza (2004); Costa (2006) e IBGE (2008).

No primeiro meado do século XX a cidade apresentava altas taxas de crescimento populacional. De 1900 a 1920, o crescimento populacional de Fortaleza era de 62,2% com uma população próxima a 80 mil habitantes nos anos vinte. Entre 1920 e 1940, o crescimento chega ao índice de 129,4% com uma população superior a 180 mil habitantes, estando esses valores relacionados aos grandes fluxos migratórios (VIANA, 2000; COSTA, 2006). A tabela 5 mostra a evolução da população de Fortaleza durante o final do século XIX (1890) e o início século XXI, evidenciando a intensidade do processo populacional concentrador em Fortaleza quando comparado com a população do estado.

As sucessivas secas e o problema do latifúndio são fatores essenciais para o entendimento da crescente migração para Fortaleza, consequentemente resultando no aumento demográfico e dos problemas de déficit habitacional do município. A respeito desse processo populacional Costa (2005) coloca:

A população indigente vai se alojando em barracos em terrenos próximos à ferrovia, às indústrias, à zona de praia, às margens de rios, áreas desprezadas pelos grupos de maior poder aquisitivo. Surgem as primeiras favelas - Cercadas do Zé Padre (1930), Mucuripe (1933), Lagamar (1933) Morro do Ouro (1940), Varjota (1945), Meireles (1950), Papoquinho (1950), Estrada do Ferro (1954). (COSTA, 2005: 71)

Tal fato se acentua a partir dos anos 50 do século XX, quando se acelera o crescimento populacional na capital. A crise da agricultura cearense, a concentração fundiária e as grandes secas de 1951 e de 1958 provocaram, mediante intenso processo migratório, um crescimento intercensitário de 90,5%. A população da capital passou de 270.169, em 1950, para 514.813 habitantes, em 1960. (COSTA, 2005: 76).

Desse modo, a cidade cresce incentivada também pela gestão federal que promove o fluxo migratório campo-cidade por meio de políticas públicas, uma dessas medidas é destacado por Silva (2007):

A representação política que se inicia em 1964 e alcança seu ápice a partir de 1968, estendendo-se até o início dos anos 80 associada a medidas administrativas fazem de 1964 um ano emblemático para as cidades brasileiras. É o ano em que o Estatuto da terra foi instituído, ocasionando a migração campo-cidade. Milhares de trabalhadores que moravam nas propriedades rurais a partir de sua instituição procuram lugar para sobreviver nos principais centros urbanos. A criação do Banco Nacional da Habitação- BNH, também em 1964 favorece a construção de casas populares nas cidades propiciando novas condições de moradia acompanhada da geração de emprego e renda, o que intensificaram, no

caso cearense, o fluxo migratório para Fortaleza. É um período de forte incremento populacional urbano, especialmente metropolitano. (SILVA, 2007: 102)

Um outro destaque dessas políticas federais é a criação das Regiões Metropolitanas implementada pela lei complementar federal nº 14 de 8 de junho de 1973. A Região Metropolitana de Fortaleza- RMF formada inicialmente por cinco municípios (Fortaleza, Aquiraz, Caucaia, Maranguape e Pacatuba) com uma população de um milhão de habitantes. Apesar dessa formação, Fortaleza não se consolida como metrópole de imediato sob a ótica do circuito econômico regional e nacional como é destacado por Silva (2006):

Fortaleza não exerceu em seu processo histórico a função de pólo importante. Mesmo sob os auspícios da SUDENE, foi contemplada com o Distrito Industrial- o de Maracanaú, complementar da incipiente atividade porto-industrial, instalada no Mucuripe, a partir dos anos 50. Fortaleza teve dificuldades imensas para consolidar sua forma urbana e metropolitana. Não dava para competir com Recife e Salvador, este último um dos melhores portos do país em termos de condições naturais. (SILVA 2006: 53).

Apesar disso, a expansão intra-urbana de Fortaleza já é notável a partir principalmente das configurações da sua estrutura espacial como mostra a figura 14. A cidade cresce e estende seu tecido urbano para o setor oeste, sul e de modo ainda tímido para o setor leste, isso por meio das ações do Estado, do setor imobiliário e da população. É nesse período que se proliferam as favelas, conjuntos habitacionais e os novos recortes urbanos de Fortaleza. Sobre esse processo de expansão urbana Sousa (2006) exprime:

Apesar da cidade contar com algumas diretrizes urbanas definidas através das primeiras plantas e de planos diretores elaborados a partir da década de 1960, Fortaleza cresceu de forma desordenada. Sua estrutura espacial urbana foi marcada pela presença de uma malha ortogonal, superposta pela implantação de vias radiais. Estas vias de acesso induziram e direcionaram o crescimento da cidade, que se caracterizou até a década de 1970, por uma estrutura monuclear. (SOUZA, 2006: 151)

Até a década de 1970, observava-se que as favelas espalhavam-se por toda a cidade, ocupando parte de centro e áreas dos setores Leste, Oeste e Sul da cidade. Essa população foi sendo deslocada para outras áreas a partir da década de 1970 com a política de desfavelamento da prefeitura de Fortaleza. Cita-se como exemplo a remoção das favelas do centro da cidade (Arraial Moura Brasil, Cinza), quando da construção da Avenida Leste-Oeste em 1973. Assim surgiram os loteamentos do Conjunto Marechal Rondon, Alvorada e Conjunto Palmeiras, dentre outros. (SOUZA, 2006: 154).

Fortaleza chega à década de 1980 com uma população de 1.307.611 habitantes e com sérios problemas de ordem social, pois o processo de urbanização não ocorreu acompanhado de políticas de fortalecimento da economia. A grande inflação do período no Brasil é reflexo dos cenários de mudanças na política do país, afetou de modo substancial a economia provocando elevadas taxas de desemprego e consequentemente o crescimento do subemprego. A exclusão social e a miséria marcaram visivelmente a cidade (SOUZA, 2006).



Figura 14- Evolução urbana de Fortaleza – Século XX.

Fonte: Fortaleza (2006)

É no decorrer das décadas de 1980 e 1990 que Fortaleza, bem como o Estado do Ceará passa por mudanças radicais na história da gestão pública. É o período de ascensão ao poder municipal e estadual do grupo político<sup>14</sup> que trouxe um discurso modernizador e políticas desenvolvimentistas de grande impacto na estrutura e dinâmica urbana de Fortaleza como, por exemplo, projetos turísticos (Centro Cultural Dragão do Mar, construção e reestruturação de novas vias ao longo

<sup>14</sup> Referência ao grupo de empresários cearenses ligados ao Centro Industrial do Ceará e à Federação das Indústrias do Ceará (FIEC), que assumiram o comando da política estadual (COSTA, 2006; BRUNO, 2002).

do litoral, reforma do aeroporto Pinto Martins), saneamento (Projeto SANEAR), transportes (obras do METROFOR, Sistema Integrado de Terminais Urbanos), além de projetos industriais no setor portuário calçadista.

A cidade cresce e extrapola realmente seus limites físicos e de dinâmica econômica e urbana, dando a configuração à metrópole fortalezense. Novos municípios foram inseridos na região metropolitana e atualmente a RMF conta com a participação de treze municípios: Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Guaiúba, Fortaleza, Itaitinga, Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Horizonte, Pacajus e São Gonçalo do Amarante, mas com Fortaleza ocupando a maior função na dinâmica metropolitana, provocando assim elevada desigualdade intra-regional. A respeito desses aspectos, Silva (2007) expõe:

Mesmo não sendo tão significativos, os impactos decorrentes da incorporação de novos municípios, a ampliação da área física do espaço regional apresentam forte efeito político-administrativo, sem operar, entretanto, grande mudança quanto à expressão da RMF no Estado do Ceará. (SILVA, 2007: 107)

O peso da centralidade exercida pela capital fica evidente, revelando um grande e crescente descompasso apresentado entre o Nordeste e as demais regiões brasileiras [...] Na RMF, observa-se claramente a necessidade de um cuidado maior com a instalação de infra-estruturas capazes de incrementar o desenvolvimento desta expressiva porção do território estadual, onde se concentra quase a metade da população do estado. (SILVA, 2007: 107).

Com a população superior a 3,4 milhões de habitantes (IBGE, 2008), a RMF dinamiza todo o fluxo econômico do Estado e ganha dimensões regionais atingindo partes do Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão (SOUZA, 2006: 151), sendo Fortaleza polo convergente desse processo, como expressa o geógrafo urbano Drº José Borzacchiello da Silva: “Fortaleza é a metrópole do semi-árido que no Ceará despeja o sertão no mar”. Nesse sentido, a RMF transforma a funcionalidade e a morfologia urbana de Fortaleza, evidenciado, entre outros equipamentos e serviços, pelas vias de acesso a cidade. Silva (2006) aponta aspectos dessa dinâmica urbana:

Em Fortaleza a armadura urbana pretérita se estruturou a partir das principais vias de comunicação. Hoje, o processo de duplicação dos principais eixos troncais que ligam a metrópole aos municípios de Maranguape, Caucaia, Pacatuba, Horizonte, Pacajus e Aquiraz, reforçou a expansão da metrópole. (SILVA, 2006: 53).

O esquema rádio-concêntrico partindo do centro da capital resultou num modelo semi-estrelar. Sobre esse desenho dominante, os anéis viários alteraram a trama, modificando os fluxos de circulação e requalificando, sobremaneira, os espaços localizados em sua área de influência. Essa dinâmica espacial pode ser constatada pelo peso urbano de algumas cidades integrantes da Região Metropolitana de Fortaleza que se inserem entre as maiores do Estado, como é o caso de Caucaia e Maracanaú que apresentaram posição destacada. (SILVA, 2006: 54).

Por conta, em parte, dessa dinamização urbana, ocorre a descentralização das funções urbanas de Fortaleza, com o surgimento assim de novas centralidades, o Centro deixa de ser espaço principal da funcionalidade da cidade (concentração de atividades comerciais, bancárias, administrativas etc.) e novos centros emergem no cenário urbano. Lopes & Silva (2006) tecem considerações sobre essas mudanças funcionais no município:

A partir da década de 1990, Fortaleza apresenta uma pluralidade de centros que concorrem entre si na atração de consumidores. Nessa disputa, os novos centros ofertam opções mais modernas, confortáveis e seguras de comércio, serviços e moradia, levando o abandono do Centro Histórico pela elite e sua tomada pelas camadas populares. O Centro Histórico, apesar de manter o seu caráter simbólico, pouco a pouco deixa de ser o local da administração, da decisão, do lazer e da moradia. (LOPES & SILVA, 2006: 163).

A produção desses novos pontos de acumulação e de atração de fluxos, definidos como centralidade, resulta dos processos de implosão/ explosão da cidade e de fragmentação. A policentralidade surge como alternativa à produção do capital, pois permite o consumo de novos signos urbanos. (LOPES & SILVA, 2006: 169).

As centralidades de Fortaleza são determinadas por conjuntos de distribuição espacial das atividades econômicas e do adensamento populacional. São elas: Aldeota/Meireles, Alagadiço São Gerardo, Antônio Bezerra, Barra do Ceará/ Carlito Pompilona, Messejana, Montese, Parangaba, Seis Bocas e vizinhos ao Centro. (LOPES & SILVA, 2006: 164). A presença dessas centralidades em Fortaleza é uma expressão do crescimento urbano da cidade que registra no ano de 2007 uma população de 2.431.416 habitantes (IBGE, 2008).

A migração continua a ser um grande fator para o crescimento demográfico do município. Provenientes de diversos lugares do interior do estado e de outras regiões do nordeste, grande parcela dessa população não encontra na cidade recursos essenciais para uma sobrevivência digna.

O crescimento urbano de Fortaleza pode também ser percebido pela sua organização socioespacial, que denuncia a fragilidade da infra-estrutura e serviços públicos. São inúmeros loteamentos e ocupações irregulares realizadas tanto pela

população de baixa renda como promovida por agentes imobiliários ligados ao alto setor empresarial.

Fortaleza se desenha em setores urbanos determinados por processos sociais como, por exemplo, de níveis de renda da população. Essa configuração no espaço é denominada de segregação socioespacial. Souza (2006) oferta uma análise detalhada desse processo em Fortaleza, apresentado de forma breve a seguir:

[...] nos setores leste e sudeste da cidade ressalta-se a Fortaleza moderna, verticalizada, onde reside a maioria da população com os mais altos níveis de renda, enquanto nos setores oeste e sudoeste, embora se verifique a existência de alguns bairros de classe média, predominam os bairros populares e as concentrações de favelas. Atendendo à demanda das populações, desenvolveram-se também, nos bairros dos setores leste e sudeste, novas áreas comerciais através do surgimento de modernos shoppings centers, e foi induzida a abertura de novas vias de acesso e a implantação de serviços urbanos. Na parte oeste e sul da cidade, localizam-se a grande maioria dos conjuntos habitacionais populares para a classe média baixa, além da expansão da autoconstrução e dos mutirões habitacionais. Na parte oeste da cidade, concentra-se pois, a maioria da população de menor poder aquisitivo. Observa-se também que é na parte oeste e sul da cidade que vem acontecendo o maior número das ações de ocupações de terras dos últimos anos (SOUZA, 2006: 160).

A cidade de Fortaleza reflete carências e deficiências em estrutura, serviços e equipamentos advindos de políticas neoliberais, que em associação com as locais, essencialmente com poder estadual, “maltrapilham” a cidade, tornando-a incompleta, desigual e injusta, ou melhor, como coloca Silva (2001: 63), uma cidade constituída como uma colcha de retalhos com soluções pontuais e isoladas, sem conexão com o pré-estabelecido no conjunto de sua legislação urbanística e na totalidade de seus planos.

Finalizando as rápidas considerações sobre a evolução urbana de Fortaleza destaca-se que a cidade chega a condição de metrópole com sérios problemas de planejamento urbano, sendo que toda sua estrutura e funcionalidade formam controles climáticos que contribuem para a geração de climas urbanos. Mas isso pouco foi considerado pelos planos de gestão do território urbano

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA  
E A DINÂMICA ATMOSFÉRICA  
DE FORTALEZA**

O clima da cidade é definido, segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza (1992), como sendo do tipo AW' da classificação de Köppen do ano de 1918, correspondendo ao macroclima da faixa costeira de clima tropical chuvoso, quente e úmido, com chuvas de verão e outono. O Plano Diretor também aponta para o tipo 4 bTh da classificação de Gaussen, com clima tropical quente e seca média, seca de inverno, com índices xerotérmicos entre 100 e 150, apresentando 5 a 6 meses secos (PDDU, 1992: 71). Esses tipos climáticos de Fortaleza se enquadram em uma abordagem genérica ou empírica, com base apenas nos elementos climáticos observados, não consideram, portanto os controles climáticos, que determinam e causam os diferentes climas como os padrões de circulação atmosférica da área, a radiação líquida e os fluxos de umidade.

Um outro exemplo de classificação genérica para a cidade de Fortaleza é o de Xavier (1998 e 2001). Ao compartimentar o Estado do Ceará em “Regiões Pluviometricamente Homogêneas”, a partir da distribuição dos postos pluviométricos do período 1964-1996, considerando a estação chuvosa (FEV+MAR+ABR+MAI) e se utilizando da técnica dos “Quantis” (para avaliar a ocorrência de anos chuvosos e secos e seus limites), a autora classifica a cidade na Região do Litoral 3 (L3G-Litoral de Fortaleza) com os seguintes limites de precipitação: ano muito seco (limite inferior 0mm e superior de 762,7mm), ano seco (762,7mm e 921,8mm), ano normal (921,8mm e 1311,0mm), ano chuvoso (1311,0mm e 1612,3mm) e ano muito chuvoso (superior a 1612,3mm).

Infelizmente, ainda não existe uma classificação de base genética para o Ceará, nem mesmo para o município de Fortaleza. Houve perspectivas de mudanças dessa realidade, com o ante-projeto de pesquisa de Moura (2006), que propôs um estudo de setorização climática de base genética para o Estado a partir da análise rítmica dos padrões pluviométricos, porém, esse não foi executado por razões burocráticas e financeiras.

O ideal era o que o município já dispusesse de um trabalho sólido sobre seu clima natural (meio analítico para um ulterior estudo sobre classificação climática urbana), utilizando o conceito de unidade climática. Os gestores municipais do planejamento urbano não sinalizaram nenhuma ação sobre a execução desse trabalho, nem mesmo no Projeto do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA-FOR). Dessa forma, a cidade de Fortaleza ainda está sujeita a

um estudo climático de pouca profundidade, estando a componente climática com apenas um apontamento, por demais superficial no vigente Plano Diretor da cidade do ano de 1992.

### 5.1- Caracterização do clima de Fortaleza

As características das variáveis meteorológicas que serão tratadas neste item são referentes ao período de 1974-2002, sendo os dados fornecidos pela estação meteorológica do Campus do Pici (coordenadas: 03° 44'LAT S e 38° 33' LONG W; altitude: 19,5 m), do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da UFC<sup>15</sup>.

#### Temperatura

A figura 15a mostra o comportamento anual das normais da temperatura média, mínima e máxima. A média anual da temperatura é de 26°C, sendo que a temperatura média mensal varia entre 26°C em julho e 27,6°C no mês de dezembro. A média da temperatura máxima corresponde a 30,3°C, com o mês de julho exibindo a média mensal mais reduzida (29°C) e os meses de novembro e dezembro as taxas mais elevadas com 31,1°C. A temperatura mínima média para a cidade é de 23,5°C, com extremos de 22,6°C no mês de agosto e 24,5°C em dezembro.

#### Precipitação

A normal climatológica da precipitação pluviométrica apresentada na figura 15b aponta para uma média anual de 1608,4 mm. A chuva acumulada no primeiro semestre é de 1403,4mm correspondendo a 87,2%  $[(1403,4/1608,4) \times 100\%]$  da precipitação anual. Já o quadrimestre, habitualmente mais chuvoso, FEVEREIRO-MAIO apresenta 69,5%  $[(1118,3/1403,4) \times 100\%]$  da chuva anual e 79,6%  $[(1118,3/1403,4) \times 100\%]$  da chuva no primeiro semestre. Os extremos mensais da normal pluviométrica são os meses de abril (359,6mm) e novembro (13mm).

#### Umidade Relativa do Ar

A normal climatológica (Figura 15c) exibe uma média anual de 78% com variação de 84% em abril e 73% nos meses de setembro e outubro. Essa variável

---

<sup>15</sup> A estação disponibiliza quatro normais climatológicas, dos seguintes períodos: 1966-1995, 1972-2000, 1973-2001, 1974-2002.

meteorológica acompanha o ritmo da evolução da precipitação, sendo mais elevada e reduzida, respectivamente, nos meses climatologicamente chuvosos e secos.

#### Velocidade do Vento

Diferente da umidade, esse elemento (Figura 15d) apresenta uma evolução inversa da precipitação, com um gradiente baixo no primeiro semestre, sendo as normais mensais de março e abril responsáveis pelas mais reduzidas taxas do fluxo do ar com 2,6 m/s e 2,5 m/s, respectivamente. Já no segundo semestre se observam valores mais significativos, com as maiores taxas nos meses de setembro e outubro com os respectivos valores de 4,7 m/s e 4,6 m/s. A normal média anual da velocidade do vento é de 3,7 m/s.

#### Nebulosidade

Conforme a figura 15e, esse elemento meteorológico acompanha a evolução das chuvas, com expressividade no primeiro semestre sendo os meses de março e abril detentores das maiores taxas normais mensais com 6,6/10 e 6,4/10. No segundo semestre há uma queda dessa variável com valores mínimos nos meses de agosto, setembro e outubro.

#### Insolação

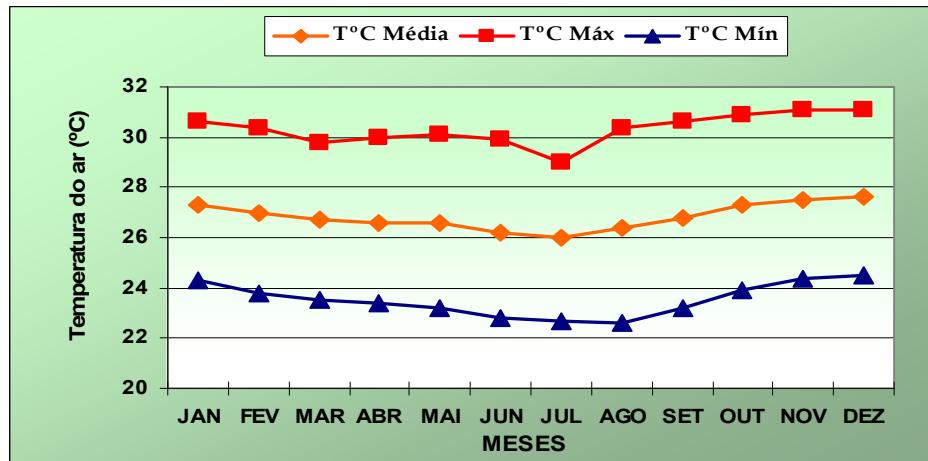
A variável (Figura 15f) possui climatologicamente uma soma anual de 2.832,3 horas, onde os valores mais baixos ocorrem na estação chuvosa, essencialmente no quadrimestre chuvoso (FEVEREIRO-MAIO), e as taxas mais elevadas durante o segundo semestre.

#### Evaporação

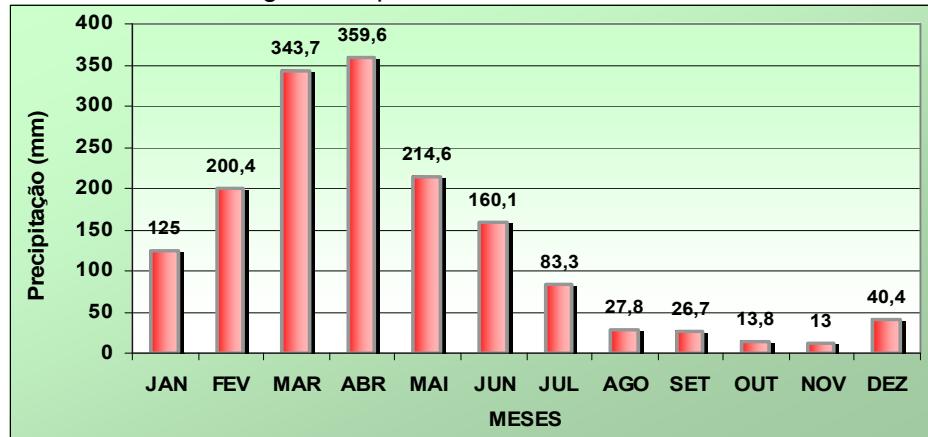
Os valores apresentados na figura 16a foram obtidos com Evaporímetro de PICHÉ e mostram que o primeiro semestre é o período sazonal com os menores valores, sendo abril o mês climatologicamente, responsável pela menor taxa (66,2mm). No segundo semestre, os índices são mais elevados, com o mês, de outubro exibindo a média normal mensal mais significativa (162,5 mm). O elemento segue o ritmo da insolação.

#### Pressão Atmosférica

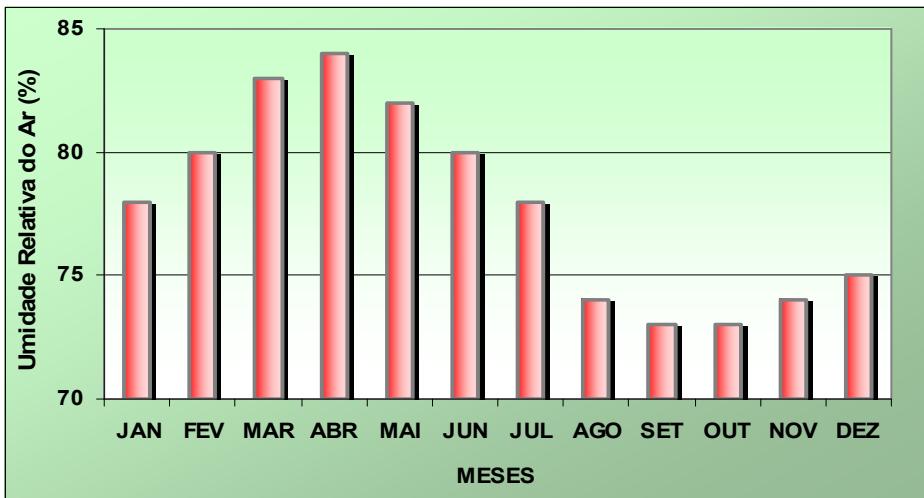
A pressão do ar (Figura 16b) apresenta uma média normal anual de 1009,2 mb, com valores elevados de junho a setembro e reduzidos entre os meses de novembro a abril.



a- Normal climatológica Temperatura Média, Máxima e Mínima

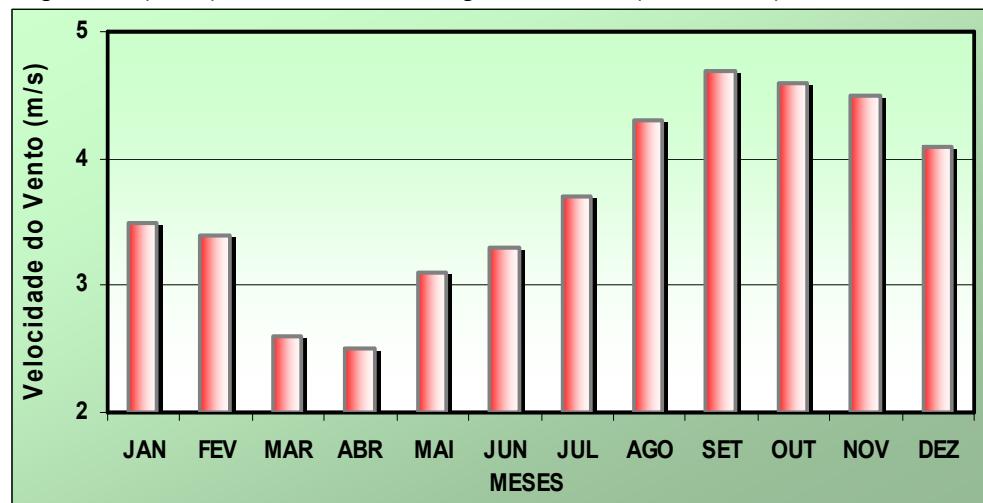


b- Normal climatológica Precipitação Pluviométrica

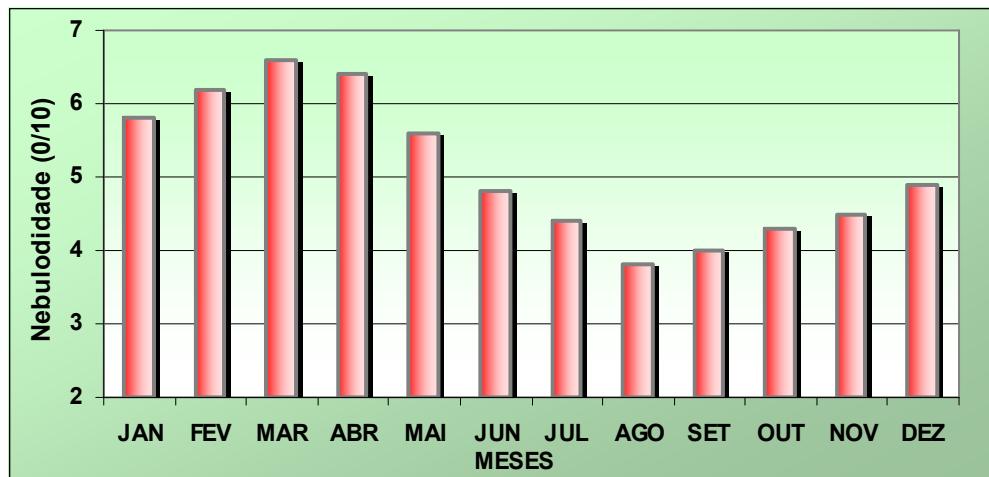


c- Normal climatológica Umidade Relativa do Ar

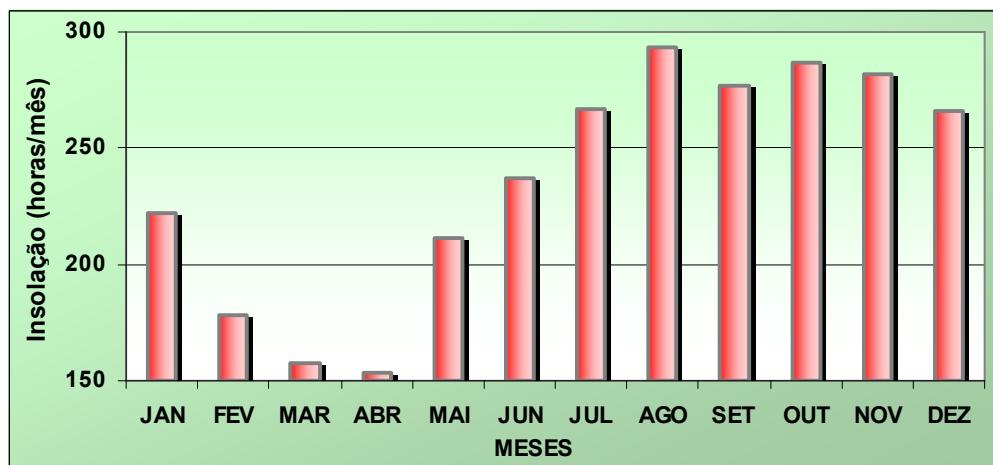
Figura 15 (a,b,c)- Normais Climatológicas do PICI (1974-2002)



d-Normal climatológica Velocidade do Vento.

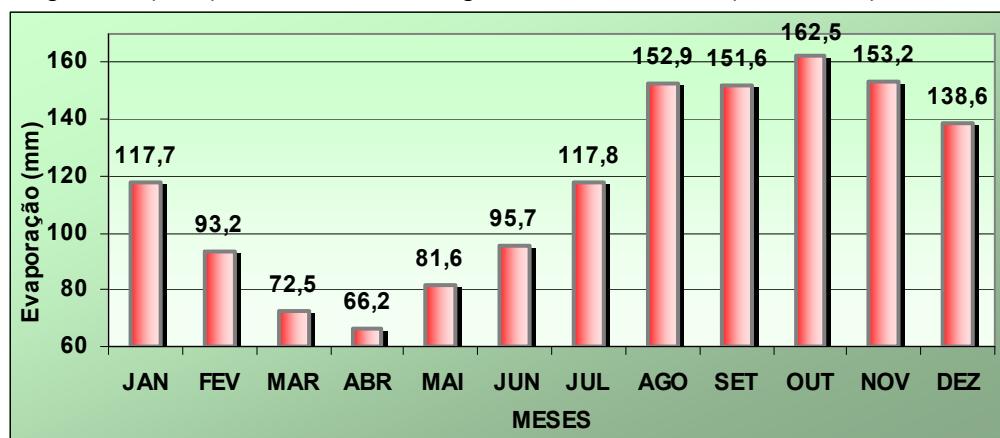


e- Normal climatológica Nebulosidade.

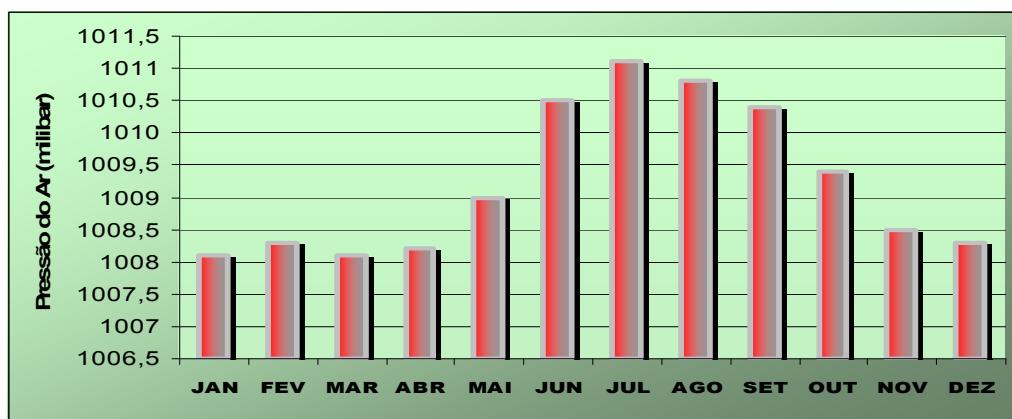


f- Normal climatológica umidade Insolação.

Figura 15 (d,e,f)- Normais Climatológicas do PICI-INMET (1974-2002).



a- Normal climatológica evaporação (Evaporímetro de PICHE).



b- Normal climatológica Pressão Atmosférica.

Figura 16 (a,b)- Normais Climatológicas do PICI-INMET (1974-2002).

## 5.2- Os sistemas atmosféricos atuantes em Fortaleza

Os sistemas atmosféricos que agem em Fortaleza atuam principalmente nas áreas equatoriais de baixa latitude, provocando habitualmente estabilidade atmosférica no período do inverno e primavera e causando instabilidade no período sazonal do verão e outono com a ocorrência de chuvas concentradas no quadrimestre de fevereiro-março-abril-maio (FMAM). Esses fenômenos meteorológicos podem ser classificados de acordo com o tempo de duração e tamanho, dessa maneira se conhecem os fenômenos de grande escala (ZCIT- Zona de Convergência Intertropical e T.A- Sistema Tropical Atlântico); mesoescala (VCAS- Vórtice Ciclônico de Ar Superior e CCM- Complexos Convectivos de Mesoescala ou CCS- Complexos Convectivos de Escala Subsinótica, LI- Linhas de Instabilidade e as Ondas de Leste) e os de escala local como as brisas marítimas e terrestres.

### Sistema Tropical Atlântico (TA)

O termo Sistema Tropical Atlântico é adotado por Sousa (1998) para designar a ação resultante da dinâmica atmosférica do centro de alta pressão (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul) formando na região quente do Atlântico Sul, produtor da Massa Tropical Atlântica (mTa).

Segundo Nimer (1979: 11), o ar da mTa é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor, porém, sua uniformidade não se estende a grandes alturas, porque na parte leste dessa alta subtropical, há um persistente movimento de subdinâmica a uns 500 a 1000 metros acima do mar. Esse mesmo autor afirma que no inverno esse anticiclone predomina por quase todo o Brasil, mantendo o tempo bom. Entretanto, Sousa (1998: 190) verificou que atuação conjugada da TA e das RFF (Repercussão de Frentes Frias) no período do inverno, podem desencadear, esporadicamente, chuvas episódicas no semi-árido nordestino, com maior freqüência na cidade de Natal/RN.

De forma geral o sistema TA apresenta alta umidade relativa, mas ao avançar sobre o continente provocam temperaturas mais elevadas, pressão e umidade relativas baixas, sendo assim responsável pelas condições de estabilidade do tempo sobre Fortaleza, sobretudo no inverno e na primavera, sendo o sistema de maior permanência na cidade. Quando atuante, a TA produz céu limpo ou nuvens altas do tipo cirruformes como registrado no Experimento II desta pesquisa.

### Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A ZCIT ou ITCZ (*Intertropical Convergence Zone*) é uma extensa região de convergência, de 3 a 5 graus de largura, dos ventos Alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do hemisfério norte, e dos ventos Alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do hemisfério Sul. (Figura 17a). Os encontros entre esses ventos úmidos provocam movimentos ascendentes do ar quente úmido conduzindo à formação de nuvens. Esse sistema é o principal fator da gênese das chuvas em Fortaleza, bem como em todo o Nordeste do Brasil. A ZCIT possui um deslocamento sazonal para o hemisfério norte (inverno-primavera) e para o sul (verão-outono) provocada pelas variações dos alísios e da temperatura de superfície do mar (TSM) no Atlântico norte e sul. (SOUSA, 1998; FERREIRA & MELLO, 2005).

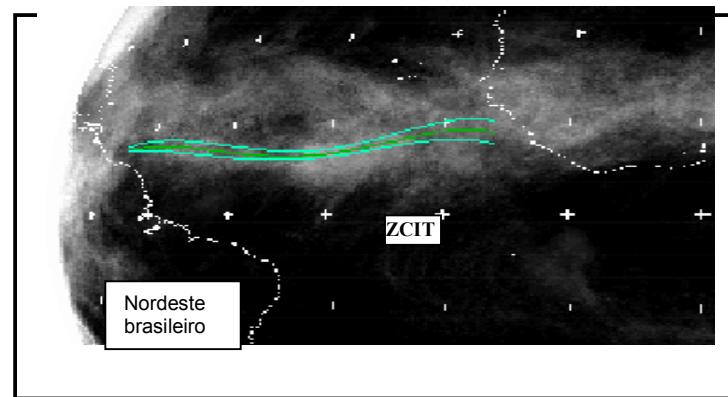


Figura 17a- Imagem Global da ZCIT sobre o Atlântico Intertropical.

Fonte: FUNCEME (2006).

No Atlântico, a ZCIT migra de sua posição mais ao norte, cerca de 10° a 14°N em agosto-setembro, para a posição mais ao sul, cerca de 4°S durante março-abril. Sobre a questão da posição, permanência, deslocamento da ZCIT a bibliografia especializada aponta para a influência da TSM do Atlântico norte e sul, chamado de Dipolo da TSM do Atlântico:

Quando as águas no Atlântico Norte estão mais frias, a pressão tende a ficar mais intensa e os ventos alísios de nordeste intensificam-se empurrando a ZCIT para posições latitudinais mais ao sul. Este padrão chama-se dipolo favorável as chuvas para o setor norte do Nordeste do Brasil. Quando ocorre o contrário, ou seja, o sul está mais frio, a pressão aumenta, os ventos alísios de sudeste intensificam-se, forçando o

posicionamento da ZCIT para posições latitudinais mais ao norte. Este padrão é chamado de dipolo desfavorável às chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. (FUNCME, 2006)

A ZCIT é um sistema convectivo de grande freqüência em associações com outros sistemas atmosféricos tanto de grande escala quanto de mesoescala. A figura 17b mostra um exemplo de associação da ZCIT com um sistema de grande escala, o Sistema EC (Sistema Equatorial Continental produtor da mEc de característica quente úmida, atuante na região amazônica, mas podendo alcançar o Nordeste Setentrional) identificado no trabalho de Moura (2006). Já um exemplo de associação a nível mesoescalar pode ser verificado na figura 17c, quando a ZCIT se associa a Linhas de Instabilidade (LI).



Imagem do satélite meteorológico GOES -12 canal infravermelho para o dia 21/04/2005 as 21 horas local.

Nuvens baixas do tipo cumulus e cumulonimbus oriundas da associação da ZCIT com o Sistema EC.

Figura 17b- Associação da ZCIT com o Sistema EC.  
Fonte : CPTEC, 2005.

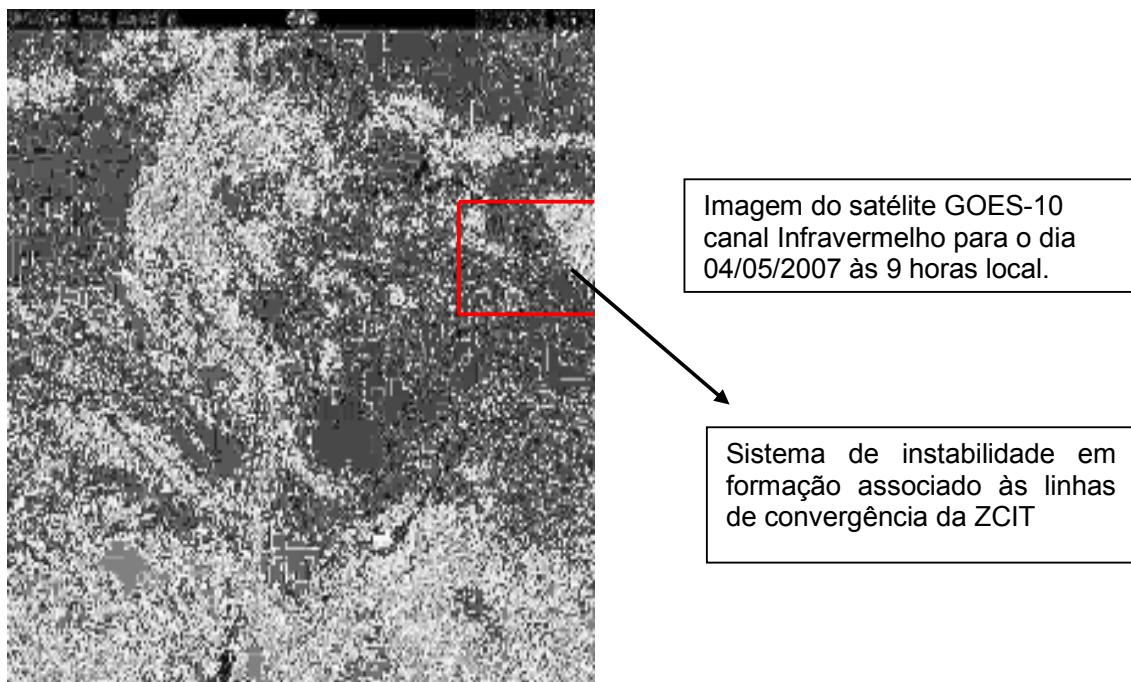


Figura 17c- Associação da ZCIT com as Linhas de Instabilidade.

Fonte: CPTEC, 2007.

### Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS)

Sistema meteorológico de origem tropical, conhecido também como Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN's) formado no oceano Atlântico entre os meses de novembro e março, mas com maior freqüência nos meses de janeiro e fevereiro. O tempo de duração desse sistema varia em média, entre 7 a 10 dias (FERREIRA & MELLO, 2005: 20). O VCAS é caracterizado pelo turbilhamento do ar em altos níveis da atmosfera, cobrindo extensas áreas. O sistema dá origem a um aglomerado de nuvens, com formato de círculo, girando no sentido horário com o percurso de leste para oeste.

Na sua borda (região de baixa pressão), zona periférica do vórtice e marcada por nuvens provocadoras de chuva, o Centro (região de alta pressão) caracteriza-se por apresentar movimentos de ar de cima para baixo, aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens (FUNCENE, 2006). A figura 18 mostra um exemplo de VCAS de nível regional em formação atuando na região do nordeste.

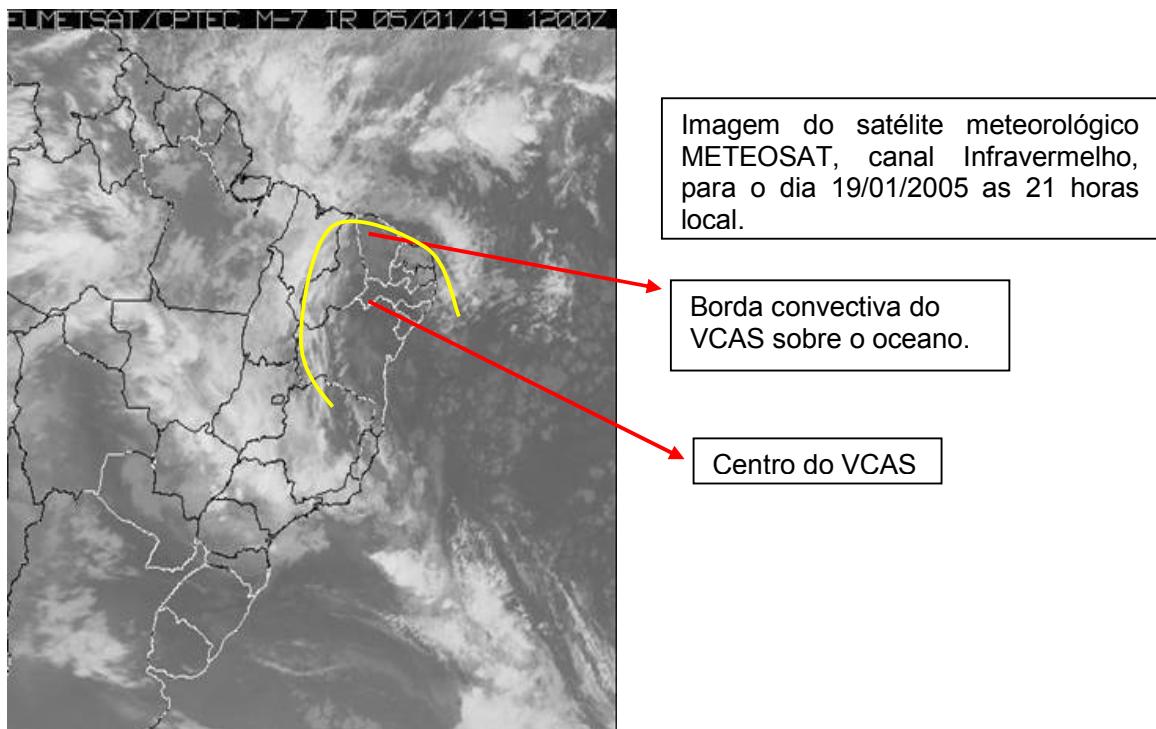


Figura 18- VCAS de nível regional sobre o Nordeste

Fonte: CPTEC, 2005.

#### Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's)

Os CCM's ou Complexos Convectivos de Escala Subsinótica (CCS) são aglomerados de nuvens (Figura 19) que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão e provocam chuvas fortes e de curta duração (FERREIRA & MELLO, 2005: 22). Os CCM's são sistemas tipicamente de origem local de curta duração (VITORINO ET AL, 1994). Sobre a gênese e repercussão desse sistema, Molion & Bernardo (2002.) esclarece que:

Essas penetrações produzem grandes complexos convectivos de escala subsinótica na região da ZCIT que por sua vez geram perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios (POAs). As POAs se propagam para oeste com velocidade de 6° a 8° de longitude por dia, cruzam o equador mas não têm condições de se desenvolverem sobre o oceano devido à forte inversão psicrotérmica sempre presente sobre o campo dos Alísios. Porém, geralmente se intensificam quando chegam à costa, devido ao aumento da convergência de umidade e ao contraste térmico entre o continente e oceano. (MOLION & BERNARDO, 2002: 4.)

Molian & Bernardo (2002) afirmam que durante fevereiro e maio de 2001 ocorreram várias POA's que atingiram o litoral norte do nordeste. Em Fortaleza foi registrado um total superior a 800mm no mês de abril de 2001, com total diário chegando à cerca de 150mm.

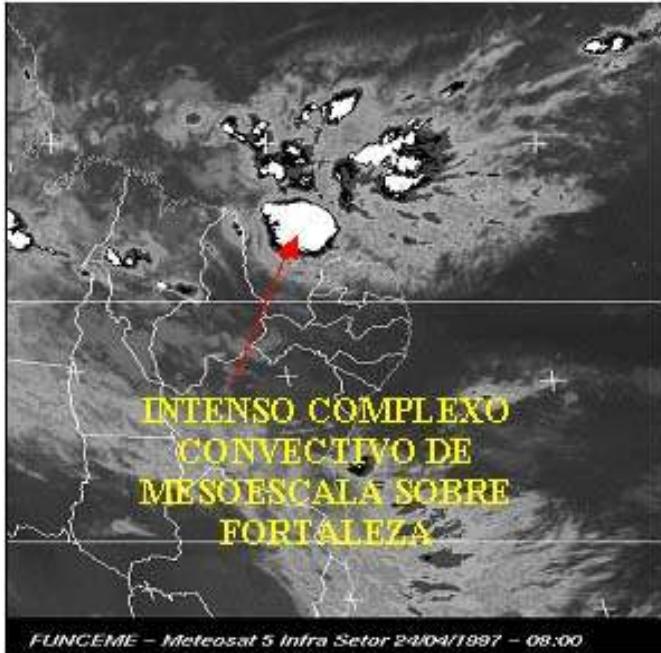


Figura 19- CCM's atuando em Fortaleza no dia 24/04/97 às 08:00h local (imagem do METEOSAT-5 Canal IR)

Fonte: FUNCEME (2006)

#### Linhos de Instabilidade (LI)

É um fenômeno meteorológico de mesoescala (Figura 20a) que ocorre no período do verão-outono (entre os meses de novembro a março). As linhas de instabilidade que atuam na costa cearense são geradas pelos efeitos de brisas marítimas e pelas linhas de convergência da ZCIT (FUNCEME, 2006). A descrição desse sistema é descrito por Kousky (1982) citado por Sousa (1998):

São formados por cumulonimbus de diversos tamanhos que se organizam em linha ou em curva. Estas linhas constituem um sistema que se desenvolvem associado à circulação de mesoescala. Apresentam-se no litoral e adentram pelo continente formadas pela convecção aumentando os índices de pluviosidade. A distribuição vertical de temperatura e umidade é tal que o levantamento de uma camada inteira de ar tenderá a deixar esse ar instável, e ocorrerá o fenômeno da condensação. As LI formam-se também entre os campos de pressão, no continente. (SOUZA, 1998: 181).

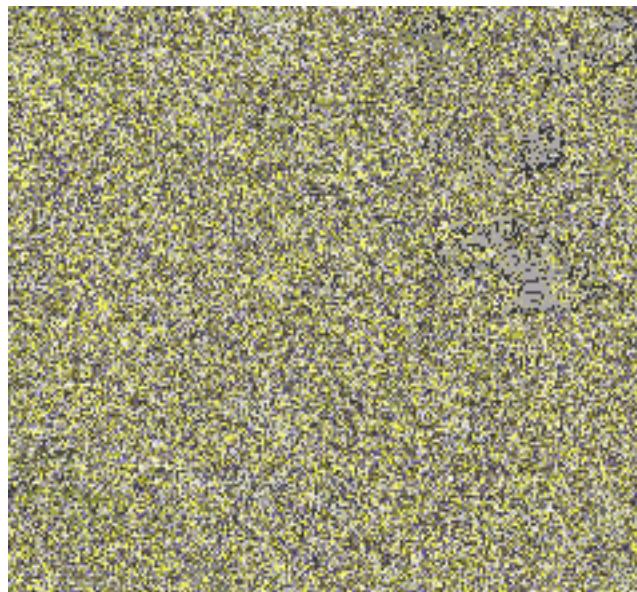


Figura 20a- Linha de instabilidade sobre o Ceará e o Rio Grande do Norte. Imagem no visível fornecida pelo NOAA-12, de 25/03/2003 às 16:03 h local.

Fonte: TEXEIRA (2004)

### Ondas de Leste

São sistemas que se deslocam de leste para oeste, a partir da costa da África até atingirem o Nordeste setentrional e leste. Esses sistemas de mesoescala provocam chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte, mas quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis também provocam chuvas no Estado do Ceará, nos meses de junho, julho e agosto. (MALVEIRA, 2003; FERREIRA & MELLO, 2005). Sua formação é produto das massas de ar carregadas de umidade formadas sobre o Atlântico Sul (entre a linha do equador e o paralelo de 20°S), especialmente quando o oceano apresenta intensas anomalias positivas de temperatura. (XAVIER, 2001: 366).

### Sistemas de Brisas Marítimas e Terrestres

São sistemas de escala local. A ocorrência se deve pelas diferenças térmicas entre a superfície terrestre e a superfície aquática. Uma baixa térmica local desenvolve-se sobre o continente, com ventos soprando do mar para o continente

(brisa marítima). À noite a terra se resfria rapidamente, o mar permanece quente o gradiente de pressão é assim invertido e o vento agora sopra da terra para o oceano, tem-se a brisa terrestre. (AYOADE, 1996: 92).

Dubreuil et al (2004) realizou um trabalho relevante sobre a penetração e a freqüência das frentes de brisas marítimas para o continente do Ceará utilizando as imagens meteorológicas do GOES-8 para o período de setembro a dezembro de 2000. Os resultados encontrados pela pesquisa podem ser verificados de forma resumida pela figura 20b, bem como pelos apontamentos descritos a seguir:

No início do dia, desde que um gradiente térmico de aproximadamente 1 a 3 graus é observado entre as superfícies do continente e do mar, a circulação da brisa de escala local entra em funcionamento.

A posição das frentes de brisa do mar mostra um gradiente espacial muito fechado.

A topografia acidentada da orla exposta à leste torna difícil a identificação das frentes de brisas, pois estas são frequentemente mascaradas por outras formações de nuvens.

As 18 UTC, a penetração é mais importante quando se avança na estação seca: em setembro de 2002 as frentes de brisa do mar foram observadas a uma distância do litoral compreendida entre 40 e 80 Km, com uma freqüência máxima de aproximadamente 60 Km da costa.

As frentes de brisas penetram mais longe nas terras sobre as orlas melhores expostas ao norte ou norte do noroeste.

A acentuação do gradiente térmico da superfície terra-mar ao curso da estação seca permite evidenciar as condições térmicas favoráveis ao desenvolvimento de circulações de brisas do mar possantes e, portanto, capazes de penetrar mais longe no interior, os alísios aportando a umidade atmosférica necessária à formação de nuvens no nível da frente de brisa. E mais, parece que a partir do limite de 4°C, um desvio de 1°C a mais equivale em média a 10 quilômetros suplementares percorrido pela frente da brisa. (DUBREUIL ET AL, 2004).

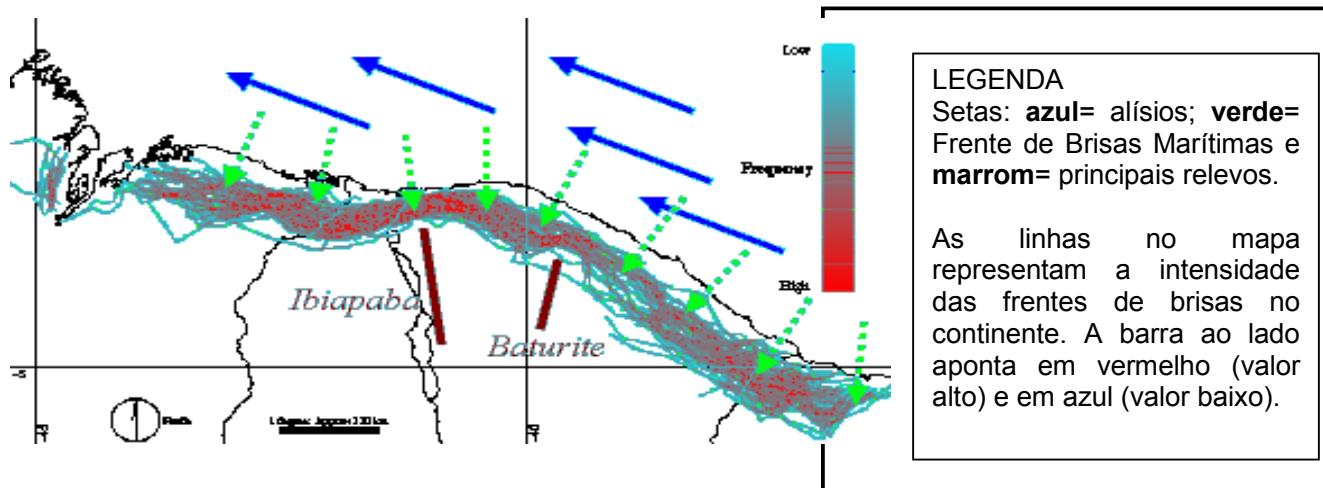


Figura 20b-Síntese das posições das frentes da brisa marítima no Nordeste (set-dez, 2000). Fonte: Dubreuil et al (2004).

# CAPÍTULO 6

## ANÁLISE DO CLIMA URBANO: MÉTODOS E TÉCNICAS

O objeto de estudo dessa pesquisa, por toda sua complexidade e dinâmica, foi analisada tendo como suporte os pilares essenciais da ciência geográfica: o espaço e o tempo. Desse modo, o trabalho foi estruturado em três partes, como demonstrado na figura 21, a primeira já apresentada, trata do levantamento bibliográfico e apontamentos conceituais que norteiam as demais etapas. A segunda refere-se ao tratamento e à análise cartográfica, a qual foi orientação necessária para a decisão dos pontos amostrais é também a responsável pelos mecanismos de transformação das variáveis climáticas (controles climáticos).

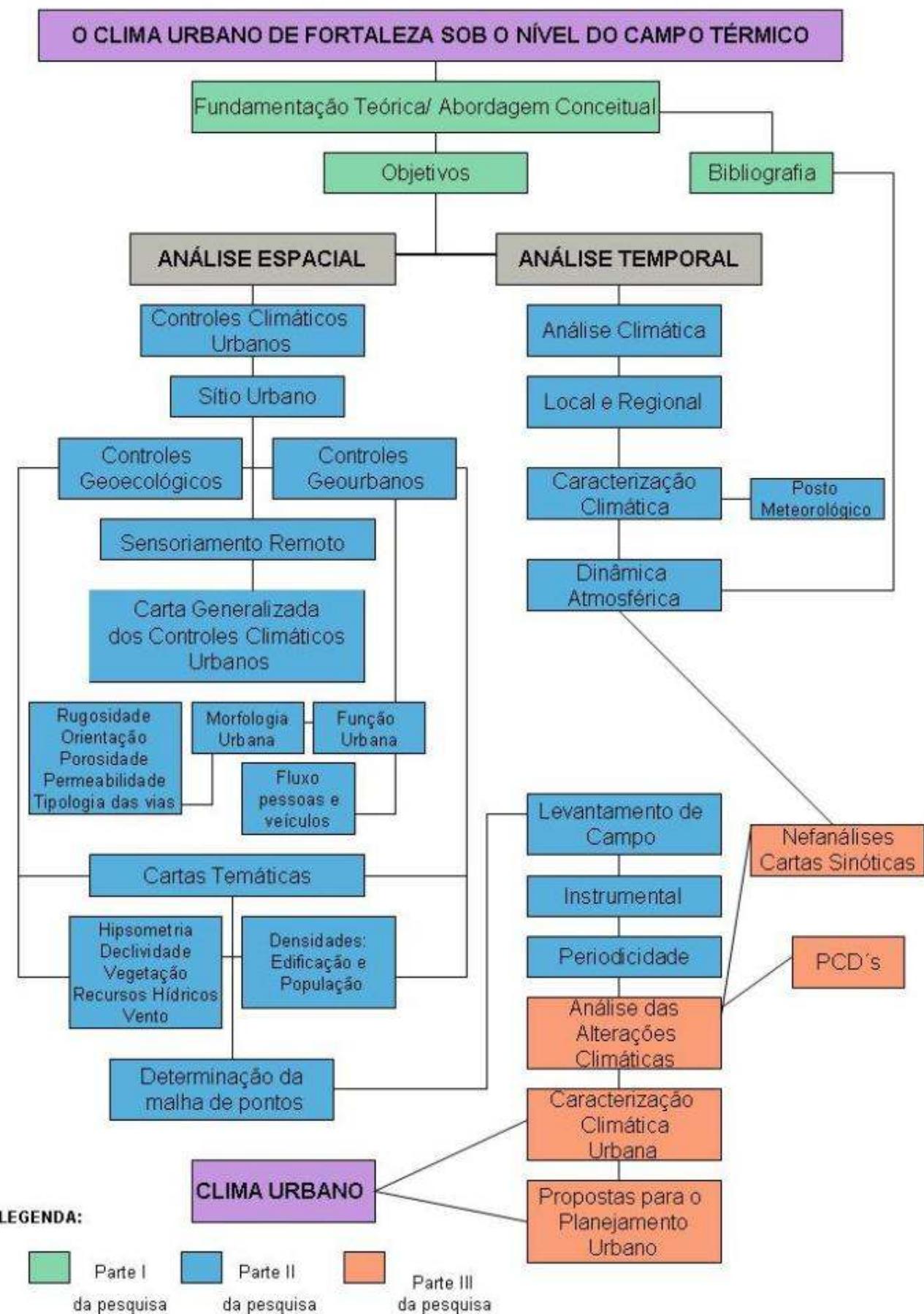
A terceira etapa diz respeito à caracterização do clima urbano, a partir dos dados levantados que seguidamente subsidiarão sugestões para o planejamento urbano da cidade. Neste capítulo, especificamente, a pesquisa tratará da segunda parte no tocante aos métodos e técnicas.

### 6.1- Os controles climáticos urbanos

A identificação da heterogeneidade do espaço urbano torna-se indispensável na delimitação dos espaços climáticos intra-urbanos, para isso é essencial uma análise espacial do sítio da cidade através de um levantamento e elaboração cartográfica específica. Essa caracterização espacial ocorreu pela utilização dos mapas temáticos (Hipsométrico, Declividade, Cobertura Vegetal, Recursos Hídricos) de escala gráfica de 1:80. 000 do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura de Fortaleza (FORTALEZA, 2006), bem como pela confecção de uma carta generalizada dos padrões de ocupação do solo urbano de Fortaleza e parte dos municípios que fazem fronteira com essa cidade, numa escala de 1: 100.000.

Esse material cartográfico temático supracitado forma em conjunto os controles climáticos do tipo geoecológico e foram decisivos em associação aos controles climáticos do tipo geourbanos para a escolha dos pontos experimentais da pesquisa. Os controles geourbanos foram concebidos neste trabalho por dois aspectos; morfologia e função urbana e analisados de duas formas: verificação *in situ* (análise empírica), e pelas informações oferecidas nas cartas Percentual de Domicílios- Apartamentos/Residências e Densidade Populacional (formuladas a partir do censo de 2000 do IBGE) de 1: 80.000 da Prefeitura de Fortaleza (FORTALEZA, 2006).

Figura 21- Roteiro metodológico da pesquisa



O aspecto morfologia urbana foi tomado tendo como referência as prescrições metodológicas de Cabral (1995) que concebe características da forma urbana, ou seja, padrões essenciais à análise do desempenho térmico e aerodinâmico da cidade. Esse autor, embasado nas concepções de Oliveira (1987), apresenta sumariamente essas características:

**Conformação Espacial**- representada pelo espaçamento, disposição, altura, largura e profundidade da massa edificada, acrescidos dos aspectos geomorfológicos (solo e paisagem natural) (CABRAL, 1995: 37)...

**Rugosidade**- espaçamentos (entre edifícios e/ou entre arranjos morfológicos) e as alturas relativas (entre os edifícios e demais superfícies horizontais), são relações morfológicas concernentes à rugosidade da estrutura urbana. (CABRAL, 1995: 37)...

**Porosidade**- representada pela maior ou menor permeabilidade de uma estrutura urbana à passagem dos ventos e expressa através da relação entre espaços abertos e espaços confinados. (CABRAL, 1995: 38)...

**Densidade de Construção**- representada pelo índice de ocupação. (CABRAL, 1995: 38)...

**Tamanho**- determinado pelas dimensões verticais e horizontais da estrutura urbana. (CABRAL, 1995:38)...

**Orientação**- posicionamento das massas edificadas, massas arbustivas, relevos e massas hídricas em relação ao regime dos ventos e do caminho aparente do sol. (CABRAL, 1995: 39)...

**Permeabilidade do solo Urbano**- representada pela relação entre áreas construídas e pavimentadas com áreas livres de construção e de pavimentos, mesmo que não sejam convenientemente vegetadas. (CABRAL, 1995:39)...

**Propriedade Termodinâmica dos Materiais**- a capacidade de absorção e reflexão dos diversos materiais, em relação à luz e ao calor, depende diretamente de suas propriedades físicas, como densidade, textura e cor.. (CABRAL, 995: 40).

Dos oito padrões apresentados foram eleitos quatro como estratégia de análise (Rugosidade-espaçamento e alturas relativas; Porosidade; Orientação e Permeabilidade). A escolha desses padrões se justifica pelo fato de estarem ao alcance do trabalho, já que os outros padrões necessitariam de técnicas e ferramentas para obtenção, distantes da realidade financeira e temporal da pesquisa. Foi acrescido mais um padrão julgado relevante para a pesquisa, diz respeito à topologia das vias (geometria e material constituído). O padrão de densidade de construção, apesar da não consideração de um índice, pôde a grosso modo ser substituído pelas cartas Percentual de Domicílios-Apartamentos/Residências da Prefeitura (FORTALEZA, 2006).

Dos padrões eleitos, exceto o último citado, foram submetidos a seis categorias analíticas: Muito Alto (MA); Alto (A); Média (M); Muito Baixo (MB); Baixo (B) e Ausente (AU). Essas categorias também serviram de estratégia quantitativa para aqueles preditores coletados *in situ* como vegetação, espelho d'água, além

daqueles considerados como aspectos da função urbana: fluxo de pessoas e veículos.

A ocupação do solo urbano de Fortaleza, apresentada na figura 22, foi obtida por meio de tratamento digital da imagem SPOT-5 do ano 2004, de resolução espacial de 10 metros. O geoprocessamento da imagem ocorreu pelo uso dos softwares *Microstation* e *Image Analyst*, onde foi possível georreferenciar o produto com uma escala de 1:100.000, além de inserir uma grade dos limites administrativos (bairros e municípios).

A eleição dos padrões de ocupação do solo urbano nas categorias: vegetação, superfície hídrica e massa edificada, foram realizadas pelo modo da classificação automática não-supervisionada. Isso representa que não foi viável neste trabalho realizar um detalhamento específico com base na vetorização automática supervisionada, o que mostra desse modo a complexidade do objeto de estudo.

O problema ora apresentado foi vencido em parte. Posterior à delimitação dos pontos de coleta foi tratada a construção de cartas dos padrões de ocupação do solo de cada área experimental, utilizando as imagens do Levantamento Aerofotogramétrico da cidade de Fortaleza do ano 2004, produto de altíssima resolução espacial. Assim, houve um recorte da imagem em um raio de 200m<sup>2</sup> a partir das coordenadas do ponto de amostra, essa técnica permitiu quantificar os padrões de ocupação do solo dos pontos eleitos para análise do clima urbano.



## 6.2- Eleição dos pontos experimentais

O levantamento das condições microclimáticas urbanas de Fortaleza foi realizado em áreas distintas da cidade, que apresentam dinamismo, estrutura urbana e condições geoecológicas diferenciadas. Para isso foi considerado todo o material cartográfico obtido e construído, além das questões consideradas necessárias para a operacionalização do trabalho de campo como segurança e deslocamento da equipe de observadores.

Dessa forma, considerando o desenho da cidade como todo e sua área rural circunvizinha, foi eleita uma malha de doze pontos (Figura 23), onde dois pontos já se encontravam estabelecidos por Moura (2006), são eles os pontos 1- Lagoa da Sapianga e 6- Centro. Por limitações financeiras e operacionais, não foi possível uma cobertura maior de pontos pela cidade. Logo, como expõe Monteiro, “número de pontos significa número de aparelhos e de pessoas capacitadas a efetuar o trabalho de campo. As normas decisórias são questões de bom senso” (MONTEIRO, 1990: 66). A tomada de referência da temperatura rural, requisito necessário para a delimitação e intensidade das ilhas de calor e frescor em Fortaleza, ocorreu pelos dados gerados pela PCD da FUNCUME/ Maranguape.

### 6.2.1- As condições geourbanas e geoecológicas das áreas experimentais

O propósito deste item da dissertação é apresentar as características que condicionam o microclima nos doze ambientes da pesquisa expostas no quadro 16, características essas de caráter natural do sítio e da morfologia e funcionalidade urbana da cidade, tomadas pela análise cartográfica e pelo levantamento em campo. Em seguida será apresentada em forma de sumário a descrição dos espaços no entorno do local das áreas experimentais, além de informações sobre a ocupação do solo das áreas através de cartas temáticas.

As cartas dos padrões de ocupação do solo foram confeccionadas no ambiente dos softwares *Microstation* e *Image Analyst*, sendo realizado assim o geoprocessamento das cartas-imagens do levantamento aerofotogramétrico de Fortaleza do ano de 2004 através do recorte da imagem em um raio de 200m<sup>2</sup> a partir das coordenadas do ponto experimental. A vetorização dos objetos da imagem, concebidos neste trabalho como controles climáticos urbanos, foram classificados em cinco categorias de ocupação do solo: área edificada, área não edificada, vegetação, recursos hídricos e outros usos.



QUADRO 16 - SÍNTSE DOS CONTROLES CLIMÁTICOS URBANOS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS DA PESQUISA.

ÁREAS EXPERIMENTAIS	CONTROLES CLIMÁTICOS URBANOS																
	GEOECOLOGIA					MORFOLOGIA e CARACTERISTICAS de NATUREZA URBANA											
	H (m)	D (%)	V	T.V	SH	RUGOSIDADE		O	P	Pe	DA (%)	DC (%)	T.VI	FV	FP	FU	DD hab/ha
1-LAGOA	1-3	0-3	MA	2,3 e 4	2 1	AU	AU	SE	A	MA	>0-16	>83-100	AU	MB	MB	R e APA	10-20
2-COCÓ	1-3	0-3	MA	3 e 4	1	AU	AU	Stv-SE	MA	MA	>0-16	>16-33	AU	AU	MB	APA e L	100-170
3- ALDEOTA	15-30	0-3	B	4	AU	B	A	Stv-SE	M	AU	>83-100	>0-16	II	MA	A	C	50-100
4-SABIAGUABA	1-3	3-8	MA	3 e 4	1 e 3	AU	AU	NE,SE,E	MA	MA	>0-16	>83-100	AU	AU	B	APA e L	10-20
5- BEIRA-MAR	1-3	3-8	B	4	3	M	A	NE, SE, E	A	M	>83-100	>0-16	II	A	MA	R, T e L	170-230
6- CENTRO	15-30	3-8	M	4	AU	B	M	SE e E	A	MB	>16-33	>33-50	I II	M	MA	C	50-100
7-FÁTIMA	15-30	0-3	B	4	AU	B	M	NW	M	B	>33-50	>50-60	II	A	B	R	50-100
8-BARRA	05-10	0-3	M	4	AU	MA	AU	Stv-SE	A	A	>0-16	>83-100	II	B	M	R	50-100
9-H. JORGE	15-30	0-3	MB	4	AU	MA	MB	Stv-SE	A	AU	>0-16	>83-100	II	A	A	R e C	100-170
10-DAMAS	05-10	0-3	B	4	AU	MA	B	SE	A	MB	>16-33	>66-83	II	MA	A	R e C	50-100
11-MONDUBIM	15-30	3-8	B	4 e 2	2	MA	MB	SE e NE	MA	MA	>0-16	>83-100	I	MB	MB	R	50-100
12-A. ALEGRE	15-30	3-8	A	4 e 2	1	MA	MB	SE	MA	M	>0-16	>83-100	II	MB	MB	R	20-50

## LEGENDAS:

## GEOECOLOGIA:

**H** (Hipsometria em metros - classificação gerada a partir da carta hipsométrica da cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006); **D** (Declividade em porcentagem- classificação gerada a partir da carta de declive da cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006); **V** (vegetação verificada em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **T.V** (Tipologia Vegetação - classificação gerada a partir da carta de cobertura vegetal da cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006) nas seguintes categorias: 1(Tabuleiro), 2 (Ribeirinha/ lacustre), 3 (Mangue), 4 (Antrópica), 5 (Ausência vegetação); **SH** (Superfície Hídrica verificada em campo e expressa nas categorias: 1(rio/riacho), 2 (lagoa), 3 (oceano), AU (Ausente).

## MORFOLOGIA e CARACTERISTICAS de NATUREZA URBANA:

**Rugosidade:** **E** (Espaçamento entre as edificações - verificada em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **AR** (Alturas Relativas entre as edificações verificada em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **O** (Orientação dos ventos dominantes nas áreas experimentais da pesquisa em relação aos objetos de natureza urbana e geoecológica verificado em campo e expresso nas categorias : **Sv** (Sotavento da direção SE-Sudeste; além das orientações SE- Sudeste, NE- Nordeste, SW- Sudoeste, NW- Noroeste e E- Leste; **P** (Porosidade representada pela maior ou menor permeabilidade da estrutura urbana das áreas experimentais da pesquisa a passagem dos ventos- verificada em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **Pe** (Permeabilidade do terreno- verificada em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **DA** (Domicílios Apartamento em porcentagem- classificação gerada a partir da carta do Percentual de domicílios do tipo apartamento do censo do IBGE do ano de 2000 para a cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006); **DC** (Domicílios Casa em porcentagem- classificação gerada a partir da carta do Percentual de domicílios do tipo casa do censo do IBGE do ano de 2000 para a cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006); **T.VI** (Tipologia das Vias nas áreas experimentais da pesquisa nas categorias: I (Calçamento), II (Asfalto) AU (Ausente); **FV** (Fluxo de veículo verificado em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **FP** (Fluxo de Pessoas- verificado em campo e expressa nas categorias: MA (Muito Alta), A (Alta), M (Média), B (Baixa), MB (Muito Baixa) e AU (Ausente); **FU** (Função Urbana das áreas experimentais nas categorias: APA (Área de Proteção Ambiental);C (Comercial), L (Lazer), T (Turística), R (Residencial); **DD** (Densidade Demográfica ou Populacional por hab/ha- classificação gerada a partir da carta do censo demográfico do IBGE do ano 2000 para a cidade na escala de 1:80.000 (FORTALEZA, 2006).

#### 6.2.1.1- Caracterização do entorno dos pontos experimentais.

##### **PONTO 1– LAGOA DA SAPIRANGA**

Localizado no bairro Água Fria, setor sudeste de Fortaleza, na margem nordeste da lagoa da Sapianga, aproximadamente 130 metros de distância (Figura 24), no final da Rua Tabelião Joaquim Coelho, a qual dá acesso a lagoa e não possui pavimentação. O ponto limita-se à direita por casas de um só pavimento com fachadas de até 2,30 metros e calçadas de 1,5 metros de largura em cimento claro e à esquerda por um terreno sem ocupação composto por vegetação herbácea e espécies invasoras. O ponto também se limita por uma parede natural formada pelo bosque de mangue do riacho Coaçu, na área de confluência com a lagoa a aproximadamente 150 metros do ponto.

A carta dos padrões de ocupação do solo da área (Figura 25) mostra que a vegetação é predominante com 59,24% de ocupação do setor sendo 50% de vegetação do tipo gramíneas e apenas 9,24% do porte arbóreo. Os recursos hídricos, representado por parte da lagoa da Sapianga e um trecho do riacho Coaçu, cobrem uma área de 23,56%.

As porcentagens da vegetação e dos recursos hídricos somam uma área de 82,80%, valor esse que justifica as elevadas taxas de umidade na área, no entanto esses fatores não são limitantes para a amenização do calor na área nas primeiras horas do dia, como registrado por Moura (2006) durante a realização de doze experimentos na área em diferentes realidades sazonais entre os anos 2004 e 2005. O espaço construído não ultrapassa os 17,2%, sendo 13,7% de área edificada e 3,7% de vias sem asfalto.



## **PONTO 2- PARQUE DO COCÓ**

O ponto se localiza no espaço interno do Parque Adahil Barreto no bairro Salinas (Figura 26). A coleta dos dados ocorreu próxima a sede administrativa do Parque a poucos metros da entrada da trilha Semear, estando a 15 metros da via de circulação, a qual é revestida de calçamento em forma de paralelepípedo.

A área é plana e pouco aberta com uma superfície revestida de areia e gramíneas e cercada por vegetação antrópica (mangueiras, coqueiros e palmeiras), além da vegetação de mangue, nativa do ambiente. O rio Cocó se encontra no setor sul a poucos metros do ponto. A área está livre de qualquer influência urbana que venha descharacterizar o ambiente natural.

A carta dos padrões de ocupação do solo da área (Figura 27) deixa claro que a vegetação ocupa a maior porcentagem do setor com 83,71%. Desse valor 67,71% é do tipo arbóreo e 18% do tipo gramíneas se diferenciando, portanto, das porcentagens obtidas para o Ponto 1- Lagoa da Sapiranga, que prevaleceu um maior índice para a ocupação de gramíneas, isso pode justificar o fato de que no ponto do Cocó foram encontradas os mais reduzidos valores da temperatura do ar e consequentemente as mais altas taxas de umidade nos experimentos da pesquisa, o que não ocorreu no ponto da Lagoa. Assim a vegetação de maior porte tem um maior controle na configuração térmica dos ambientes do que as gramíneas.

O rio do Cocó foi um elemento de ordem inferior à vegetação no condicionamento das ilhas de frescor e conforto na área experimental, isso porque representou apenas 3,7% do setor. As áreas construídas, com o total de 15,82%, pouco ou nada contribuíram para o aumento da temperatura do ar no ponto de coleta.



### **PONTO 3- ALDEOTA**

O local de coleta se encontra na esquina do cruzamento das avenidas Santos Dumont e Rui Barbosa no bairro da Aldeota (Figura 28). Essas avenidas caracterizam-se por possuírem um elevado potencial de tráfego de veículos na cidade. As avenidas possuem uma largura média de 8 metros e não dispõem de canteiros arborizados, sendo a vegetação pontual do tipo arbórea que se localiza nas margens das avenidas. O ponto de obtenção dos dados encontra-se sobre uma pequena quadra constituída de pedra brita nas dependências externas da lanchonete Mc' Donald.

A edificação da área é composta de até 20 pavimentos. As alturas relativas são elevadas estando o ponto da pesquisa disposto: a sul por um prédio de 15 andares; a norte por um de 6 pavimentos; a leste de 20 andares e a oeste a lanchonete, que é um prédio térreo. Dessa forma, o ponto se dispõe a sotavento dos ventos predominantes pelo edifício de 20 pavimentos (setor leste) e o prédio de 15 andares (setor sul).

Os padrões de ocupação urbana (Figura 29) demonstram que a área edificada equivale a 60,2% e se somados às vias com asfalto chegam ao valor 76,2%. A edificação de até 3 pavimentos predominam na área com 52%, já os edifícios maiores que 3 e até 20 pavimentos correspondem somente a 8,2% do setor, desse valor 5,4% é da categoria de 3 a 5 pavimentos. A vegetação apresenta 18,8% da área, predominando o estrato arbóreo com 18%. Apesar desse ponto experimental da pesquisa apresentar altas taxas de massa edificada com a presença de verticalização, o mesmo não exibiu elevadas taxas de temperatura do ar durante a realização dos experimentos, isso quando comparado às outras áreas amostrais.



#### **PONTO 4- SABIAGUABA**

O ponto de mensuração dos atributos climáticos se localiza na praia da sabiaguaba, no bairro de mesmo nome no extremo leste de Fortaleza à margem direita do rio Cocó, especificadamente na sua desembocadura aproximadamente a 15 metros (Figura 30).

A área se caracteriza por uma faixa de praia plana composta de areias quartzosas, bem como pela dinâmica das marés semidiurnas, estando livre de qualquer barreira natural ou construída que impeça o fluxo dos ventos dominantes locais e regionais. O manguezal e as dunas marcam a paisagem do setor, porém, esses elementos estão à retaguarda do ponto de mensuração a uma distância considerável.

No local específico da coleta não há qualquer tipo de vegetação, apenas abrigos de construção artesanal de palha e tronco de palmeiras pertencentes à barraca Sabiaguaba Park (Barraca do Mamão) de construção artesanal e alvenaria. Não há via asfaltada ou calçamentada, as construções existentes são reduzidas representadas por casas de um só pavimento de alvenaria ou de argila, algumas delas sendo casas de veraneio.

A carta dos padrões de ocupação (Figura 31) define que os recursos hídricos, representados pelo oceano e o estuário do rio Cocó ocupa o maior espaço do setor experimental com 49,62%. Esse quadro não contribui para que a área registrasse elevadas taxas de umidade e reduzidos valores de temperatura no período da manhã. A categoria de outros usos também é predominante na área com 41,4%, sendo representado pela faixa de praia.

A vegetação presente no local ocupa apenas 5% e corresponde a gramíneas. A edificação com 3,98% do setor se constitui basicamente de barracas de cobertura de palha. Dessa maneira, as elevadas taxas térmicas detectadas neste setor experimental se devem exclusivamente aos controles climáticos de ordem natural. Levanta-se a hipótese de que o grande montante de liberação do calor latente do oceano seja um fator para a configuração térmica da área.



## **PONTO 5- BEIRA-MAR**

O ponto se localiza no calçadão da Avenida Beira-Mar, orla marítima turística de Fortaleza, de frente ao Clube do Náutico próximo à famosa “Feirinha da Beira-Mar”, grande corredor de pedestres (Figura 32).

O local de obtenção dos dados está a aproximadamente a 70 metros do oceano, em uma calçada revestida por cerâmicas de cores vermelha e branca, onde existe um razoável número de árvores de porte médio arbóreo, representado por castanholas e coqueiros. Ressalta-se que essa vegetação não provoca nenhum sombreamento na área de coleta das variáveis meteorológicas.

Quanto às edificações deste setor, destacam-se aglomerações com mais de 15 pavimentos nos quadrantes leste, oeste e sul do ponto, porém, não há nenhuma influência na disposição dos ventos no local da coleta. O edifício do Náutico, prédio mais próximo do local, composto por dois pavimentos, não influencia na porosidade dos ventos. Entretanto, na área do entorno do ponto no quadrante leste e norte encontram-se equipamentos, como quiosques, restaurantes e barracas que interferem no fluxo aerolar local.

A carta dos padrões de ocupação do solo (Figura 33) mostra que a massa edificada ocupa mais da metade da área no entorno do ponto experimental com o valor de 55%. Dessa porcentagem, 30% corresponde a edificações de até 3 pavimentos. A verticalização no setor representa 8,1%, sendo que desse valor 4% são de edifícios de até 5 andares. O recurso hídrico constituído pelo oceano apresentou 23,8% do total da área considerada pela análise. A vegetação foi reduzida no setor com apenas 7,23% de ocupação, já a faixa de praia representada pela categoria outros usos indicou 19,8% de ocupação. A umidade do ar foi elevada para esse ponto experimental da pesquisa, condição essa garantida pela proximidade do oceano.



## **PONTO 6- CENTRO (Praça José de Alencar)**

O ponto de coleta se localiza na segunda maior praça do Centro com 21.000m<sup>2</sup> de área (FORTALEZA, 2000) de frente aos prédios do IPHAN e do Teatro José de Alencar a uma distância de 20 metros (Figura 34). O posto foi instalado em uma área plana e aberta na calçada da praça, sendo essa constituída por pedra portuguesa em cores branca e vermelha. As vias que circundam a praça são formadas de calçamento em paralelepípedo.

A praça é uma das mais arborizadas do Centro com um bosque constituído por 43 árvores de estrato arbóreo de origem antrópica, destacando-se o tamarindo e o oiti. Não há nenhum recurso hídrico, nem mesmo fonte artificial de água na praça. O fluxo de pessoas no local é intenso durante o período de 9 as 18 horas nos dias da semana, além do sábado.

A carta dos padrões de ocupação do solo (Figura 35) deixa claro que a massa edificada predomina na área ocupando 74,61%, desse valor 71,13% representa edificações com menos de 3 pavimentos, 2,6% entre 3 e 5 pavimentos e apenas 0,88% na categoria de 6 a 10 pavimentos. Esse tipo de ocupação é responsável, em parte, pelas elevadas taxas térmicas encontradas na área durante a realização dos experimentos.

As vias da área são constituídas apenas por asfalto e ocupam 9,43% do espaço. A vegetação representa 11,1% do setor, sendo do tipo arbóreo e não contribui para o aumento da umidade do ar no ponto de coleta. O terreno da praça constitui a categoria de outros usos na carta correspondendo 4,86% da área.



## **PONTO 7- FÁTIMA**

O ponto está inserido na esquina do cruzamento das ruas Monsenhor Otávio de Castro com Coronel Pergentino Ferreira no Bairro de Fátima, área de função residencial de classe média de Fortaleza (Figura 36). De forma geral este setor da pesquisa caracteriza-se por edificações térreas, intercaladas por prédios que variam de 3 a 15 pavimentos. A vegetação é presente nas vias de forma pontual e reduzida. As vias são todas asfaltadas e a dinâmica urbana é expressa nos corredores das principais vias arteriais da cidade, como a Avenida Aguanambi e 13 de Maio, um dos pólos de elevado tráfego de veículos da cidade.

O ponto experimental se dispõe de frente a uma loja de material de construção em uma área plana e aberta sobre uma calçada de cimento. Há no local duas castanholas provocadoras de um sombreamento, sendo que a tomada dos dados não ocorreu em sombra. A disposição das edificações na área próxima do ponto pouco modifica o fluxo predominante do ar, que é de sudeste, no entanto este às vezes é canalizado no sentido sul pela massa edificada que compõem a Rua Monsenhor Otávio de Castro.

A carta dos padrões de ocupação do solo (Figura 37) define que o setor de edificações representa 74,1% da área, sendo predominante edificações com menos de 3 pavimentos com 71,2%, seguido da categoria de 3 a 5 pavimentos com 1%. Os edifícios acima de 6 até 20 pavimentos somam um total de apenas 1,9% da área. As vias são todas de asfalto e correspondem a 16,8% do setor. A vegetação é do tipo arbóreo e possui 9,2% da representação da área. Apesar de todo um cenário de favorecimento para o aumento da temperatura do ar no ponto experimental da pesquisa, isso não ocorreu de modo freqüente e intenso, pois foi verificado pelos experimentos que neste ponto da pesquisa ocorreram uma das maiores freqüências de ilhas de frescor.



## **PONTO 8- BARRA DO CEARÁ**

O ponto experimental está localizado na Avenida I do Conjunto Nova Assunção no bairro da Barra do Ceará, fixado numa praça<sup>16</sup> de estrutura mediana de frente a Escola Hilza Diogo de Oliveira e ao Hospital Distrital Gonzaguinha da Barra (Figura 38). De modo geral a área pode ser definida pela função urbana residencial, onde é ausente edifícios com mais de dois pavimentos, o que condiciona a alta porosidade aos ventos. As vias na sua maioria não são asfaltadas, sendo o fluxo de veículos baixo. A vegetação se categoriza em nível médio do tipo arbóreo e há a presença de espaços livres na área, o mesmo não ocorre com recursos hídricos, contudo em uma distância não muito longa do ponto de coleta encontra-se a zona estuarina do Rio Ceará.

O primeiro experimento da pesquisa aconteceu no período da reforma da praça, onde a mesma estava sobre um substrato de areia, já no segundo experimento a praça se encontrava com a obra concluída, sendo que a mensuração das variáveis climáticas foi obtida neste momento em uma superfície plana de pedra portuguesa de formato quadricular de cores claras e cimento.

A carta dos padrões de ocupação do solo (Figura 39) exibe que a edificação é predominante na área, ocupando 59,24%, desse valor 48,43% corresponde a residências de até dois pavimentos e 10,6% as vias com asfalto. A vegetação representa um total de 29,49% do setor, sendo 14,49% de área ocupada por vegetação do tipo arbóreo e 15% de gramíneas.

A categoria de outros usos da carta corresponde a 11,27% da área, desses usos predomina espaços destinados à prática de futebol. A relativa quantidade de vegetação neste setor do experimento, somada às áreas livres contribuíram para que esse ponto apresentasse temperaturas amenas, apesar de se ter registrado uma grande freqüência de ilhas de calor no período diurno para esse ponto da pesquisa.

---

<sup>16</sup> A praça estava em reforma durante a realização do Experimento I, encontrando-se já reformada durante o Experimento II. Na praça foi construída a maior imagem sacra da cidade, a padroeira de Fortaleza Nossa Senhora da Assunção. Segundo moradores há uma proposta da prefeitura em inserir o local na rota turística do município.



## **PONTO 9- HENRIQUE JORGE**

O setor experimental se encontra na Avenida Senador Fernandes Távora, nº 1.555 em frente a uma loja de autopeças, próximo a Avenida Perimetral no bairro Henrique Jorge, quadrante oeste de Fortaleza (Figura 40). A área se caracteriza por sua função residencial e concentra comércio e serviços na avenida onde se instalou o ponto, importante via de acesso para os terminais urbanos do Antônio Bezerra, Lagoa e Parangaba, logo geradora de tráfego considerável.

As edificações térreas são predominantes, apesar de existir de forma pontual prédios de até dois pavimentos, isso categoriza a área com espaçamento bastante elevado e consequentemente com elevada porosidade ao fluxo dos ventos. A coleta dos elementos meteorológicos ocorreu na calçada de uma loja de auto-peças, a uma distância de 8 metros da mesma. No local da coleta a vegetação é ausente e o fluxo de pessoas é de categoria média.

A carta dos padrões de ocupação urbana (Figura 41) mostra que a área edificada representa 80,22% do setor, sendo 68,8% somente para edificação, 8,16% para via asfáltica e 2,26% para via sem asfalto. Os recursos hídricos são ausentes e a vegetação cobre um espaço de 15,89% para estrato arbóreo e 4% para as gramíneas. A grande concentração de massa edificada associada a pouca vegetação favoreceram condições de elevadas temperaturas do ar neste ponto do experimento. A maior freqüência e intensidade das ilhas de calor ocorreram nessa área. A massa edificada predominante do tipo homogênea foi um fator determinante nas configurações térmicas desse setor da pesquisa.



## **PONTO 10- DAMAS**

Localizado na Avenida João Pessoa, nº 5.387 no bairro Damas, próximo ao IMPARH, no quadrante centro norte da cidade (Figura 42). Essa avenida possui um dos maiores volumes de tráfego de Fortaleza, sendo um importante corredor de transporte coletivo interligador dos terminais do Centro, Parangaba e Lagoa. O fluxo de transporte, e também de pessoas, deve-se em parte a localização de grandes Centros Educacionais como o Campus do Benfica/ UFC e o IMPARH.

A área se caracteriza pela sua função residencial, comercial e institucional. A vegetação no ponto de coleta é ausente, sendo a Avenida desprovida de canteiros e a arborização existente é pontual e espessa. A permeabilidade do terreno é baixa, entretanto, próximo à área, existe um pequeno lago e um riacho, pertencendo à rede de drenagem do riacho Tauape.

A edificação predominante é do tipo térreo, sendo a verticalização ausente, o que implica em alturas relativas baixas e porosidade ao fluxo do ar elevada. Dessa forma, o local de coleta está livre de barreira edificada a passagem dos ventos predominantes. O ponto de mensuração está inserido na margem esquerda da avenida, em uma área plana de uma calçada residencial construída de cimento a 1 metro de distância da mesma.

Na carta dos padrões de ocupação do solo urbano (Figura 43) a edificação predomina com 67,48% da área, já o asfalto ocupa 13,16%. A vegetação representa 15,9%, sendo 10,3% do tipo arbóreo. Já os recursos hídricos ocupam uma pequena porcentagem de 1,05%. O ponto experimental do Damas foi onde se registrou as maiores temperaturas do ar e consequentemente as mais reduzidas taxas de umidade da pesquisa. Esse quadro resultou nas mais intensas ilhas de calor da cidade. Assim como no ponto do Henrique Jorge a grande porcentagem da edificação do tipo homogênea foi a responsável pelas condições térmicas encontradas nesse ambiente.



## **PONTO 11- MONDUBIM**

O ponto experimental localiza-se na Rua B, nº 1.208, no Loteamento Parque Montenegro, no bairro Mondubim, setor sudoeste da cidade (Figura 44). O ponto de coleta fica a três quadras da Avenida dos Expedicionários, uma das principais vias do município, de frente ao Conjunto Prefeito José Walter. A área se caracteriza pela sua expansão urbana, é um grande “canteiro de obras”.

A vegetação da área é marcada pelo tipo herbáceo havendo também vegetação de estrato arbóreo. A permeabilidade do setor é elevada, já que não há presença de asfalto nas vias do conjunto. A edificação com mais de dois pavimentos é ausente, o que garante uma alta taxa de porosidade aos ventos. O espaçamento e as alturas relativas das edificações também intensificam esse processo. A coleta das variáveis ocorreu em uma calçada plana constituída de blocos de mármore a 1,5m da Rua B de frente a uma residência. A vegetação no local de mensuração das variáveis meteorológicas é ausente, já na rua ela se encontra de forma pontual.

A carta dos padrões de ocupação do solo urbano (Figura 45) mostra que a vegetação é predominante na área, ocupando 75,58%, sendo 68,29% de gramíneas e somente 7,29% de vegetação arbórea. As edificações representam 10%, já o asfalto 6,53% e as vias calçamentadas 7,34%. Este setor da pesquisa é o segundo maior em quantidade de vegetação, fato esse que explica as elevadas taxas de umidade do ar registradas durante a realização dos experimentos, porém, as taxas foram bastante inferiores quando comparadas ao ponto do Cocó, representante das áreas da pesquisa de maior quantidade vegetacional, mas talvez o que determinou os reduzidos valores de umidade quando comparado com esse ponto foi o fato do porte da vegetação ser predominantemente herbáceo no Mondubim e arbóreo no Cocó.



## **PONTO 12- ALTO ALEGRE**

A área experimental está localizada no conjunto residencial Fernando de Noronha em um local conhecido pelos populares de Alto Alegre no bairro da Messejana, zona sul de Fortaleza (Figura 46). O setor de coleta se caracteriza por sua função residencial e pela presença de um elevado índice vegetacional, sendo encontrada vegetação do tipo ribeirinha/lacustre em associação com vegetação antrópica. A topografia do terreno é suave ondulado com áreas rebaixadas por conta da rede de drenagem da área. Por volta de 250 metros do ponto experimental há presença de um pequeno córrego, o qual se interliga a um riacho que deságua na lagoa da Messejana.

Quanto à área construída, essa possui alturas relativas baixas, o que permite uma grande porosidade a passagem dos ventos. As edificações no setor não ultrapassam os dois pavimentos. A mensuração aconteceu em uma área de suave declive sobre uma calçada constituída de cimento distante a 1 metro de uma via sem asfalto.

A carta dos padrões de ocupação do solo urbano (Figura 47) retrata que a vegetação predomina na área com 55,2%, sendo 41,07% do tipo herbácea. A massa edificada da área equivale a 41,13%, desse valor 24,12% corresponde a casas populares com até dois pavimentos e 17,01% representa as vias de calçamento. Os recursos hídricos no setor ocupam 3,67% da área. As condições de alta permeabilidade do solo associado ao elevado índice de ocupação por vegetação favoreceram a formação de um gradiente térmico de médio a baixo quando comparado aos outros pontos do experimento da pesquisa.



### 6.3- Trabalho de campo

Considerando a cidade como um todo por meio de pontos experimentais, concebida pela escala mesoclimática houve a realização de dois experimentos com perfis de 24 horas (7 às 6 horas) de episódios simultâneos e regimes sazonais diferenciados em um contexto intra-anual. O primeiro realizado no outono austral, período da quadra chuvosa na região, nos dias 04 e 05/05/2007 e o segundo na primavera, período da quadra seca, nos dias 09 e 10/11/2007. Salienta-se o fato de que a coleta das variáveis ocorreu num nível linear, não sendo possível o registro numa escala vertical<sup>17</sup>.

O trabalho de campo só foi possível graças à ajuda voluntária de dezenas de observadores. Foram eles: estudantes do curso de Geografia, integrantes do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos/UFC; estudantes do curso de Geografia das disciplinas Climatologia e Climatologia Dinâmica dos semestres 2007.1 e 2; estudantes da Pós-Graduação em Geografia/UFC, além de amigos que em grupo divididos nos períodos manhã, tarde, noite e madrugada realizaram com muito desempenho a difícil e a inédita tarefa em Fortaleza, bem como para todo o nordeste e norte brasileiro de pesquisar o clima urbano em um tempo de 24 horas ininterruptas e de forma simultânea em doze pontos experimentais pela cidade. Cabe destacar que são poucos os trabalhos de climatologia urbana realizadas nas cidades brasileiras que adentram a cidade para a mensuração das variáveis meteorológicas em perfis de 24 horas, muitos só realizam mensurações em horários estabelecidos pela OMM (9, 15 e 21 hora local) ou por meio de transecções móveis.

Apesar da existência do perigo que era realizar os trabalhos de campo em uma das cidades mais violentas do Brasil, alguns procedimentos foram providenciados, como a instalação dos pontos experimentais de frente a casa de observadores, isso ocorreu para os pontos da Lagoa da Sapiranga, Fátima, Henrique Jorge, Damas, Mondubim e Alto Alegre, já no restante das áreas amostrais onde não foi possível realizar esse procedimento foi determinado que os pontos fossem instalados próximos a algum prédio/ equipamento público ou particular provido de segurança, isso aconteceu para a instalação dos pontos da Barra do

---

<sup>17</sup> Este tipo de registro ainda não é uma realidade nos estudos de clima urbano do país. São poucos os exemplos de mensuração a nível vertical no Brasil. Um exemplo seria a cidade de Florianópolis por meio de aparelhagem simples (MONTEIRO & SEZERINO, 1990).

Ceará, Cocó, Aldeota, Beira-Mar e Sabiaguaba, para a área onde se instalaria o ponto 6 no Centro- Praça José de Alencar foi providenciado segurança particular.

### 6.3.1- Instrumentos de campo

A coleta dos dados nos pontos experimentais da pesquisa aconteceu pelo uso dos seguintes materiais:

- dez psicrômetros giratórios de funda da Meteoros Instrumentos (fabricante nacional);
- duas tabelas com a Escala Beaufort;
- duas tabelas psicrométricas;
- duas tabelas com a indicação da simbologia da nebulosidade;
- duas tabelas com classificação de nuvens;
- duas estações microclimáticas não-fixas instaladas nos pontos<sup>18</sup> 1 e 6 (Lagoa da Sapiranga e Centro, respectivamente) composta cada uma de :
  - ✓ um anemômetro portátil de quatro conchas do tipo mecânico da Meteoros Instrumentos (fabricante nacional);
  - ✓ um poste de madeira, para sustentação do anemômetro, de 1,75 m com um corpo de 10 x10 de largura e uma base com superfície de 30 x 30, fixado sobre uma cruzeta (fabricação própria);
  - ✓ uma fita (nº 1), com 20 cm de comprimento, fixada na haste do anemômetro para indicação da direção do vento;
  - ✓ uma bússola, para o auxílio na determinação da variável direção do vento;
  - ✓ um sensor datalogger (termohigrômetro digital) marca HOBO H8 da ANSET Computer Corporation;
  - ✓ proteção (solar radiation shield) para abrigo do sensor, da ANSET Computer Corporation.

Esses dois últimos aparelhos foram gentilmente emprestados pelo LERCA/CEFET-CE na pessoa do seu coordenador, Profº Drº. Adeildo Cabral Silva. Destaca-se o fato de que no primeiro experimento (04 e 05/05/2007) o sensor apresentou problemas de armazenagem dos dados entre os horários de 7 às 16 horas, exibindo valores não condizentes à realidade das áreas (Lagoa da Sapiranga

---

<sup>18</sup> Esses pontos são os referentes às áreas experimentais do relatório de monografia de Moura (2006), o que muda para o presente trabalho é a aparelhagem para se obter a temperatura e umidade do ar, nessa pesquisa é digital (sensores) e naquele trabalho manual (psicrômetros giratórios).

e Centro) e nem dos horários mensurados. Apesar disso, foi possível se utilizar das variáveis armazenadas no aparelho a partir das 17h.

Levantou-se a hipótese de que o problema estivesse relacionado à falta de uma proteção adequada ao sensor, sendo assim foi providenciada pelo LERCA a compra desse recurso. Logo, foi possível obter bons resultados de calibragem entre o termohigrômetro sem proteção com o de proteção e com os psicrômetros giratórios utilizados nos outros dez pontos experimentais da pesquisa. Desse modo, foi possível utilizar o sensor no segundo experimento (09 e 10/11/2007), garantindo sucesso nas mensurações. A figura 48 apresenta um esquema dos materiais utilizados em campo.

#### **6.3.2- Procedimentos técnicos de campo**

Quanto aos experimentos, houve uniformidade dos materiais e uma padronização e simultaneidade dos registros, sendo os experimentos realizados durante a semana (sexta e início do sábado). Reuniões e encontros com os voluntários foram necessários para expor os objetivos do trabalho e o manuseio dos aparelhos e técnicas de obtenção dos elementos meteorológicos e aqueles de natureza urbana.

Oito variáveis foram obtidas com leituras horárias em um perfil de 24 horas. As variáveis são: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, nebulosidade, tipologia de nuvens, fluxo de veículos e pessoas, além da aplicação de duas escalas de conforto térmico.

Obteve-se a temperatura do ar de dois modos. O primeiro através do registro automático do sensor (houve o cuidado de programar os registros em seqüência de uma hora) utilizado nos pontos 1 e 6 (Lagoa da Sapiranga e Centro). O segundo modo à mensuração ocorreu por meio da leitura do bulbo seco do psicrômetro. A leitura psicrométrica dada pela diferença entre os termômetros de bulbo seco e úmido ocorreu girando o aparelho por um minuto seguido de mais dois minutos aguardados em sombra, antes da leitura, técnica essa necessária para a tomada da umidade do ar.



### 6.3- Trabalho de campo

Com os valores da temperatura e umidade do ar, foi possível determinar as escalas de conforto, a temperatura efetiva e o conforto humano do INMET, sendo essas escalas de conforto térmico do tipo fisiológico. Salienta-se que não foi possível englobar a variável vento, elemento essencial na definição do conforto térmico urbano por conta dessa variável a ser obtida, para a maioria dos pontos amostrais, na forma de categorias estabelecida pela Escala Beaufort e não em valores reais coletados por aparelhagem específica, além do que a climatologia urbana não dispõe de escalas que considerem o elemento vento, isso pelo menos na bibliografia explorada nesta pesquisa.

Na escala da temperatura efetiva (Te) utilizou-se uma fórmula desenvolvida por Thom no final da década de 1950 e apresentada por Ayoade (1996: 65):

$$Te = 0,4 \times (Td + Tw) + 4,8 \text{ onde, } Td \text{ e } Tw \text{ são as temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido medidos em } ^\circ\text{C, respectivamente.}$$

A faixa de conforto dessa escala está no intervalo de 18,9°C e 25,6°C, sendo que os valores abaixo de 18,9°C e acima de 25,6°C são considerados, respectivamente, faixas de *estresse* ao frio e ao calor. Apesar de estabelecida essa faixa de conforto, esta pesquisa considerou a zona de Malhotra (AYOADE, 1995: 66), onde a Te varia de 21°C a 26°C, modificação essa aplicada na Índia.

Tal decisão se deveu pela faixa estabelecida por Thom não ter sido testada em áreas tropicais de clima quente e úmido, antes de sua divulgação, além do que alguns valores detectados por Moura (2006: 147-150) levantarem questionamentos quanto ao enquadramento na faixa de *estresse* ao calor. Por essas questões e pelas condições climáticas da Índia se aproximar em mais da realidade das condições meteorológicas de Fortaleza do que aquelas dos países europeus é que foi adotada a zona de conforto de Malhotra neste trabalho.

A outra escala considerada nesta pesquisa é o índice do conforto humano obtido através do Diagrama do Conforto Humano, fornecido pelo INMET (Figura 49). Nesse a temperatura do bulbo seco aparece na ordenada e umidade relativa do ar na abscissa, que por cruzamento define três zonas de conforto, sendo a velocidade do vento o elemento limitante para o condicionamento ao conforto térmico.



Figura 49- Diagrama do Conforto Humano- INMET

Fonte: INMET (2006)

A anemometria do trabalho foi determinada com auxílio da Escala Beaufort, onde se estimou a velocidade do vento em m/s e sua direção. Aplicou-se esse recurso técnico nos pontos onde não foi possível a presença de uma aparelhagem adequada, ou seja, em todos os pontos experimentais exceto nos pontos 1 e 6 (Lagoa da Sapiranga e Centro), pois nesses pontos a mensuração da velocidade do vento em m/s e da direção do movimento do ar aconteceu pelo uso de um anemômetro. Para a primeira variável, foi adotado um intervalo de um minuto para anotação do menor e maior valor no visor do anemômetro, considerando aquele valor de maior insistência dentro desse intervalo de tempo. Na ausência de um sensor adequado, a direção do vento foi registrada com o uso de uma fita fixada na haste do anemômetro, que juntamente com auxílio da bússola indicou esse elemento.

O anemômetro ficou a uma altura de 1,75m, correspondendo ao nível de influência sobre as pessoas evitando também o atrito do vento com a superfície. A classificação final da intensidade dos ventos foi baseada na Escala de Beaufort. A visibilidade do céu foi mensurada em oitavos, baseando-se na simbologia da nebulosidade de Vianello & Alves (1996). A tipologia das nuvens foi determinada com o auxílio de uma tabela fornecida pelo INMET. A tomada dos elementos de natureza urbana, fluxo de veículos e pedestres ocorreu pela contagem em um intervalo de tempo de um minuto para cada hora do experimento.

### **6.3.3- Representação dos dados: recursos de análise.**

A presente etapa foi constituída pela obtenção das cartas sinóticas e das imagens dos satélites meteorológicos, pela plotagem das variáveis obtidas em campo em programa computacional de recurso visual espacial, bem como pela construção de quadros que permitissem um melhor apuramento dos dados. Esses recursos de representação foram confeccionados e analisados na perspectiva do ritmo horário dos atributos climáticos.

A verificação da evolução da circulação atmosférica de escala regional ocorreu através da identificação das condições sinóticas e das nefanálises, considerando o dia antecedente ao episódio e a própria data de realização de cada experimento. Para isso se dispôs das Cartas de Pressão ao Nível do Mar do DHN do Ministério da Marinha do Brasil nos horários 12 GMT (9 horas local) e 00 GMT (21 horas local) e das imagens dos satélites meteorológicos de órbita geostacionária GOES-10, no canal visível e infravermelho, fornecido pelo CPTEC/INPE, para cada horário do experimento.

Os dados obtidos em campo foram plotados primeiramente em forma de quadros onde ocorreu a interpretação das variáveis meteorológicas para cada experimento, em seguida houve a verificação desses elementos numa escala espacial ao nível do recorte geográfico da cidade, para esse fim se utilizou o *software Surfer* versão 8.0 que forneceu isolinhas (isotermas, isoígras, linhas de isovelocidade do vento e de isoconforto).

PARTE

III

# O CLIMA URBANO DE FORTELEZA: RITMO CLIMÁTICO, CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS E PLANEJAMENTO.

# O RÍTMO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS URBANOS: ANÁLISE EPISÓDICA

O presente capítulo é destinado à apresentação dos resultados da pesquisa a partir da descrição dos elementos meteorológicos mensurados em campo nos dois experimentos. Primeiramente serão realizadas nefanálises e interpretações das cartas sinóticas da Marinha do Brasil, tanto para o dia que antecede o experimento como para a própria data do campo, a fim de analisar a evolução atmosférica e constatar o condicionamento da circulação regional sobre as variáveis meteorológicas de escala local.

Seguido dessa etapa os experimentos serão averiguados separadamente, em quatro categorias de análise: manhã (7 às 12 horas), tarde (13 às 18 horas), noite (19 às 0 horas) e madrugada (1 às 6 horas), para uma melhor compreensão do ritmo diário dos atributos climáticos obtidos. Será na perspectiva dos constastes intra e inter-urbanos que ocorrerá as investigações sobre o clima urbano de Fortaleza. Em etapa posterior serão estabelecidas comparações das informações dos experimentos a fim de verificar as configurações sazonais da quadra chuvosa da cidade, correspondente ao Experimento I, realizado no outono, e a quadra seca equivalente ao Experimento II, realizado na primavera.

### 7.1- Análise do episódio de outono- Experimento I

#### **A dinâmica atmosférica- dia anterior ao episódio 03/05/2007**

As condições sinóticas de 12 GMT, 9 horas local, (Figura 50a), para o dia anterior do experimento revelaram estabilidade atmosférica para a área de estudo, com repercussão apenas do sistema TA que produziu cumulus de bom tempo, confirmados na imagem meteorológica do GOES. O sistema TA se encontra organizado em dois núcleos de 1020 hPa e 1022 hPa, estando esses centros separados por uma embrionária frente estacionária seguida de duas frias, com atuação no litoral sul e sudeste do país. No nordeste setentrional há fraca repercussão do centro de alta de 1020 hPa.

As imagens meteorológicas geoestacionárias do GOES-10 para 12 GMT, 9 horas local, no canal Infravermelho- IR (Figura 50b) exibem nuvens de topes frios, evidenciadas a partir de sua tonalidade e brilho, indicando desse modo nuvens espessas e baixas atuantes na área da pesquisa, a imagem do visível (Figura 50c) ajuda a determinar o padrão das mesmas em forma circular, levando a classificá-las

como cumulus. Sobre a plataforma continental do estado é detectado nuvens de topos quentes de elevada altitude.

A carta de pressão ao nível do mar para 00 GMT, 21 horas local, (Figura 50d), mostra repercussão da baixa depressionária (EC)<sup>19</sup> com centro de 1008 hPa na região oeste do Ceará, esse sistema ganhou grande expansão em doze horas de atividade. Os sistemas anticiclônicos se expandem mais ainda para o interior do continente, agora com maior atuação das frentes frias e da estacionária, sendo que o litoral leste do nordeste também é atingido por esses processos sinóticos. Tendo como base a carta (Figura 50d) fica constatado que a área de estudo apenas sofre com uma fraca repercussão do sistema de baixa, o que não provocou atividade convectiva sobre Fortaleza.

A imagem meteorológica do IR (Figura 50e) para o mesmo horário da carta exibe nuvens de intenso brilho, provavelmente cumulus e stratocumulus, de organização grupal em padrão circular, características pertencentes a essas nuvens. Tal situação de instabilidade é oriunda da baixa equatorial, EC, já evidenciada pela carta da marinha e atinge os territórios do Maranhão e Piauí e oeste do Ceará. Na região de interesse do trabalho, o céu está coberto por nuvens de topes quentes de média e baixa altitude.

#### **A dinâmica atmosférica- dia do episódio 04 e 05/05/2007**

A carta sinótica para as 9h (Figura 51a) apresenta um sistema de instabilidade de nível mesoescalar com expansão para a região da pesquisa, entretanto só há fraca repercussão do mesmo, com ventos de 5 nós (2 m/s) de direção sul e nebulosidade com taxas de 6/8, indicadas pela aleta. O sistema TA diferente do dia anterior não repercute na área, já a ZCIT aparece um pouco abaixo da linha do equador em torno de 2° de LAT, com intensidade baixa a média no Atlântico, possivelmente existindo uma associação desse sistema com a linha de instabilidade formada na costa cearense.

A imagem do GOES-10 no canal infravermelho, para o mesmo horário (Figura 51b), evidencia um conjunto de nuvens em forma de linha, de elevado teor de brilho que é associado aos seus topes frios, o que leva a categorizá-las como nuvens espessas. Esse sistema de característica convectiva se delineia de acordo com o

---

<sup>19</sup> Equatorial Continental (EC): sistema convectivo, formador da massa Equatorial Continental atuante na Região Norte e no Nordeste Setentrional no período do verão e outono, quadra chuvosa, quando em associação com a ZCIT provoca grande instabilidade atmosférica na região.

contorno geográfico da costa do nordeste setentrional, cogita-se a possibilidade do sistema ser uma linha de instabilidade provocada pela associação com as linhas de convergência da ZCIT, o que permite o desenvolvimento de cumulus como foi registrado nas mensurações em campo. Tal associação é nítida quando se observa a imagem global para as 9 horas local (Figura 52a), bem como a associação de diferenças no gradiente térmico oceano-superfície provocando assim a formação de uma frente de brisa ou mesofrente, a partir do limite do ar quente e frio. Sobre esse processo atmosférico, a bibliografia expõe:

[...] essas linhas de convergência são fluxos atmosféricos opostos, próximos à superfície da terra, que ao se encontrarem ocasionam o levantamento da umidade do ar, formação de convecção e, consequentemente, de nuvens que pode precipitar. (TEXEIRA, 2004).

A frente de brisa forma-se ao longo do limite do ar quente e do ar frio. Várias nuvens cumuliformes formam-se ao longo dessa frente, em forma de linha. As diferentes curvaturas da linha costeira causam áreas de convergência e divergência nessas frentes de brisa. Isso conduz ao crescimento da atividade convectiva quando há uma convergência. (FERREIRA, 2006: 123)

Dessa forma, esse sistema de instabilidade está em formação, ainda não repercutindo de forma direta em Fortaleza como mostra a imagem do visível às 9 horas (Figura 51c), com nuvens de textura suave de média a baixa altitude, provavelmente cumulus indicadora, neste caso, de estabilidade como foi registrado nas primeiras horas de realização do experimento. Pode acontecer como visto por Texeira (2004) em um trabalho de detecção desse sistema atmosférico para 11 de março de 2004, que não há um maior desenvolvimento de nuvens, nesse período do dia em virtude do aquecimento continental diurno ainda não ter alcançado seu máximo, algo que aconteceria mais tarde, como foi registrado. Salienta-se que é necessário uma diferença térmica oceano-superfície por volta de 4°C para ocorrer o desenvolvimento de uma mesofrente. (DUBREUIL, 2004).

A figura 53 exibe a evolução horária da dinâmica atmosférica para o dia do experimento. As imagens mostram que no período da manhã o sistema de instabilidade está em formação, sendo mais nítida sua configuração ao contorno da costa entre as 10 e 12 horas, período esse também em que o sistema mais se aproxima da região da pesquisa.

No período vespertino o sistema de instabilidade deixa seu formato curvilíneo e ganha forma de linha. Nota-se o início de sua penetração com sentido sudeste no continente, primeiramente no território potiguar. No final da tarde já é nítida sua participação no extremo leste do Ceará, com nuvens densas e espessas.

À noite há uma maior participação do sistema no continente. Às 19h nota-se o início de sua dissipação munida de convecção, às 21h é confirmado esse processo com um agrupamento celular de nuvens espessas com camadas estratificadas, possivelmente stratocumulus provenientes de um abordado desenvolvimento vertical de cumulus. Entre as 20 e 22 horas se registra precipitação de 12 mm (total acumulado pela Estação do PICI), sendo que em todos os pontos experimentais da pesquisa foi observado o evento pluviométrico.

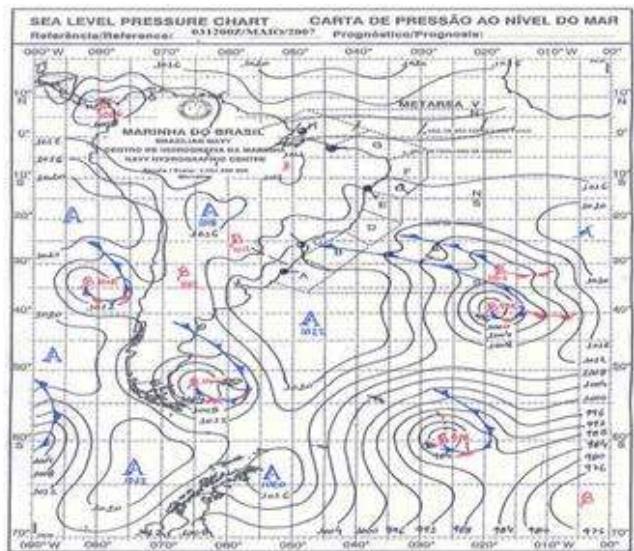
A carta de pressão 00 GMT, 21 horas local (Figura 51d), exibe condições de instabilidade com 8/8 de nebulosidade, ventos fracos em torno de 2 nós de direção sudeste. O sistema de instabilidade continua atuante na área da pesquisa. Ocorre a dissipação de um dos centros de alta, que já se encontrava desassociado na carta de 12 GMT, 9 horas local, sendo que o centro de 1026 hPa aumenta sua repercussão no continente, inclusive na costa nordestina. Uma frente fria ganha maior atividade e organização, porém, nota-se uma pequena retração desse sistema no continente.

A imagem IR para esse mesmo horário (Figura 51e) confirma novamente que o sistema de instabilidade não apresenta mais um padrão linear ou curvilíneo obedecendo o contorno do continente, mas sim um padrão circular convectivo em plena expansão que trouxe precipitação para a área de estudo e provocou elevadas taxas de nebulosidade oriundas de nuvens espessas e baixas.

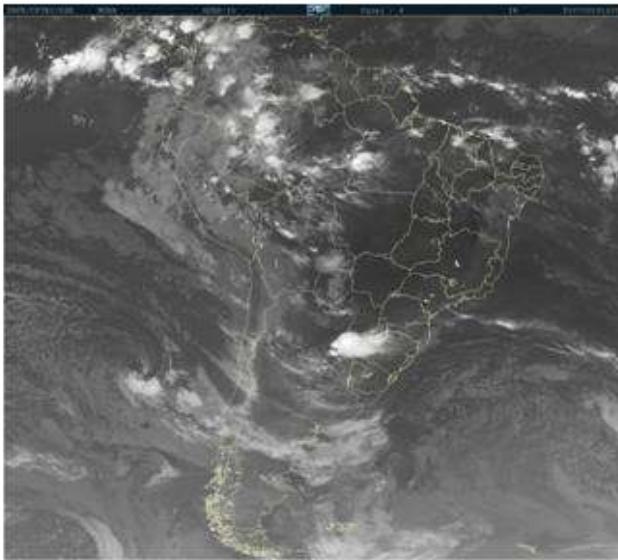
Ao analisar a figura 52b, fica nítido que o sistema de instabilidade atuante na área da pesquisa não se associa somente com as linhas de convergência da ZCIT, nesse horário, mas a outro sistema oriundo do Atlântico Sul. Cogita-se a possibilidade desse sistema ser a frente fria detectada na carta de pressão, que embora pronunciada com baixa intensidade e pouca repercussão no continente, provocou rajadas impulsionando o sistema de instabilidade.

Durante o período da madrugada notou-se a dissipação do sistema sobre o oceano, fato que ocorreu a partir das 3h (Figura 53). O sistema não chega a adentrar no território cearense, porém sua presença foi marcante na cidade de Fortaleza. Dessa forma, houve condicionamentos dos atributos climáticos coletados nas diferentes realidades urbanas da cidade pelos sistemas atmosféricos de escala regional e global.

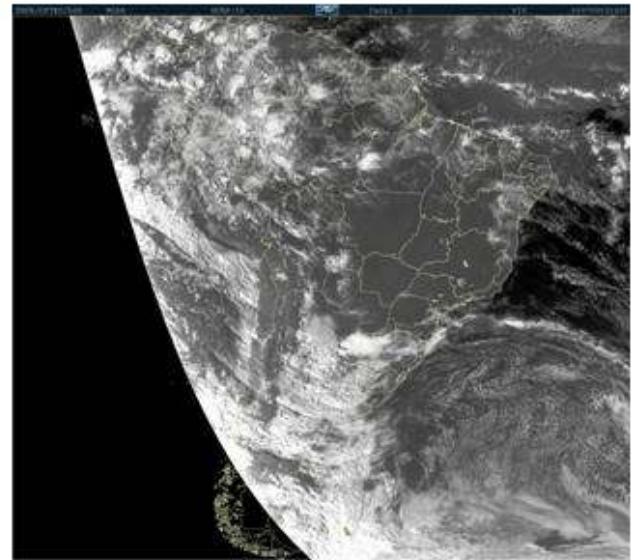
Figura 50- Dinâmica atmosférica do experimento I : dia anterior ao episódio 03/05/2007; 9 h (a,b,c) e 21 h (d,e).



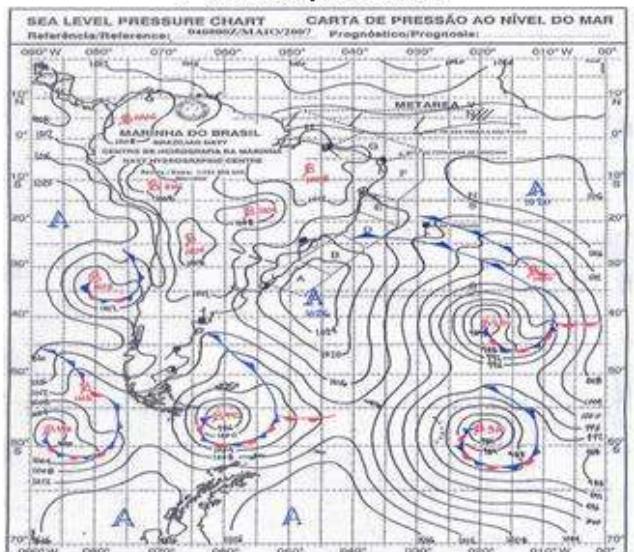
a- carta de pressão 9h



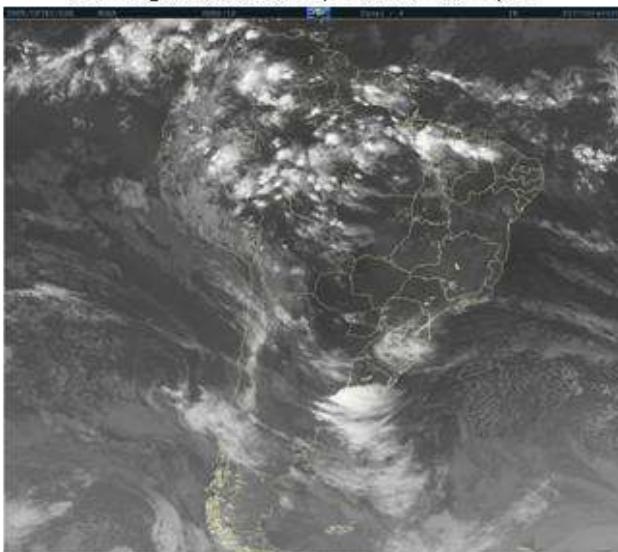
b- Imagem GOES IR (infravermelho) 9h



c- Imagem GOES VIS (visível) 9h

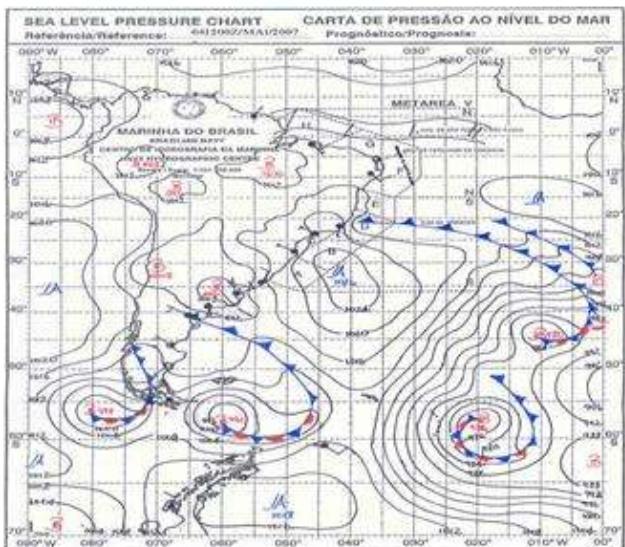


d- carta de pressão 21h

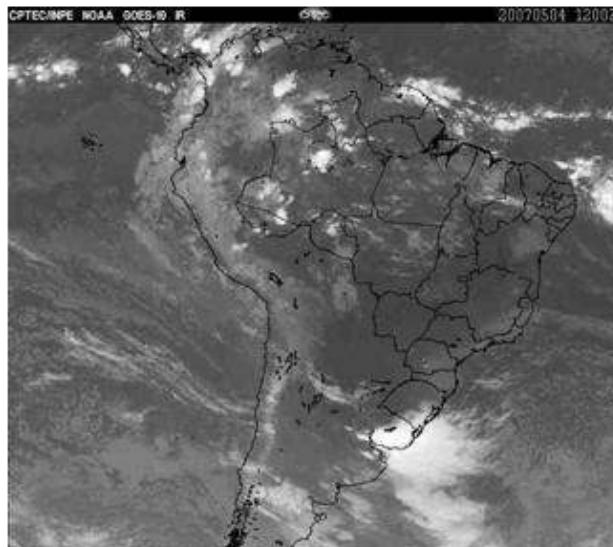


e- Imagem GOES IR (infravermelho) 21h

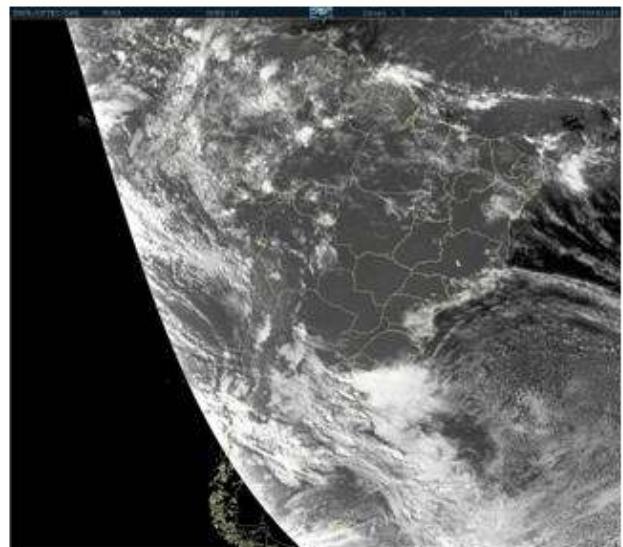
Figura 51- Dinâmica atmosférica do experimento I : dia do episódio 04 e /05/2007; 9 h (a,b,c) e 21 h (d,e).



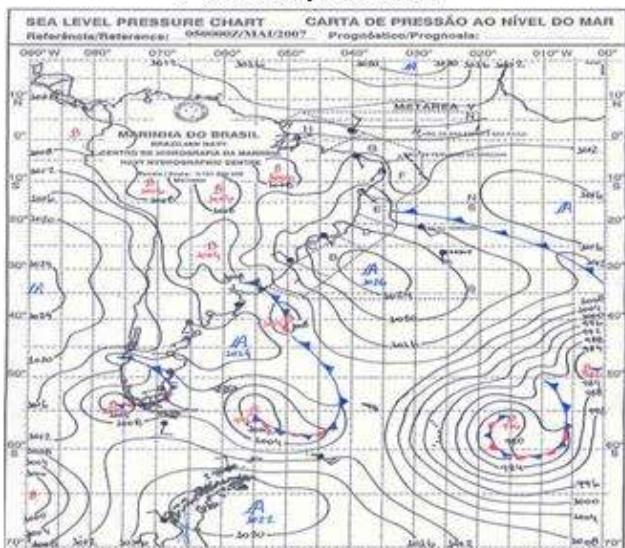
### a- carta de pressão 9h



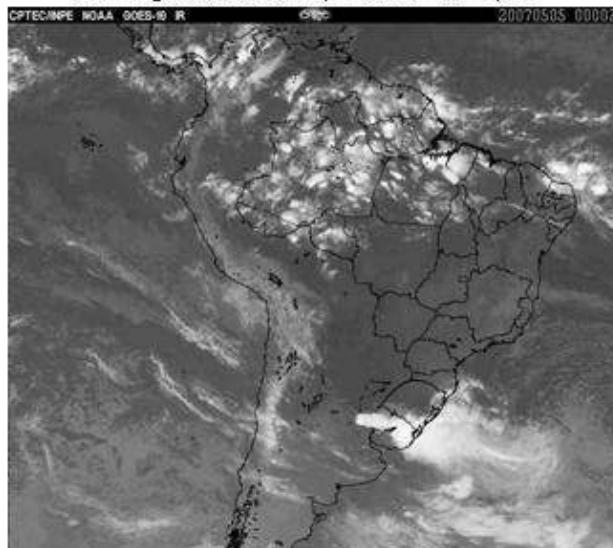
**b- Imagem GOES IR (infravermelho) 9h**



c- Imagem GOES VIS (visível) 9h



d- carta de pressão 21h



e- Imagem GOES IR (infravermelho) 21h

Figura 52- Evolução escalar da dinâmica atmosférica do experimento I

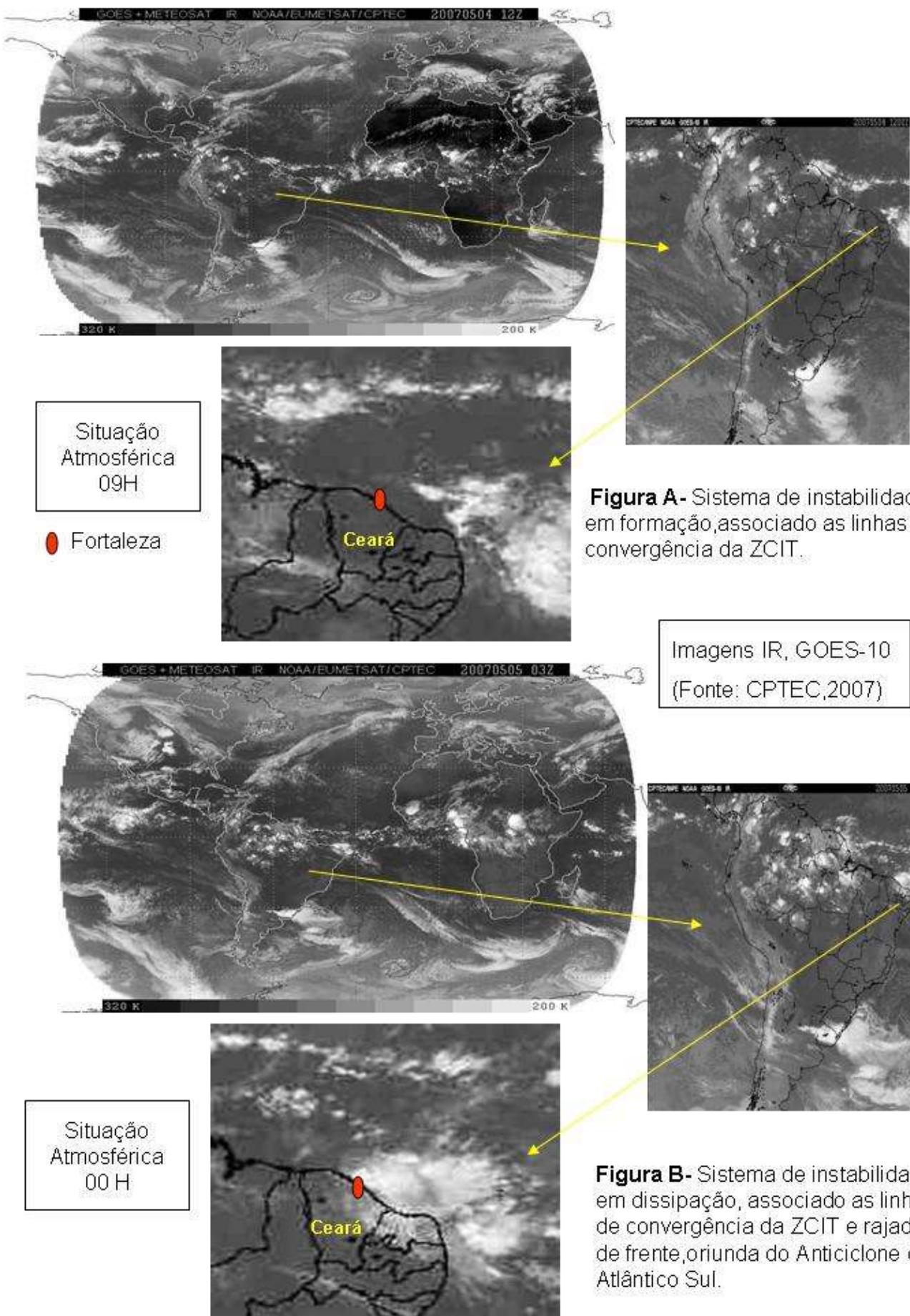
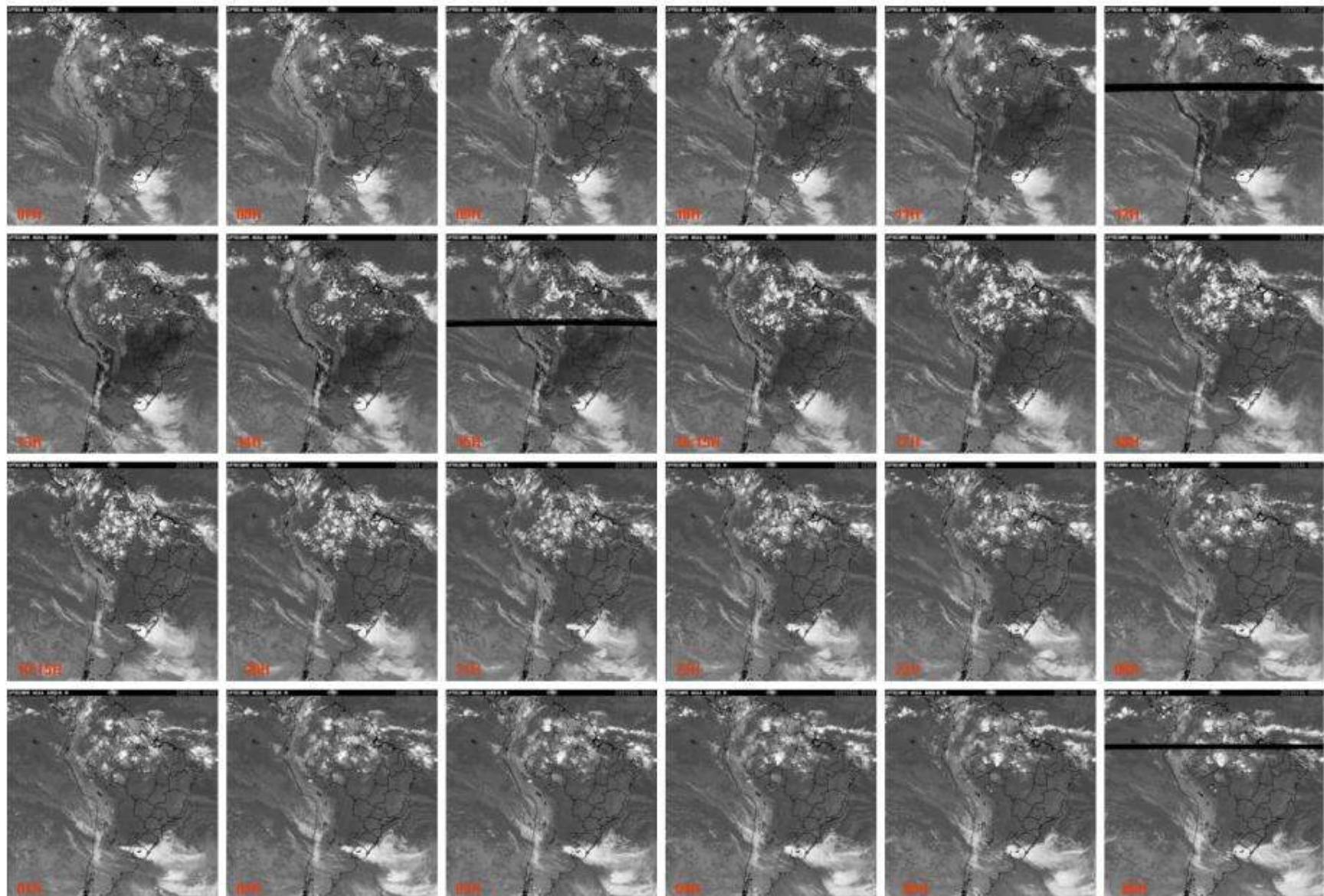


Figura 53- Evolução horária da dinâmica atmosférica do experimento I- dia 04 e 05/05/2007 Imagens IR GOES -10

9



Fonte: CPTEC, 2007.

## O comportamento dos atributos climáticos- Experimento I

### Período manhã (7 às 12 horas)

As primeiras horas<sup>20</sup> do experimento evidenciaram elevados contrastes térmicos e higrométricos nos espaços inter e intra-urbano. No horário das 7 e 8 horas as temperaturas variaram em uma ordem de 24 °C até, como mostra o quadro desse elemento (Quadro 17A). Os pontos da Sabiaguaba, Henrique Jorge e Damas exibiram os maiores valores térmicos para o período da manhã, sendo os valores extremos de 32,5°C às 11 e 12 horas para o Damas, e 32,2°C às 12h no ponto da Sabiaguaba. Esse foi um dos pontos que exibiu taxas elevadas de temperatura do ar para todo período em análise.

Durante esse período do experimento foi detectado diferenças higrotérmicas intra-urbanas que ultrapassaram as inter-urbanas, exceto para as 10h, como mostra o Quadro 18. As maiores diferenças ocorreram às 7h com a formação de ilhas de calor de 4,1°C e 4,7°C para a realidade inter-urbana e intra, respectivamente. Nesse mesmo horário é encontrada uma ilha de frescor de -0,6°C para o Cocó e bairro de Fátima, mesmo esse último apresentando condição de altas taxas de fluxos de veículos (31 a 40 por minuto) para esse horário.

As diferenças higrométricas chegam a 38% às 7h no contexto da cidade e 21,9% para a realidade campo-cidade. No decorrer da manhã essas diferenças não ultrapassam os 18% para a realidade urbana de Fortaleza e 14,3% para o espaço inter-urbano. Às 8h é presenciado um valor negativo de umidade para o ponto referência rural (PCD- Maranguape) de -1,4%. Os contrastes térmicos após às 7h não extrapolam 3,5°C, como exibe o quadro 18.

Os pontos da Barra do Ceará, Sabiaguaba, Damas e Alto Alegre são setores detentores das ilhas de calor com as respectivas magnitudes: 4,7°C (7h) e 2,5°C (10h); 2,9°C (8h); 3,5°C (11h) e 3,2°C (12h); 3°C (9h). As ilhas de frescor chegam a ultrapassar as de calor a exemplo das 12h com valor de -0,9°C para o ponto da Aldeota, neste horário foi registrado 30,1°C para a PCD Maranguape e 29°C para aquele ponto. Tal comportamento térmico ocorreu em associação com altas taxas de fluxo de pessoas e veículos para o setor da Aldeota, sendo as mais extremas do

<sup>20</sup> Destaca-se que não houve registros de 7 até às 16 horas para os pontos do Centro e Lagoa da Sapiranga por conta dos erros apresentados pelo sensor.

experimento. Para esse mesmo ponto ainda foi registrada outra ilha de frescor de menor intensidade,  $-0.6^{\circ}\text{C}$  às 8 h. Detectou-se também ilha de frio para o ponto do Cocó com valor de  $-0.7^{\circ}\text{C}$  às 9h.

A velocidade do vento de acordo como o quadro 17C apresentou valores que oscilaram entre 1,1m/s a 4,2m/s, ou seja, entre bafagem e aragem, de acordo com a escala Beaufort. Os pontos que exibiram os maiores taxas foram Beira-Mar e Mondubim com registro de vento fraco a moderado (4,3 m/s a 8,5m/s). Já os pontos que apresentaram baixas cotas dessa variável são: Lagoa da Sapiranga, Cocó, Centro e Alto Alegre com indicação de calmaria a bafagem (0 a 2,4m/s), seguindo essa tendência até o fim da manhã.

São às 10 e 11 horas que ocorrem os mais expressivos valores do fluxo do ar de 6,3 a 8,5 m/s, vento moderado, para as áreas da Beira- Mar, Barra do Ceará e Mondubim. Contudo, essa situação só garante conforto térmico para o ponto da Beira-Mar, isso apenas para a escala do INMET, já que o índice  $T_e$  categoriza a área em uma situação de desconforto (Quadro 19 A e B). A direção dos ventos para todas as áreas de coleta foi de sudeste, exceto às 12h para a Sabiaguaba, que mostrou direção de nordeste.

A nebulosidade (Quadro 17D) se configurou com baixos valores entre às 7 e 8 horas em todos os pontos, com taxas que variaram de 0/8 a 4/8, sendo o valor de 1/8 de maior freqüência durante o período da manhã. Essa situação da cobertura do céu reflete de perto as condições sinóticas de nível regional atuantes em Fortaleza.

Quanto à tipologia das nuvens (Quadro 17E), foi marcante a presença de nuvens baixas do tipo cumulus. No entanto, foi detectada a presença de céu limpo no primeiro registro para os pontos da Beira-Mar, Fátima, Centro e Alto Alegre. Entre às 10 e 12 horas fica também registrada condição de céu limpo na Sabiaguaba e Beira- Mar. Cogita-se a hipótese que tanto o tipo de nuvens quanto a sua cobertura tenha influenciado diretamente nos registros térmicos e higrométricos da pesquisa.

A funcionalidade urbana, representada pela dinâmica dos fluxos de veículos e pessoas (Quadro 20 A e B), mostra que esses são ausentes ou muito baixos nos pontos do Cocó, Lagoa, Mondubim, Sabiaguaba e Alto Alegre, como já se esperava devido às condições de circulação (equipamentos e serviços, acessibilidade ao local e função urbana residencial) a esses setores da cidade.

Os pontos de Fátima, Henrique Jorge e Damas apresentaram valores elevados para fluxo de veículos (31 a 41 por minuto), sendo Damas o ponto de

maior extremo dessa variável, prosseguindo com essa situação por toda manhã, levando-o a categoria de área com maior fluxo para todo o experimento. A Aldeota exibe valores bem próximos ao de Damas, sendo que o fluxo nesse ponto se eleva consideravelmente a partir das 12h. Nos demais pontos o fluxo de veículos foi categorizada em muita baixa (1 a 10) e baixa (11 a 20). Houve a tendência do fluxo de pessoas ser mais elevado para os pontos da Aldeota, Centro e Barra, isso pela manhã, no restante das áreas da pesquisa prevaleceu movimentos de baixa categoria.

Destaca-se que os elementos de natureza urbana, fluxo de pessoas e veículos, pouco condicionaram o microclima local, não sendo elementos de primeira ordem na modificação térmica nos pontos analisados. Isso porque áreas como Aldeota e Fátima, detentores de elevados valores desses elementos, foram pontos que exibiram baixos valores térmicos e de elevada umidade que, junto com outros pontos como o Cocó, presenciaram em muitos horários da pesquisa ilhas de frescor. É o ponto da Sabiaguaba, área desprovida desses elementos urbanos, registrou por toda manhã elevadas taxas de temperatura.

As escalas de conforto (Quadro 19 A e B) apresentam certa harmonia no confronto de seus valores, pelo menos no período da manhã. A escala do INMET (Quadro 19B) exibe condição de conforto ou de muita umidade para as primeiras mensurações do episódio, somente a Beira-Mar aponta situação de desconforto às 8h. Entre as 9 e 10 horas encontra-se na zona de conforto apenas as áreas de Fátima, Cocó e Aldeota. Às 11 e 12 horas já se manifesta desconforto para todos os pontos, necessitando, dessa forma, de vento para garantia desse elemento. Logo, é visto que o vento registrado na escala Beaufort de 6,5 a 8,5 m/s para os pontos da Barra e Mondubim não são limitantes para gerar o conforto, pelo menos nesses ambientes da cidade.

A partir das 9h torna-se nítido o desconforto térmico em todas as áreas de análise do estudo, condição que se estende até às 17h. A Sabiaguaba apresenta-se com essa situação até às 20h. Quando se observa o índice da temperatura efetiva-Te (Quadro 19A), já é detectável condição de desconforto nos registros de 7 e 8 horas para a Sabiaguaba e Barra do Ceará. Os demais pontos se enquadram dentro da zona de conforto dessa escala para esses horários. Entretanto a partir das 9h, como registrado também pela escala do INMET, todos os pontos experimentais

estão condicionados à zona de desconforto, situação essa que se prolonga até às 12h, exceto o Cocó que exibiu conforto às 9h.

Destaca-se que na escala Te o desconforto configura-se às 9h e na do INMET somente a partir das 11h. O ponto do Cocó é o único entre os analisados que segue uma tendência de se apresentar na faixa de conforto nas escalas, condição essa possível por sua expressiva área verde, presença insignificante de edificações e condicionamento de recurso hídrico (rio Cocó), porém, é intrigante que essa situação não tenha se repetido na Sabiaguaba, área com maior índice vegetacional, com volume de massa edificada desprezível e presença do oceano, além do rio.

#### Período tarde (13 às 18 horas)

De forma geral é neste período que se registram as maiores taxas térmicas do experimento (Quadro 17A) com valores de 28,1°C até 34°C, fato habitual, pois é nesse tempo que ocorre um maior aquecimento da superfície por radiação solar direta e paralelamente o início da liberação da radiação armazenada.

As ilhas de calor (Quadro 18) se apresentam na ordem de até 4°C, a exemplo do registrado às 15h entre os pontos do Alto Alegre e do Cocó. Os pontos do Henrique Jorge, Alto Alegre e Barra do Ceará são as áreas que registraram, respectivamente, a presença das seguintes ilhas de calor: 3,5°C (13h) e 2°C (17h); 3°C (14h) e 4°C (15h); 2,5°C (16h). As ilhas de calor a nível inter-urbano ocorreram com valores de até 3,1°C às 13h, registrando também intensidades de: 2,3°C (14h) e 2,8°C (15h). As ilhas de frescor foram registradas para todo o período da tarde em Fortaleza com valores de até -1,2°C, concentradas na Aldeota e Cocó com os respectivos valores: 0,6°C (13h), -1,2°C (14 e 16 horas) e -0,6°C (13h), -1,2°C (15 e 16 horas), -1°C (17h).

A umidade do ar (Quadro 17B) acompanhou de perto o ritmo inverso da temperatura, tendo às 13h as mais baixas taxas. Os contrastes dessa variável seguem a tendência de exibir valores superiores para o ambiente intra-urbano, chegando a registrar índices de até 14,2%. Os contrastes na realidade campocidade chegam a ser negativos, como aconteceu às 14h onde a PCD de Maranguape mensurou 58% de umidade, valor esse abaixo da menor taxa encontrada em Fortaleza no bairro Damas no valor de 61%. Destaca-se que o ponto

do Cocó detém as mais altas taxas de umidade da cidade em contraposição com o bairro Damas.

A velocidade do vento (Quadro 17C) encontra-se sobre o predomínio de bafagem (2,5 m/s a 4,2 m/s) e aragem (1,1 m/s a 2,4 m/s), sendo os pontos da Lagoa, Cocó, Beira-Mar e Centro detentores das mais baixas cotas do fluxo do ar e Sabiaguaba e Mondubim com os mais elevados registros de vento com valores na Escala Beaufort de 4,3m/s até 11m/s, apesar disso, esses ventos não garantiram conforto para essas áreas, tanto na escala do INMET como no índice Te.

Às 15 e 16 horas é o período de maior fluxo do ar, tendo Sabiaguaba presenciado os maiores valores tanto para a tarde quanto manhã. Quanto à orientação do vento, segue a tendência de ser de sudeste, o que é uma habitualidade no comportamento meteorológico da cidade, porém, registram-se ventos de nordeste como ocorreu na Sabiaguaba e ventos de sentido sul e leste no bairro de Fátima, possivelmente uma orientação canalizada pela estrutura urbana da área. Os pontos do Henrique Jorge e Damas também exibem orientação diferente do habitual com ventos de nordeste, sudoeste e leste.

A cobertura do céu (Quadro 17D) pouco muda nesse período do dia, ritmo esse que segue até as 16h. O ponto da Lagoa da Sapianga apresenta os maiores valores dessa variável com taxas de 6/8 e 7/8. Às 17h há uma mudança significativa dessa variável em todos os pontos de análise com taxas de 8/8 para o Mondubim, Alto Alegre e Aldeota. É por volta desse tempo que o sistema de instabilidade começa a se expandir com penetração no continente vindo a confirmar sua maior participação nas primeiras horas da noite. Os tipos de nuvens corroboram com a condição atmosférica superior atuante sobre Fortaleza, com um predomínio de nuvens baixas do tipo cumulus. Também é nítido a partir das 16 e 17 horas a participação de nuvens médias do tipo altostratus e altocumulus.

O fluxo de veículos (Quadro 20A) segue o ritmo funcional urbano, já apresentado no período da manhã, de ser ausente nos pontos do Cocó, Lagoa, Mondubim e Sabiaguaba, e elevado a médio nas demais áreas da cidade. A variável se apresentou mais alta para a Aldeota na categoria muito alto (acima de 41 veículos por minuto) para toda a tarde, exceto às 17h. Os pontos da Beira-Mar, Fátima, Henrique Jorge e Damas exibem valores que variam de baixo (11 a 20) a moderado (21-30). Às 17h tem-se o pico desse elemento urbano, chegando a ser comparado com o extremo ocorrido às 7h.

O fluxo de pessoas (Quadro 20B) segue a mesma habitualidade da dinâmica do elemento anterior, ou seja, de obedecer às características funcionais urbanas das áreas experimentais. O movimento de pedestres se manteve mais alto para o Centro com taxas acima de 40 pessoas por minuto em todos os registros da tarde, exceto às 15h. Os pontos da Aldeota e Barra do Ceará são também os detentores de elevados valores. Aconteceu com esse elemento o mesmo com o fluxo de veículos, de demonstrar valores extremos às 17h.

No tocante ao conforto apresentado no quadro 19 (A e B), gerado nos setores da pesquisa, é generalizada a situação de desconforto para todos os horários da tarde, a exceção ocorre entre as 15 e 17 horas para os pontos do Cocó, Aldeota e Beira-Mar. Às 17h é apresentado um quadro de inversão, do desconforto ao conforto, isso é detectado nas duas escalas consideradas. É estranha essa mudança, já que é nesse horário que se observa uma maior dinâmica da funcionalidade urbana.

Como já cogitado, as variáveis, fluxo de veículos e pessoas, podem não influenciar, com intensidades suficientes, para gerar algum tipo de oscilação extrema no comportamento dos elementos climáticos, sobretudo da temperatura do ar. Este trabalho chega a levantar a hipótese de que a variável nebulosidade, associado à tipologia das nuvens, tem um maior grau de influência nos climas da cidade do que a função e a morfologia urbana.

#### Período noite (19 às 0 hora)

Nesse período é nítida a mudança no campo higrotérmico dos espaços intra e inter-urbano (Quadro 18). As diferenças térmicas tendem a ser maior na realidade urbano-rural do que no ambiente interno da cidade para a noite e madrugada. A variável umidade do ar segue essa tendência, mas de modo inverso, ou seja, as diferenças são mais elevadas para o espaço intra- urbano.

Foi observado que durante o período diurno (manhã e tarde) as maiores diferenças térmicas ocorreram no contexto intra-urbano e os higrométricos no meio rural. Sobre esse fato a literatura esclarece que nos climas tropicais é comum esse processo de inversão por conta dos fluxos de calor do solo rural. Mendonça (1994) detalha esse processo:

No que concerne o tipo climático tropical, predominante no caso brasileiro, uma grande parte da energia solar é usada no processo de evaporação

durante o dia no meio rural para a produção de calor latente. Na cidade, ao contrário, a elevada insolação e relativa baixa umidade da superfície durante o verão produzirão ilhas de calor diurnas, enquanto no inverno seco estas ocorreram ao anoitecer devido ao armazenamento de calor na cidade e à sua mais lenta emissão.

O contraste térmico urbano-rural tropical está diretamente ligado ao teor da mistura do solo decorrente da mais elevada inércia termal dos solos rurais úmidos que dos urbanos menos úmidos. Assim, durante a estação úmida a cidade se aquecerá mais rapidamente durante o dia e também se resfriará mais rapidamente durante a noite que as áreas rurais circundantes. No inverno, entretanto, o calor estocado pelo ambiente urbano evidenciará ilhas de calor noturnas e ilhas de frio diurnas, devido à menor inércia termal dos solos nus e secos rurais que a superfície urbana relativamente mais úmida (MENDONÇA, 1994:12-13).

Apresenta-se agora um questionamento relacionando essa citação e ao efeito da maritimidade no condicionamento térmico das cidades litorâneas, como é o caso de Fortaleza. Qual seria a influência dos oceanos, pelo menos no recorte geográfico da plataforma continental, de grande atividade energética como a produção de calor latente (além do efeito das brisas) que possivelmente tenha uma maior interferência no comportamento térmico urbano do que aquelas produzidas nas áreas rurais circunvizinhas da cidade?

Voltando à descrição dos atributos climáticos coletados pelo experimento, foi registrado que as temperaturas variaram entre 26,1°C até 30°C, como evidencia o quadro 17A. As diferenças térmicas ocorreram com valores de até 4,6°C (20h) no meio urbano-rural e 5,5°C (23h) para o ambiente urbano. Salienta-se que a precipitação ocorrida entre 20 e 23 horas foi limitante para as diferenças encontradas nos pontos experimentais da pesquisa, no sentido da distribuição espacial. As ilhas de calor em Fortaleza se manifestaram com maior freqüência à noite nos bairros do Centro, Henrique Jorge, Barra do Ceará, Sabiaguaba, Fátima, Cocó e Aldeota, respectivamente, com as seguintes magnitudes: 2°C (18h) e 1,6°C (19h); 3,7°C (20h); 2°C (21h); 2°C (21h) e 5,5°C (23h); 2°C (21h); 3°C (22h) e 5,5°C (23h); 5,5°C (23h).

Às 23h foi detectado a maior ilha de calor (5,5°C), sendo o ponto do Mondubim detentor desse evento, exibindo desse modo a mais baixa taxa dessa variável com 20°C. Isso ocorreu em virtude desse setor da cidade ter registrado precipitação, logo houve mudanças nos fluxos convectivos superfície- atmosfera. Em todo o período da noite e madrugada a ilha de frescor só foi presente às 23h para o Mondubim com magnitude de -3,2°C. As diferenças higrométricas se apresentam com taxas de até 14,9% às 18h para a realidade rural-urbana e 27,9% às 20h para Fortaleza.

A velocidade do vento (Quadro 17C) se caracteriza pelo predomínio de calmaria (0 a 1 m/s), bafagem (2,5 m/s a 4,2 m/s) e aragem (1,1 m/s a 2,4 m/s). Os pontos que registraram os maiores valores desse elemento são Sabiaguaba, Beira-Mar e Fátima. Essa situação garantiu em associação com as taxas de umidade condições de conforto e muita umidade para esses setores de acordo com as escalas do INMET e Te (Quadro 19A e B). A taxa mais elevada de todo o experimento ocorreu às 20h no ponto da Beira-Mar com 13,8 m/s, é neste mesmo horário que também se registram as mais elevadas taxas do fluxo do ar em outros setores da pesquisa, exceto para o ponto da Lagoa da Sapiranga e Centro.

Às 23h caracteriza-se pela redução dos ventos nas áreas experimentais da pesquisa, comportamento que se estende por toda a madrugada, condição associada à dissipação do sistema de instabilidade sobre a região de Fortaleza. A direção predominante dos ventos foi de sudeste, no entanto houve direção de nordeste para a Sabiaguaba e Beira-Mar e de sul no ponto de Fátima. No Henrique Jorge ocorreram ventos de nordeste e leste, no Damas foi detectado ventos de norte. Essa condição na direção do fluxo do ar nesses últimos pontos, como já observado, foram condicionados pela disposição da rugosidade urbana nessas áreas.

A nebulosidade (Quadro 17D) se caracteriza por elevadas taxas, as maiores do episódio, condição que segue pela madrugada. Quanto à tipologia das nuvens (Quadro 17E), há um predomínio de nuvens baixas do tipo stratocumulus e stratus, embora haja a presença de cumulus, essa já não tão presente como foi no período diurno. Nota-se a participação de nuvens médias do tipo nimbostratus, entre as 21 e 23 horas. O comportamento dessas variáveis reflete as condições atmosféricas do sistema atuante sobre a cidade.

A taxa de fluxo de veículos (Quadro 20A) apresenta declínio quando comparado com os outros horários do experimento. Às 19h nota-se que ainda é considerável o fluxo nos pontos da Aldeota, Henrique Jorge e Damas. Esse mesmo ritmo também é detectado para o fluxo de pessoas nesses pontos (Quadro 20B)

No índice Te (Quadro 19A) há predomínio de conforto, observando-se que entre as 18 e 20 horas existe situação de desconforto, estando os pontos da Aldeota, Sabiaguaba, Fátima, Henrique Jorge e Damas condicionados ao estresse ao calor. A condição de conforto na escala do INMET (Quadro 19B) é marcada sob a categoria de muita umidade, situação predominante por toda a madrugada. Às 19 e

20 horas ainda há registro de conforto para os pontos da Aldeota, Centro, Barra, Henrique Jorge e Mondubim, estando os demais pontos sobre condição de muita umidade. O ponto da Sabiaguaba foi o único a apresentar no período da noite, às 19h, situação de desconforto.

#### Período Madrugada (1 às 6 horas)

Segue a tendência, neste período do experimento, das diferenças térmicas interurbanas serem superiores aqueles detectados na cidade e das diferenças da umidade do ar serem mais elevadas em Fortaleza, como pode ser constatado no quadro 18. As ilhas de calor foram identificadas com valores de até 3°C, sendo que essas taxas são as menores do experimento.

As ilhas de frio foram ausentes neste período do episódio. Foi verificado que é na madrugada que ocorre a maior espacialização das ilhas térmicas, ou seja, é detectável o fenômeno em quase todos os pontos da pesquisa. Os pontos da Aldeota, Damas, Cocó, Sabiaguaba, Fátima, Henrique Jorge e Alto Alegre exibem o fenômeno com as respectivas intensidades: 1,1°C (0h), 1°C (1h e 3h) e 2°C (2h); 1°C (1h e 3h); 1°C (1h e 3h); 1°C (1h e 3h) e 1,2°C (4h); 1°C (1h); 2°C (05h) e 2,1°C (06h).

As diferenças higrométricas (Quadro 18) apresentam taxas de até 27,9% para o ambiente intra-urbano, sendo que essa variável seguiu um ritmo mais elevado neste período. O quadro 17A mostra que a temperatura do ar exibiu valores entre 24,1°C e 26°C, havendo uniformidade desse atributo para as áreas de análise, a umidade do ar mensurada (Quadro 17B) esteve na categoria de 90,1% a 100%, a mais elevada de todo o experimento, comportamento esse condicionado pelo o sistema atmosférico atuante sobre a cidade.

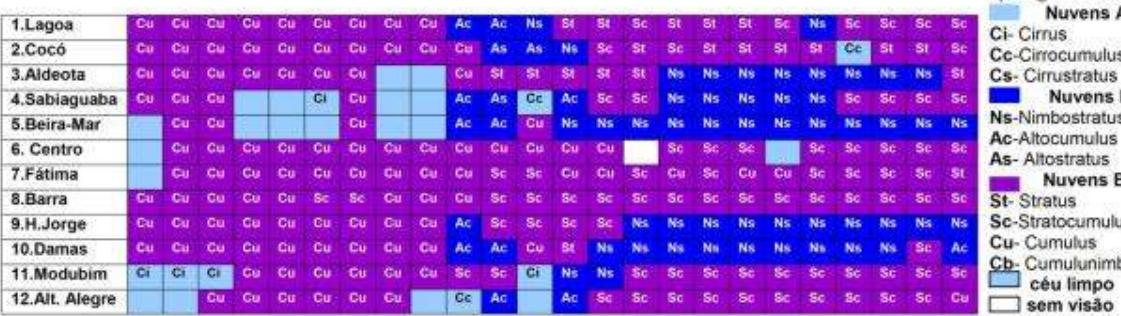
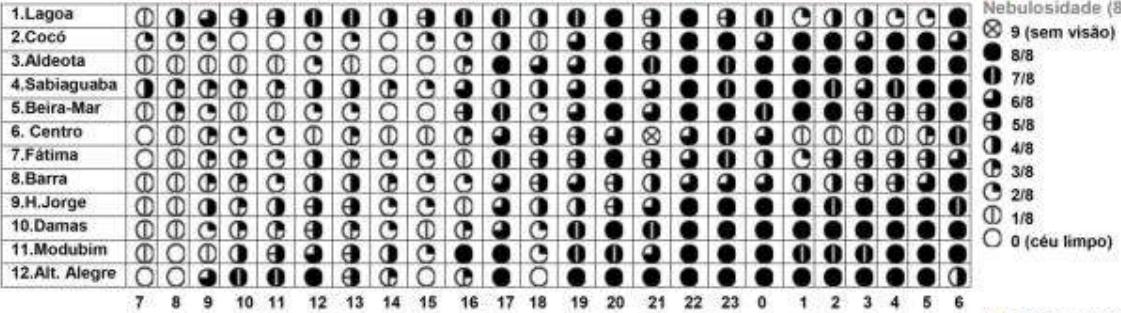
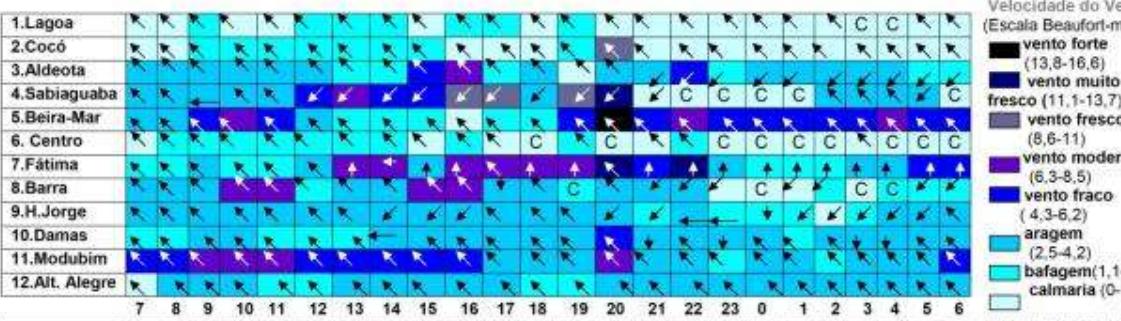
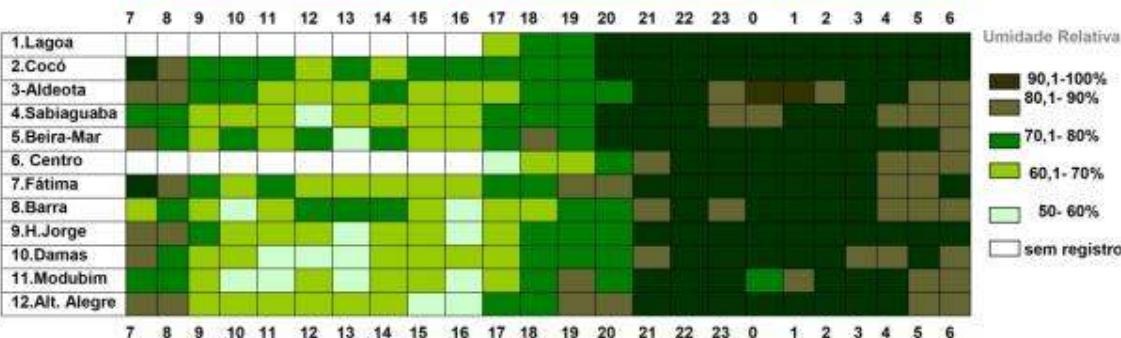
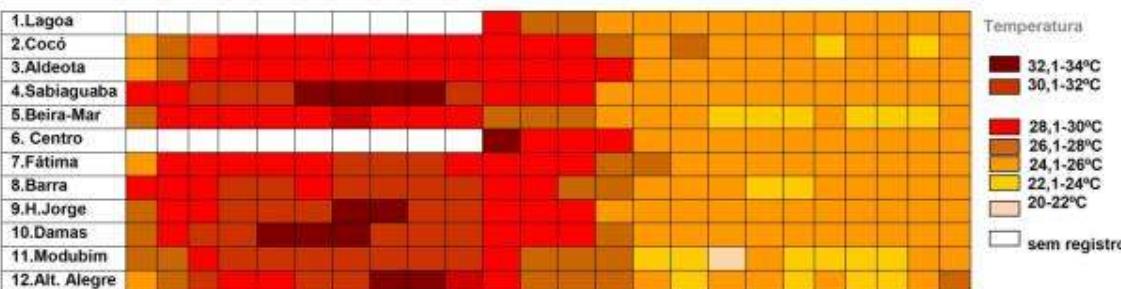
A velocidade do vento (Quadro 17C) foi marcada por ventos de calmaria, bafagem e aragem. O ponto da Beira-Mar foi o que exibiu os mais altos valores para a madrugada, já os pontos da Lagoa da Sapiranga, Cocó e Centro os menores. Houve o predomínio de ventos de sudeste, apesar de serem detectados ventos de

nordeste para Aldeota, Henrique Jorge e Barra do Ceará, sul para o bairro de Fátima e norte para o ponto do Mondubim.

A cobertura do céu (Quadro 17D) apresenta taxas elevadas, com maior freqüência nas taxas de 7/8 e 8/8. As nuvens baixas foram marcante, com a presença de stratus e stratocumulus, nuvens típicas das linhas de instabilidade, sistema que atuou de forma mais expressiva nesse período do episódio sobre Fortaleza. Foram registradas, também, nuvens nimbostratus.

O fluxo de veículos e pedestres (Quadro 20A e B) foi baixo ou ausente. Apenas o Centro, Beira-Mar e Fátima registram movimento de pessoas em alguns horários da madrugada. A condição de conforto na escala Te (Quadro 19A) foi presente para todos os pontos da pesquisa, já para a escala do INMET (Quadro 19B) houve situação de muita umidade para todo o período analisado.

QUADRO 17- Síntese dos atributos climáticos urbanos EXPERIMENTO I



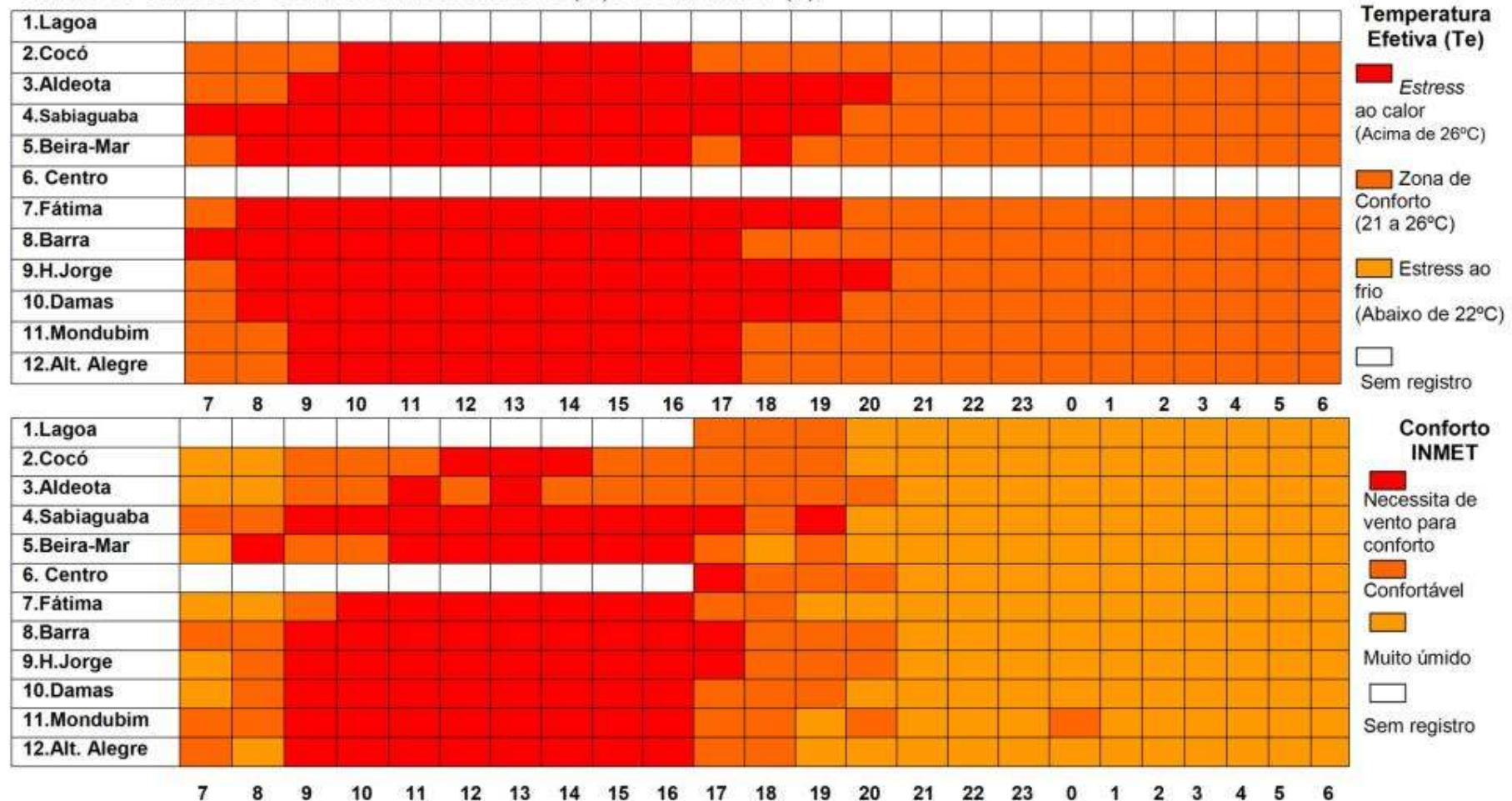
Quadro 18- Diferenças termohigrométricas inter e intra-urbanas: Experimento I

Hora	Campo térmico		Campo higrométrico	
	Inter-urbano	Intra-urbano	Inter-urbano	Intra-urbano
7	4.1 °C IC -0.6 °C IF	4.7 °C IC	21.9%	38%
8	2.3 °C IC -0.6 °C IF	2.9 °C IC	-1.4%	10%
9	1.3 °C IC -0.7 °C IF	3 °C IC	3.7%	16%
10	3.0 °C IC -	2.5 °C IC	14.3%	18%
11	3.5 °C IC -	3.5 °C IC	7.2%	13%
12	2.4 °C IC -0.9 °C IF	3.5 °C IC	2.5%	16%
13	3.1 °C IC -0.6 °C IF	3.5 °C IC	8%	18%
14	2.3 °C IC -1.2 °C IF	3 °C IC	-3%	11%
15	2.8 °C IC -1.2 °C IF	4 °C IC	4.2%	12%
16	1.3 °C IC -1.2 °C IF	2.5 °C IC	9.1%	17%
17	1 °C IC -1 °C IF	2 °C IC	14.2%	23.3%
18	2.2 °C IC -	2 °C IC	14.9%	18.8%
19	3.9 °C IC -	1.6 °C IC	14.8%	14.1%
20	4.6 °C IC -	3.7 °C IC	13.6%	27.9%
21	3.9 °C IC -	2 °C IC	2.9%	11%
22	3.4 °C IC -	3 °C IC	-0.1%	8%
23	3.3 °C IC -3.2 °C IF	5.5 °C IC	3.9%	12%
00	2.3 °C IC -	1.1 °C IC	15.8%	23%
01	2.2 °C IC -	1 °C IC	4.3%	12%
02	3 °C IC -	2 °C IC	7.7%	16%
03	2.1 °C IC -	1 °C IC	3.8%	12%
04	2.3 °C IC -	1.2 °C IC	3.7%	12%
05	2.7 °C IC -	2 °C IC	4.1%	16%
06	2.7 °C IC -	2.1 °C IC	5.2%	19%

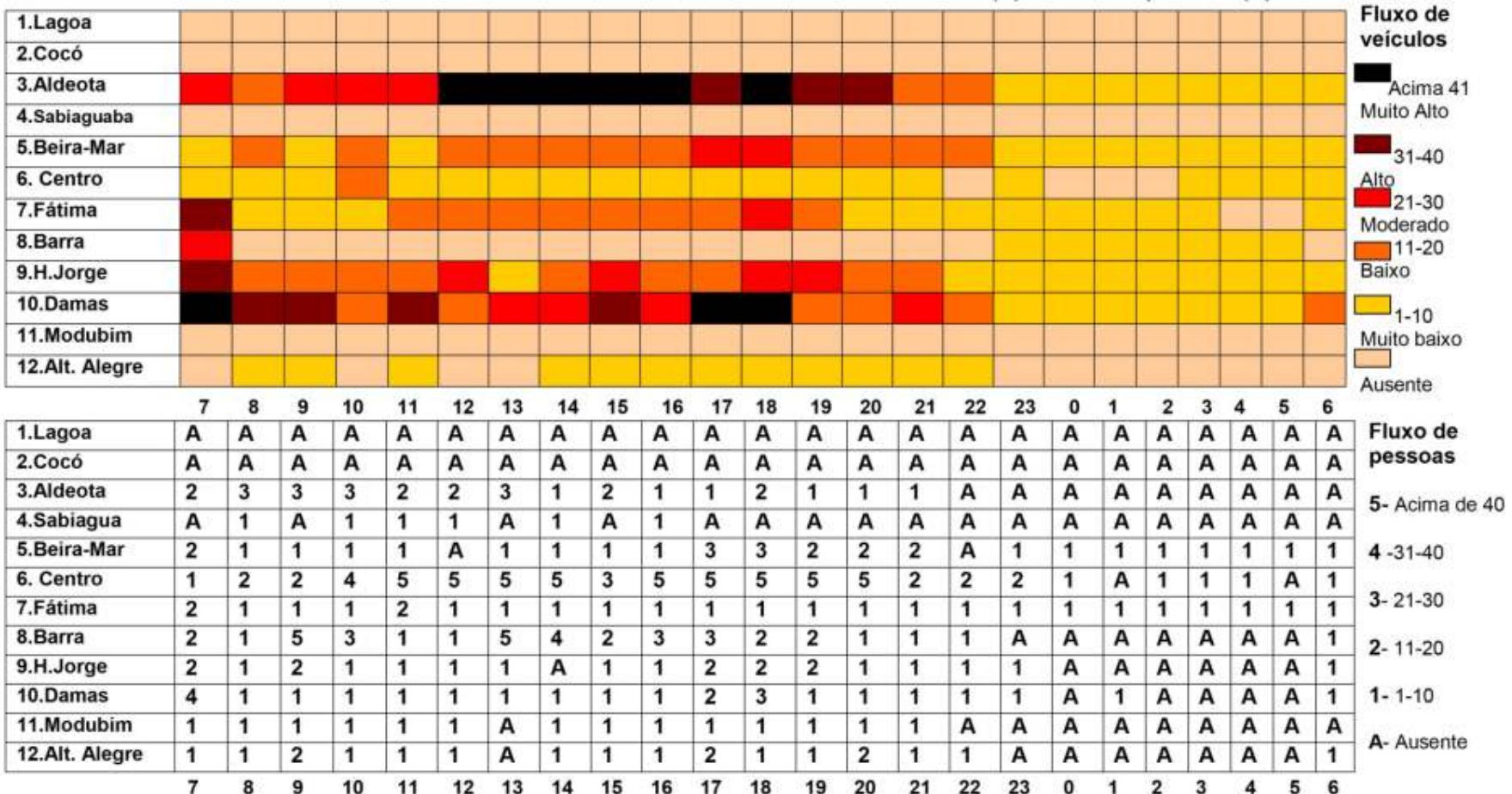
IC- ilha de calor IF- ilha de frio ou frescor

**Inter-urbano (Urbano - Rural):** representa as diferenças dos valores (temperatura e umidade do ar) obtidos no experimento da pesquisa em Fortaleza entre o valor registrado na PCD de Maranguape. Quando se realiza a diferença entre o maior valor da temperatura da pesquisa com o valor da PCD Maranguape se obtém a ilha de calor (IC) e quando a diferença é obtida com o menor valor da pesquisa se tem a ilha de frescor.**Intra-urbano (Urbano - Urbano):** representa as diferenças dos maiores com os menores valores (temperatura e umidade do ar) obtidos no experimento da pesquisa em Fortaleza.

Quadro 19- Síntese do Conforto Térmico: escala Te (A) e escala INMET (B).



Quadro 20-Síntese dos elementos de natureza urbana EXPERIMENTO I: Fluxo de veículos (A) e Fluxo de pessoas (B).



## 7.2- Análise do episódio de primavera- Experimento II

### **A dinâmica atmosférica- dia anterior ao episódio 08/11/2007<sup>21</sup>**

A carta de pressão ao nível do mar para as 12 GMT, 9 horas local, (Figura 54a) exibe estabilidade atmosférica para a área de estudo, condição essa advinda da repercussão do sistema T.A, cujo centro corresponde a 1024 hPa. O sistema repercutiu no litoral cearense com ventos de direção sudeste com intensidade de até 10 nós (5,1m/s). A carta também aponta para a presença de um sistema de baixa pressão com centro de 1006 hPa na região do estado maranhense com trajetória para o litoral centro-leste do Nordeste.

As 00 GMT, 21 horas local, (Figura 54b) a carta confirma a trajetória da baixa depressionária para a região do Nordeste, agora com centro de 1002 hPa, sem portanto repercutir na área de interesse da pesquisa. Há registro na carta, para a região do litoral central do Ceará e logo da cidade de Fortaleza, de ventos com 10 nós (5,1 m/s) de direção leste e cobertura do céu com taxas de 3/8. Essas condições atmosféricas parecem ser oriundas do sistema T.A, que apresentou retração quando comparada com a carta de 9 horas.

A imagem do GOES-10, canal infravermelho (IR), 21 horas local (Figura 54c), estabelece compatibilidade com as informações das cartas de pressão e exibe nuvens altas, possivelmente, cirrus de baixo padrão organizacional presentes na faixa central da costa cearense, condicionando desse modo estabilidade temporal na cidade da pesquisa.

### **A dinâmica atmosférica- dia do episódio 09 e 10/11/2007**

A carta sinótica (Figura 54d), 9 horas local, evidencia repercussão do sistema TA com centro de 1028 hPa em todo o litoral nordestino, mas com maior atuação na zona leste desse litoral. Para a área de estudo esse sistema trouxe ventos fracos de direção sudeste e nuvens com cobertura de 3/8. Essas informações vão ao encontro com as condições mensuradas no experimento da pesquisa, a qual foi de estabilidade no período da manhã e tarde. A tipologia das nuvens, também coletadas em campo, reforça essa condição com a presença massiva de nuvens

<sup>21</sup> A dinâmica atmosférica do Experimento II não é acompanhada pela mesma quantidade de materiais, cartas e imagens do Experimento I por conta da disponibilização das mesmas pelo órgão responsável, o CPTEC/INPE, bem como o Experimento I exigir uma maior atenção, já que se tratava de um período do ano na região de instabilidade, logo de um maior número de sistemas atmosféricos atuantes.

altas do tipo cirrus. Também é visível na carta um sistema de baixa pressão cujo centro equivale a 1006 hPa com trajetória para a região do nordeste.

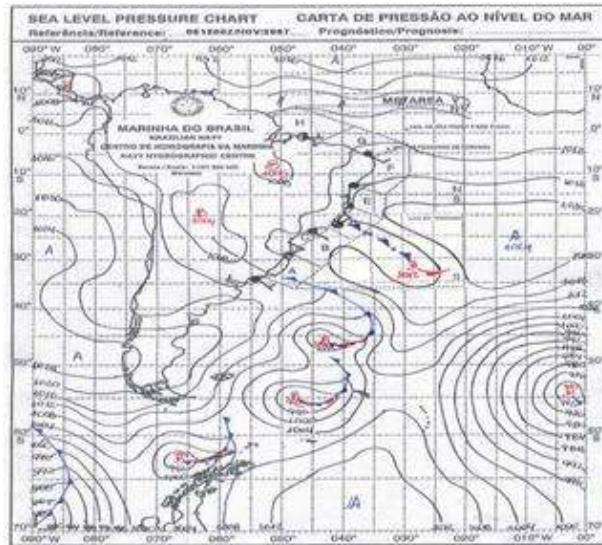
A carta de pressão (Figura 54e) para as 21 horas local mostra que o sistema depressionário evolui e se organizou em dois núcleos de baixa pressão na região do Nordeste, sendo o sistema de centro 1004 hPa atuante na cidade de Fortaleza. Esse trouxe condições de baixa instabilidade, o que representa, assim, que não houve eventos pluviométricos na região, porém, foram identificadas nuvens do tipo cumulus e stratocumulus durante o experimento, bem como taxas de nebulosidade superior a 6/8.

A imagem meteorológica do GOES (Figura 54f) no canal IR para 21 horas local apresenta condições de céu limpo, com a presença de nuvens altas, provavelmente cirrus de baixo brilho, o que leva a classificá-las como nuvens de topes frios, segundo Ferreira (2006: 64). A não associação na íntegra das informações da imagem com as da carta sinótica do mesmo horário pode ser explicada pelo fator altitude em que são concebidos esses materiais, a imagem é obtida em cotas bem superiores a da carta. Os cirrus, nuvens de estágio alto, estão acima de 6.000 metros da superfície e assim nem sempre podem ser percebidas em trabalho de campo.

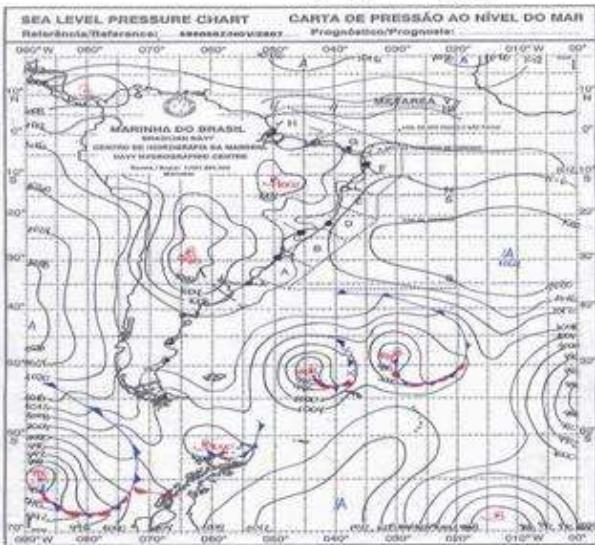
Para um maior esclarecimento da atuação dos sistemas atmosféricos de ordem regional no condicionamento do clima local é apresentada a figura 55, que traz uma evolução de imagens meteorológicas do GOES-10 no canal IR. Destaca-se que não foi possível apresentar imagem para todos os horários de coleta da pesquisa por motivo de ausência das mesmas no banco de imagens do CPTEC/INPE, ocasionado provavelmente por falhas no satélite.

No período da manhã e por toda a tarde as imagens apresentam céu limpo na área de estudo, com a presença de nuvens altas, o que corresponde aos registros obtidos em campo para esses períodos do experimento. É à noite a partir das 22 horas que se torna nítida a presença de nuvens cirriformes, porém, sem organização estrutural. Essas condições vão se estabelecer até às 2 horas. É a partir desse horário até as 4 horas que se nota uma maior expressão dessas nuvens com mais organização em suas estruturas, entretanto, é somente às 5 e 6 horas que as nuvens, de alto estágio de altitude, vão se apresentar de modo mais expressivo em superfícies planas e lisas de textura suave de melhor identificação.

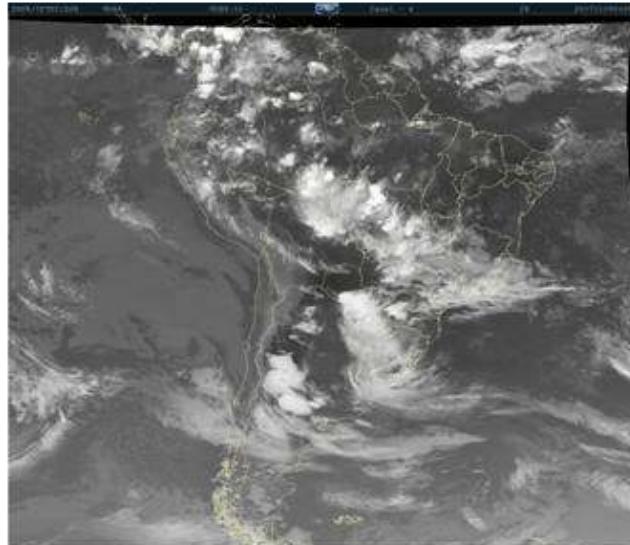
Figura 54- Dinâmica atmosférica do experimento II : dia anterior ao episódio 08/11/2007 - 9 h (a); 21 (b,c) e dia do episódio 09/11/2007 - 9h (d); 21h (e,f).



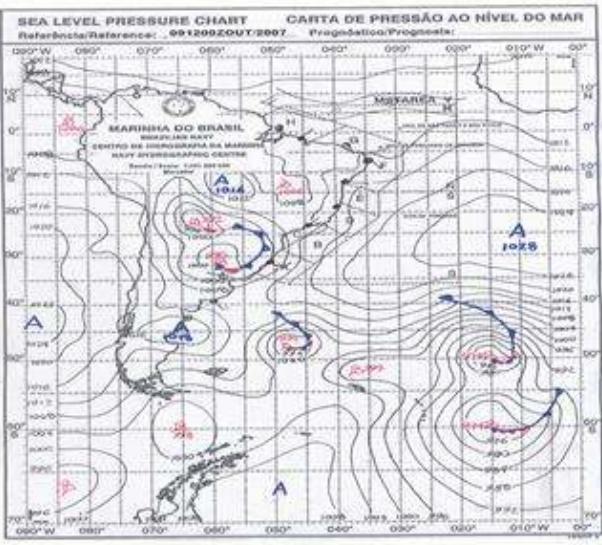
a- carta de pressão 9h, dia anterior ao episódio



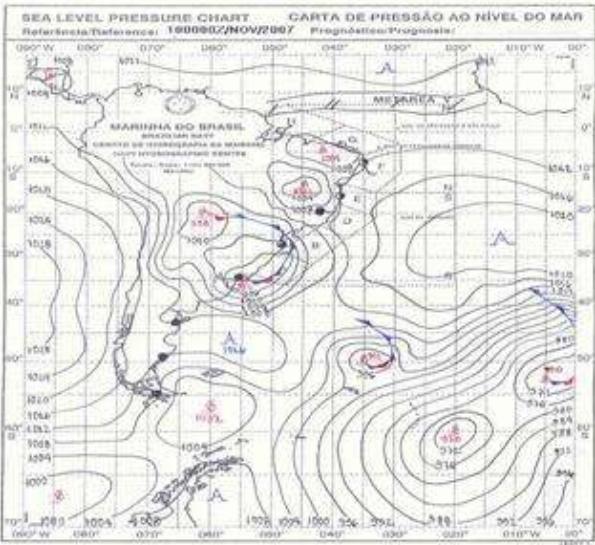
b- carta de pressão 21h, dia anterior ao episódio



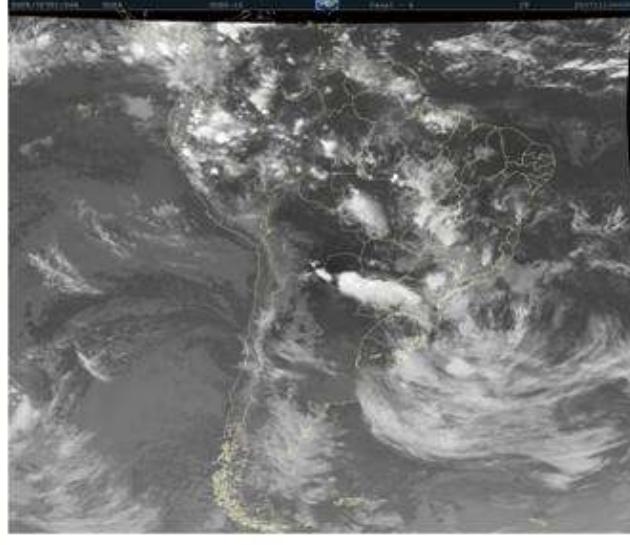
c- Imagem GOES IR 21h, dia anterior ao episódio



d- carta de pressão 9h, dia do episódio

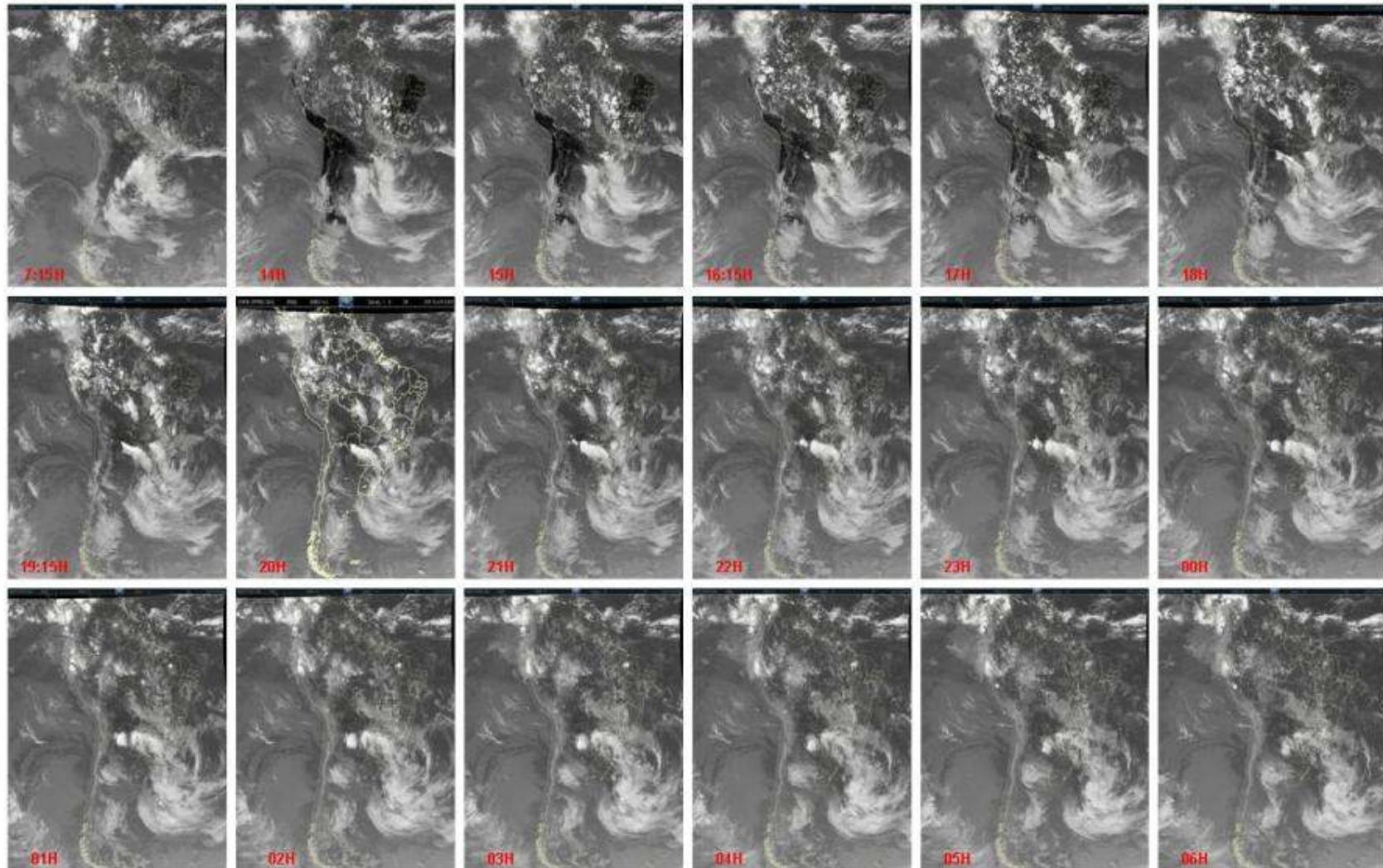


e- carta de pressão 21h, dia do episódio



f- Imagem GOES IR 21h, dia do episódio

Figura 55- Evolução horária da dinâmica atmosférica do experimento II - dia 09 e 10/11/2007 Imagens IR GOES -10



Fonte: CPTEC, 2007.

## O comportamento dos atributos climáticos - Experimento II

### Período manhã (7 às 12 horas).

De maneira geral as temperaturas exibiram elevados valores nesse período, os maiores do experimento, como demonstram o Quadro 21A. No entanto, essa configuração torna-se mais nítida a partir das 9h, pois às 7h os valores não ultrapassaram 28°C. O ponto da Lagoa e Sabiaguaba, áreas de menor urbanização da cidade, demonstraram as mais altas temperaturas do experimento para esse horário.

Os pontos que exibiram elevadas temperaturas nesse período do episódio foram: Damas, Henrique Jorge, Barra, Mondubim e Alto Alegre, sendo os valores extremos de 34,5°C às 11h e 34°C para 10 e 12 horas para o ponto do Damas. Já os pontos que apresentaram os menores valores térmicos são: Cacó, Fátima, Aldeota e Beira-Mar.

As taxas de umidade do ar acompanham o ritmo inverso da temperatura nesse período, ou seja, de exibirem as menores taxas do experimento, como mostra o Quadro 21B, essa tendência é mais notável a partir também das 9h com predominância de valores de até 50%, pois às 7h foi registrada até 85% de umidade no ponto do Cacó, área que apresentou elevados valores para todo episódio. Os menores índices de umidade foram detectados no Damas, 35% às 10h, e Centro, de 40%, às 11h.

Os contrastes térmicos e higrométricos, catalogados no Quadro 22, foram bem superiores para a realidade intra-urbana, ou seja, entre os valores detectados nos pontos experimentais da pesquisa em Fortaleza. As maiores diferenças na temperatura no espaço intra-urbano, configurando as ilhas de calor, foram de 5°C às 10 e 11 horas, e 4,8°C, às 12h, no Damas. Ressalta-se que esses valores correspondem as mais expressivas ilhas de calor desse experimento. Quanto a realidade inter-urbana, ou seja, diferenças entre os maiores e menores valores obtidos em Fortaleza com aqueles mensurados no meio rural- PCD de Maranguape, as ilhas de calor não ultrapassaram 3,3°C às 11h, e as ilhas de frio ou frescor -1,9°C às 10h.

As diferenças na umidade do ar se apresentaram com valor máximo de 23% para a realidade intra-urbana às 10h, com o ponto da Barra do Ceará registrando 58% e Damas 35%. É no período da manhã que essas diferenças são mais

elevadas. Já as diferenças do espaço inter-urbano foram sempre inferiores àquelas detectadas na realidade urbana de Fortaleza, com maior valor de diferença de 17,8% às 9h.

As configurações da temperatura e umidade do ar em associação com a velocidade do vento condicionaram condições de desconforto térmico nas duas escalas consideradas pela pesquisa, índice Te e Diagrama do Conforto INMET, (Figura 23) para os horários de 9 às 12 horas. Essa condição se configura a partir das 9 horas, se estendendo por todo o período da tarde, sendo que os pontos do Henrique Jorge e Damas exibem desconforto já a partir das 8h. Vale ressaltar que às 7h não se registra nenhum evento de desconforto nos pontos experimentais da pesquisa.

Damas apresenta os maiores valores de desconforto na escala Te (Figura 23A) com extremos de 28,2°C e 28°C para os horários de 11 e 12 horas, respectivamente. É válido lembrar que são nesses horários que se registraram as mais intensas ilhas de calor do experimento. A tendência do desconforto para esse ponto também é registrada na escala do INMET (Figura 23B), com valores na categoria de Muito Quente, extrapolando a zona de desconforto da escala, para o período de 10 às 15 horas. Seguem também essa tendência os pontos do Mondubim e Alto Alegre.

A velocidade do vento (Quadro 21C) exibe os maiores valores de intensidade do experimento com a maior freqüência de ventos fracos (4,3 m/s - 6,2 m/s, segundo a Escala Beaufort). Os pontos que registraram as maiores taxas dessa variável foram: Aldeota, Sabiaguaba e Fátima com ventos moderados (6,3 m/s - 8,5 m/s) e frescos (8,6 m/s - 11 m/s). São nesses pontos também que se registra uma maior freqüência dos valores de conforto.

Seguindo o ritmo contrário dos pontos supracitados, Damas e Centro demonstram baixos valores do fluxo do ar com ventos predominantemente de calmaria (0– 1 m/s), o que resultou em um maior número de horas sob a condição de desconforto térmico. A direção do vento (Figura 21C) foi de sudeste para todos os pontos, seguindo, portanto, a habitualidade dessa variável para o período do ano na cidade. São exceções desse ritmo habitual, no período da manhã, os pontos da Sabiaguaba e Beira-Mar, áreas próximas do oceano, que exibiram direção nordeste, fato esse também habitual, porque é nesse percurso do dia que ocorre a brisa marítima, cujo sentido dos ventos é de nordeste para a cidade de Fortaleza.

Quanto à nebulosidade, foi registrado condições de pouca cobertura do céu com valores de até 4/8, mas com a maior freqüência de 1/8 para todos os pontos da pesquisa como mostra o quadro 21D. Essa situação se deve à estabilidade atmosférica da circulação regional, já apresentada anteriormente. A tipologia de nuvens (Quadro 21E) também segue essa condição, apresentando nuvens altas do tipo cirrus para a maioria das áreas de coleta da pesquisa. Foram registradas também nuvens baixas do tipo cumulus, mas essas estavam associadas a condições de bom tempo, pois as análises das cartas e imagens não apresentaram nenhum sistema convectivo na área de estudo.

As variáveis de natureza urbana expostas no quadro 24, também nesse experimento, não se configuraram como elementos de primeira ordem no condicionamento das variáveis meteorológicas mensuradas pela pesquisa, principalmente no que se refere à temperatura e umidade do ar e consequentemente do conforto térmico. Isso pode ser explicado, em parte, porque o ponto da pesquisa que registrou as mais elevadas taxas de fluxo de veículos e de pessoas, o ponto da Aldeota, foi o que exibiu, para o período da manhã, os menores valores térmicos e de conforto, além de altas taxas de umidade.

Entretanto, o ponto do Damas, área de registro das mais intensas ilhas de calor do experimento, foi acompanhado de elevadas taxas no fluxo de veículos (Quadro 24A) nesse período, o que pode ter contribuído para atenuação das ilhas de calor nessa área, porém, se apresenta mais uma vez um fato de não condicionamento dos elementos de natureza urbana, como o ocorrido no ponto do Centro com baixas taxas de fluxos de veículos, foi também uma das áreas do trabalho de altos valores térmicos.

Conclui-se, assim, tanto pelo visto neste experimento como no primeiro realizado no outono, que somente esses elementos de natureza urbana, fluxos de pessoas e veículos, são insuficientes para se chegar a afirmações seguras sobre os seus desempenhos nas modificações das variáveis climáticas de nível microescalar da cidade.

#### Período tarde (13 às 18 horas)

Neste período segue-se um ritmo de elevadas temperaturas para as áreas experimentais da pesquisa, porém, não registrando taxas térmicas superiores às detectadas pela manhã, parecendo assim que o maior aquecimento por incidência

da radiação solar direta e possivelmente o início da liberação da radiação armazenada ocorreu nos últimos horários do período da manhã, entre 9 e 12 horas, fato que não aconteceu no experimento I. Mesmo assim, como evidencia o quadro 21A, os valores foram altos como 33°C às 14 e 15 horas para os pontos do Mondubim e Fátima, 30°C às 16 horas para o ponto de Fátima.

É entre às 13 e 16 horas que se configura um quadro de elevadas taxas térmicas. Entre os pontos que exibiram esse comportamento está o Centro, Fátima, Henrique Jorge, Damas, Mondubim e Alto Alegre. Após as 16 horas não se visualizam mais temperaturas superiores a 29,5°C. A umidade (Quadro 21B) segue o comportamento inverso da temperatura. Os valores desse elemento vão se apresentar baixos até às 15h nos pontos citados há pouco com taxas que não ultrapassaram 63% às 18h. As áreas experimentais do Cocó, Sabiaguaba, Barra e Beira-Mar apresentam os maiores valores higrométricos desse período com taxas de até 78% às 18h.

As configurações das ilhas de calor, obtidas tanto por meio das diferenças térmicas da cidade como da cidade-campo (Quadro 22), seguem a mesma tendência observada no período da manhã, ou seja, de serem mais elevadas para a realidade intra-urbana (diferenças entre os valores dos pontos experimentais da pesquisa em Fortaleza) do que para o espaço inter-urbano. As ilhas de calor se apresentam com intensidade de até 4°C às 14 e 15 horas para os pontos do Mondubim e Fátima. O Damas, ponto que apresentou as maiores ilhas de calor no período da manhã, apresenta agora ilhas térmicas ao calor de 2,5°C às 17h e 3°C às 18h.

Quanto às ilhas de calor configuradas no contexto inter-urbano, expressam as mais elevadas taxas às 18 e 17 horas com valores de 2,5°C e 1,6°C, respectivamente. O campo higrométrico, referente às diferenças entre a umidade do ar, exibe valores também superiores para o espaço intra-urbano, com diferenças de até 26% às 16h, já para a realidade campo-rural os valores chegam a registrar até 10,6% às 18h.

O campo do conforto térmico na cidade de Fortaleza apresenta condições de estresse ao calor para a maioria dos pontos experimentais da pesquisa. A escala Te exibiu uma maior freqüência de registros de desconforto do que a escala do INMET, como pode ser constatado no quadro 23. As taxas de desconforto vão cessar a partir

das 17h para o índice Te, enquanto para o Diagrama do INMET isso ocorre duas horas antes.

O ponto do Damas segue a tendência de exibir elevados valores de desconforto como 27,2°C às 13h na escala Te, sendo o único ponto que mostrou condição de estresse ao calor até as 18h. Já o ponto do Mondubim apresenta altos índices de desconforto na escala do INMET, onde foi detectado condição Muito Quente para essa área entre as 13 e 15 horas. São pontos que registraram também altas taxas de desconforto para o período da tarde: Henrique Jorge e Alto Alegre, isso nas duas escalas de conforto.

Às 14 e 15 horas que todos os pontos da pesquisa exibiram valores de desconforto na escala Te, talvez explicado pelas elevadas temperaturas, pois todos os pontos apresentaram temperaturas a partir de 29°C durante esses horários. O diagrama do INMET exibe já no período da tarde condição de conforto para os pontos da Lagoa, Cocó, Sabiaguaba, Aldeota e Beira-Mar, condicionado pelo vento em associação com temperaturas amenas, já que são nesses pontos que se registraram as mais elevadas taxas do fluxo do ar e os menores valores térmicos.

Quanto ao vento, para esse período do dia, os valores oscilaram entre ventos muito frescos (11,1m/s -13,7m/s) a calmaria (0– 1 m/s). O ponto da Sabiaguaba apresentou as maiores taxas dessa variável meteorológica, registrando ventos de 11,1m/s a 13,7m/s metros para os horários de 13 às 18 horas, porém, essa condição não garantiu conforto de acordo com índice Te entre os horários de 13 às 15 horas, entretanto, no Diagrama do INMET, já há registros de conforto, como pode ser visto no quadro 23B.

Os pontos do Cocó e Aldeota seguem o ritmo de apresentar taxas elevadas de velocidade do vento. O Mondubim apresenta também para o período da tarde essa condição. Os pontos do Centro, Fátima, Damas e Henrique Jorge são setores da cidade que demonstraram baixas intensidades do fluxo do ar com valores de calmaria (0-1 m/s) e aragem (1,1m/s -2,4m/s). Quanto à direção do vento (Quadro 21C), predominou o sentido sudeste, no entanto, registrou-se direção de nordeste para o ponto da Sabiaguaba, por conta do sentido da brisa marítima, bem como direção sul no ponto de Fátima, resultado da canalização das edificações nesta área do experimento.

A nebulosidade (Quadro 21D), assim como no período da manhã, apresentou valores baixos de cobertura do céu, com predomínio de 0/8 para todos os pontos da

pesquisa, o que corresponde a condições de estabilidade atmosférica. As configurações da tipologia de nuvens (Quadro 21E) confirmam essa situação, pois as nuvens detectadas foram altas, do tipo cirriformes.

Os elementos de natureza urbana, fluxo de veículos e de pedestres, se apresentaram novamente mais elevados no ponto da Aldeota com taxas acima de 41 veículos por minuto e circulação de pessoas de até 40 pessoas por minuto, sem assim contribuir com o aumento da temperatura do ar neste setor.

Os pontos do Damas e Henrique Jorge apresentam, também, altas taxas de fluxo de veículos, contudo nesses pontos esses elementos parecem contribuir com aumento térmico local, isso talvez seja associado a outros controles como homogeneidade das edificações, fazendo com que haja um maior armazenamento da energia incidente e consequentemente uma maior liberação de calor (SANTANA, 1997), se diferenciando, portanto, do ponto da Aldeota, com heterogeneidade nas suas edificações.

#### Período noite (19 às 0 horas)

As temperaturas desse período do experimento exibem homogeneidade em seus valores, pois para todos os pontos as taxas estão na categoria de 24°C a 28°C, como exibe o quadro 21A. As áreas experimentais que apontaram para os mais reduzidos valores foram Alto Alegre, Cocó e Beira-Mar, não ultrapassando os 25,5°C, o que permitiu, dessa maneira, em associação com as taxas de vento e umidade, condições de Muito Úmido para a escala do INMET e Conforto na escala Te nesses pontos da pesquisa.

O ponto do Damas continua apresentando, também para esse período do episódio, as mais elevadas temperaturas com extremos de até 27,9°C às 20h, o que consequentemente configurou as mais intensas ilhas de calor para a noite com os valores de 2,4°C às 20h e 2,8 °C às 21h. A umidade do ar, apresentada no quadro 21B mostra um regime homogêneo em seus valores e exibe taxas na ordem de 65,1% até 95%. Essa característica é notada em todos os pontos somente a partir das 19h. As diferenças desse elemento chegam a 23% às 20h e 22% às 19 e 20 horas na cidade. Os pontos do Cocó, Lagoa, Sabiaguaba, Beira-Mar e Alto Alegre apresentam os mais expressivos valores higrométricos nesse período do experimento.

Quanto às diferenças térmicas em Fortaleza e no espaço urbano-rural, resultando nas ilhas de calor e frescor, se registraram valores superiores para a

realidade intra-urbana, seguindo assim a tendência dos outros períodos do experimento. Destaca-se que as maiores ilhas térmicas ao calor ocorrem nos horários de 20 e 21 horas, tanto no contexto intra-urbano como no inter-urbano. Desse modo, os valores das ilhas de calor são de 2,4°C às 20h e 2,8 °C às 21h para área do Damas e de 1,4°C e 1,3°C às 20 e 21 horas, respectivamente para a realidade inter-urbana.

Os contrastes detectados no campo higrométrico evidenciam que no ambiente intra-urbano os valores também foram superiores às taxas encontradas no ambiente inter-urbano, assim os valores chegaram até 23% às 20h, para o primeira realidade espacial e 10,4% para o segundo ambiente. As condições de conforto (Quadro 23) se configuraram dentro da zona de conforto, tanto para a escala Te quanto para o INMET, isso para todas as áreas experimentais da pesquisa em todos os registros da noite. Salienta-se que essa situação térmica se estende por todo o período da madrugada.

As taxas de vento (Quadro 21C) parecem ter pouco contribuído para a situação de conforto encontrados nas áreas da pesquisa, isso porque essa variável se apresentou para a maioria dos pontos com valores considerados baixos com ventos de 0 até 4,2 m/s, predominando ventos de calmaria (0- 1m/s) e bafagem (1,1m/s -2,4m/s). O único ponto da pesquisa que exibiu elevadas taxas foi Sabiaguaba com ventos na ordem de 8,5 m/s até 13,7 m/s. Quanto ao sentido dos ventos (Quadro 21C), ocorre uma maior freqüência de mensurações com a direção sudeste, apesar do ponto da Sabiaguaba e Beira-Mar apresentarem direções de leste e nordeste.

A nebulosidade (Quadro 21D) registra valores de 0/8 e 1/8 para os pontos entre 19 e 21 horas, para em seguida exibir taxas de cobertura de até 8/8, como ocorreu no ponto de Fátima, além de 7/8 para outras áreas do trabalho entre 22 e 23 horas. Já às 0h a situação de poucas nuvens volta a predominar. A tipologia das nuvens (Quadro 21E) confirma o cenário demonstrando com nuvens baixas do tipo cumulus para o período de 22 e 23 horas. Essas nuvens, certamente, estão vinculadas a um estado de bom tempo da atmosfera, como foi verificado na análise sinótica através das cartas e imagens meteorológicas.

A funcionalidade urbana investigada pela pesquisa, averiguada pelos fluxos de veículos e pessoas (Quadro 24), mostrou com valores baixos para a noite, sendo os pontos da Beira-Mar, Aldeota, Damas e Henrique Jorge detentores de taxas

moderadas de fluxos de veículos com uma média de 30 veículos por minuto entre 19 e 21 horas.

O maior fluxo de pedestres ocorreu na Beira-mar e Centro com taxas superiores a 40 pessoas por minuto. Esses valores correspondem aos maiores do experimento e ocorreram por conta da função turística e de lazer que carrega o bairro da Beira-Mar. Já no Centro, caracterizado por função comercial, o fato pode ser explicado por ser o último dia da semana, sexta-feira, logo há uma concentração de vendas de churrascos que reúne os trabalhadores da área.

#### Período Madrugada (1 às 6 horas)

A temperatura do ar na madrugada apresentou-se homogênea (Quadro 21A) para os pontos do trabalho, registrando valores que não ultrapassaram 26°C. Os valores máximos mensurados neste período foram de 26,5°C e 26°C para os pontos da Beira-Mar e Damas. A umidade também segue a tendência da homogeneização dos seus valores com taxas sempre superiores à 68,7%, porém, nunca registrando 100%, como mostra o quadro 21B.

As configurações das ilhas de calor deste período do episódio foram as de menor intensidade (Quadro 22). A tendência das ilhas de calor ser superior no espaço intra-urbano que no ambiente inter-urbano, verificada em todos os períodos do dia, também segue o ritmo para a madrugada. Foram registrados valores de até 2,5°C às 6h no ponto da Beira-Mar, contudo houve uma maior freqüência de ilhas de calor com intensidade de 1°C, ocorrido entre 1 às 3 horas no ponto do Damas. Para a realidade inter-urbana, as configurações das ilhas térmicas ao calor não ultrapassaram 2°C de intensidade para 5h.

As diferenças no campo higrométrico chegaram à taxa de 16,2% e 15,6%, às 4 e 5 horas, respectivamente, no ambiente da cidade de Fortaleza, sendo o ponto do Centro o detentor dos mais reduzidos valores para o período da noite e madrugada. Já as áreas experimentais da Beira-Mar e Alto Alegre apresentaram as maiores taxas higrométricas para o período, com valores de até 85%. No espaço inter-urbano, as maiores taxas foram de 12,1% às 4h e 7,9% às 5h.

Todas as áreas amostrais da pesquisa exibiram condições de conforto no período da madrugada, situação essa já estabelecida desde às 18h na escala Te e às 16h para o Diagrama do INMET. Valores na categoria de Muito Úmido na escala do INMET foram registradas com maior freqüência durante a madrugada para todos

os pontos, sendo que o Alto Alegre demonstrou essa condição em todos os horários também da noite, exceto às 0h, conforme demonstra o quadro 23B.

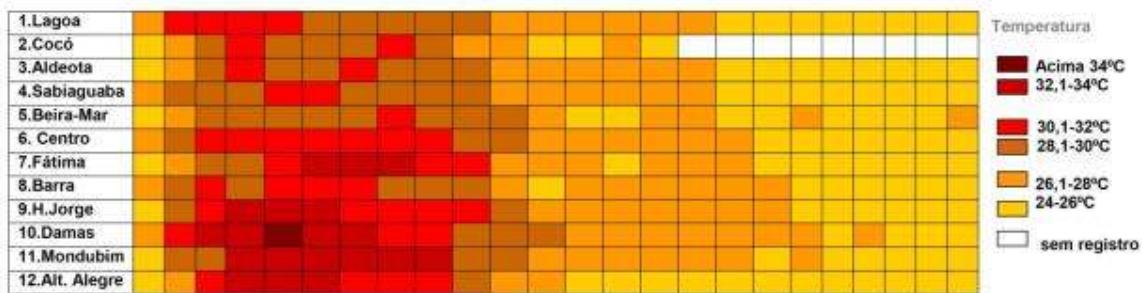
A variável velocidade do vento apresentou predominantemente taxas entre 1,1m/s até 4,2m/s na Escala Beaufort, como categoriza o quadro 21C, em ventos equivalentes à bafagem e aragem. O ponto da Sabiaguaba exibiu o maior fluxo desse elemento com ventos moderados (6,3m/s - 8,5m/s), seguido do ponto Alto Alegre com ventos fracos (4,3m/s - 6,2m/s). O quadro inverso foi detectado no Centro e Lagoa com ventos de calmaria (0-1m/s). As intensidades do vento associadas à temperatura e umidade do ar repercutiram de perto nas condições de conforto nas áreas de análise da pesquisa. A direção do vento segue o mesmo ritmo dos horários anteriores, ou seja, de sentido sudeste, apesar de registros de direções nordeste e leste.

A presença de nuvens baixas do tipo cumulus e stratocumulus (Quadro 21E) durante a madrugada provocou taxas moderadas de cobertura do céu (Quadro 21D), cujo valores chegaram até 7/8. Os horários que exibiram as mais elevadas taxas de nebulosidade foram às 5 e 6 horas, horários esses de registro das maiores magnitudes de ilhas de calor na madrugada.

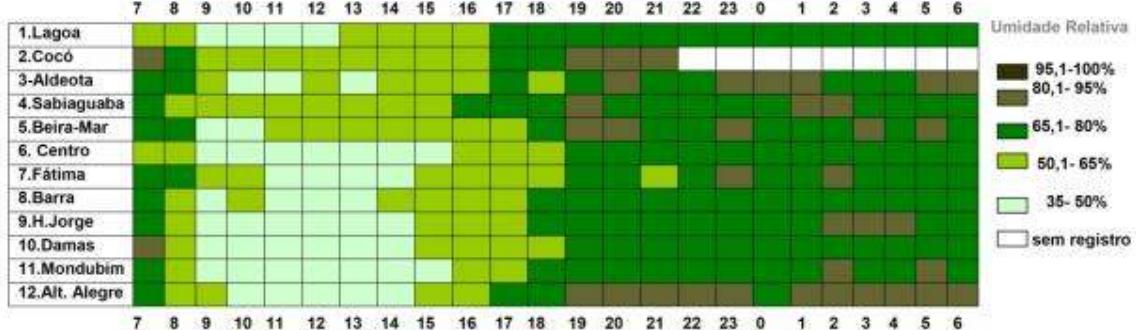
Os elementos de natureza urbana apresentaram-se predominantemente sob a categoria de ausente. Em alguns pontos como Henrique Jorge, Damas, Aldeota e Beira-Mar, o fluxo de veículos foi de até 10 veículos por minuto, sendo que às 6h esse fluxo chegou até 20 veículos por minuto, isso por conta do retorno da funcionalidade diária que as Avenidas desempenham próximas a esses pontos. Os fluxos de pessoas e veículos não exerceram influência nas variáveis meteorológicas do período da madrugada.

Quadro 21- Síntese dos atributos climáticos urbanos EXPERIMENTO II

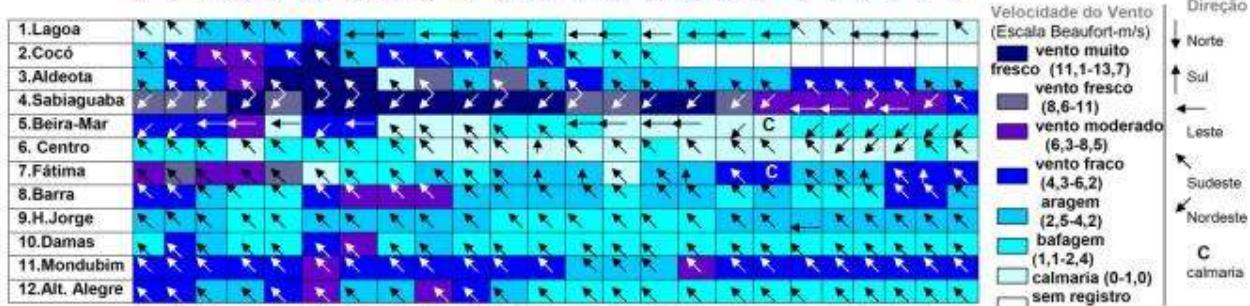
A



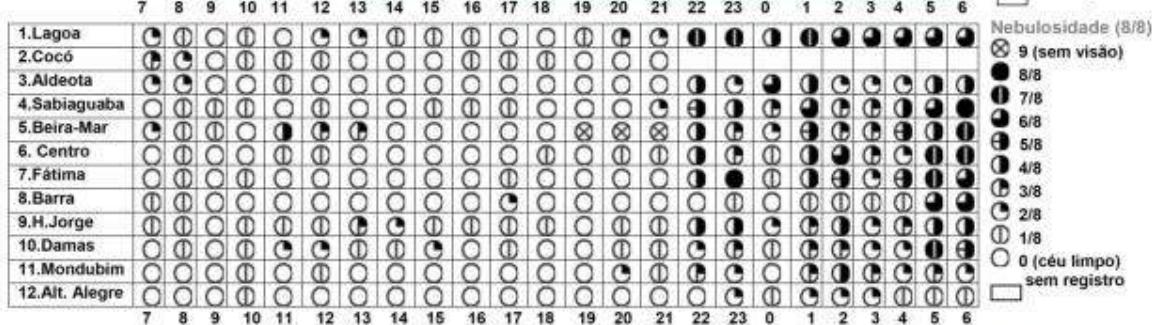
B



C



D



E



Sistema Atmosférico

Repercussão do Sistema TA, provocador de estabilidade atmosférica.

Quadro 22- Diferenças termo-higrométricas inter e intra-urbanas: Experimento I

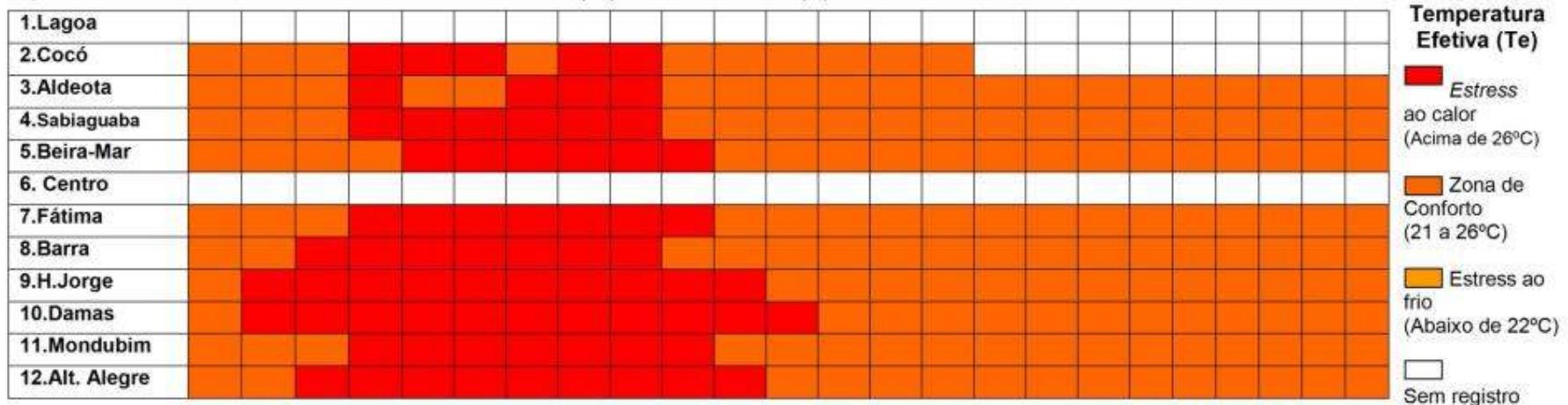
Hora	Campo térmico		Campo higrométrico	
	Inter-urbano	Intra-urbano	Inter-urbano	Intra-urbano
7	1,3°C IC -1,6°C IF	2,9°C IC	7,9%	21,6%
8	1,8°C IC -1,7 IF	3,5 °C IC	10,8%	22,4%
9	2,8°C IC -1,2°C IF	4,0 °C IC	17,8%	18,3%
10	2,1°C IC -1,9°C IF	5,0 °C IC	14%	23%
11	3,3°C IC -1,7°C IF	5,0 °C IC	9,9%	16%
12	1,8°C IC -3,0 °C IF	4,8 °C IC	5,2%	17%
13	0,4 °C IC -2,9 °C IF	3,3 °C IC	2,4%	17%
14	0,6 °C IC -3,4 °C IF	4,0 °C IC	0,2%	14,5%
15	1,1 °C IC -2,9 °C IF	4,0 °C IC	4,3%	26%
16	0,1 °C IC -2,1 °C IF	2,2 °C IC	3,3%	15,2%
17	1,6 °C IC -0,9 °C IF	2,5 °C IC	8,9%	13%
18	2,5 °C IC -0,5 °C IF	3,0 °C IC	10,6%	15%
19	0,9 °C IC -0,7 °C IF	1,6 °C IC	5,3%	22%
20	1,3 °C IC -1,1 °C IF	2,4 °C IC	6,6%	23%
21	1,4 °C IC -1,4 °C IF	2,8 °C IC	10,4%	22%
22	1,0 °C IC -0,5 °C IF	1,5 °C IC	4,3%	14,5%
23	1,1 °C IC -0,9 °C IF	2,0 °C IC	1,9%	13,2%
00	0,7 °C IC -0,8 °C IF	1,5 °C IC	4,5%	10,8%
01	0,8 °C IC -0,2 °C IF	1,0 °C IC	5,6%	13,1%
02	0,4 °C IC -0,6 °C IF	1,0 °C IC	4,3%	14,1%
03	1,1 °C IC -0,4 °C IF	1,5 °C IC	5,7%	14,4%
04	1,4 °C IC	1,0 °C IC	12,1%	16,2%
05	2 °C IC	2,0 °C IC	7,9%	15,6%
06	1,5 °C IC -1,0 °C IF	2,5 °C IC	2,2%	15,8%

IC- ilha de calor IF- ilha de frio ou frescor

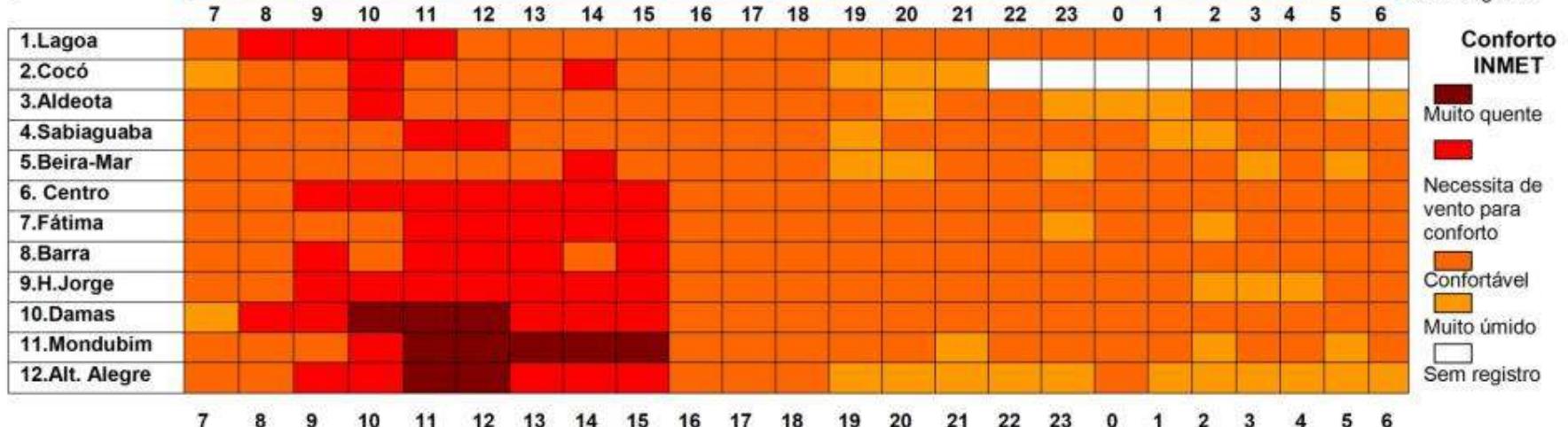
**Inter-urbano (Urbano - Rural):** representa as diferenças dos valores (temperatura e umidade do ar) obtidos no experimento da pesquisa em Fortaleza entre o valor registrado na PCD de Maranguape. Quando se realiza a diferença entre o maior valor da temperatura da pesquisa com o valor da PCD Maranguape se obtém a ilha de calor (IC) e quando a diferença é obtida com o menor valor da pesquisa se tem a ilha de de frio ou frescor.**Intra-urbano (Urbano - Urbano):** representa as diferenças dos maiores com os menores valores (temperatura e umidade do ar) obtidos no experimento da pesquisa em Fortaleza.

Quadro 23- Síntese do Conforto Térmico: escala Te (A) e escala INMET (B).

**A**

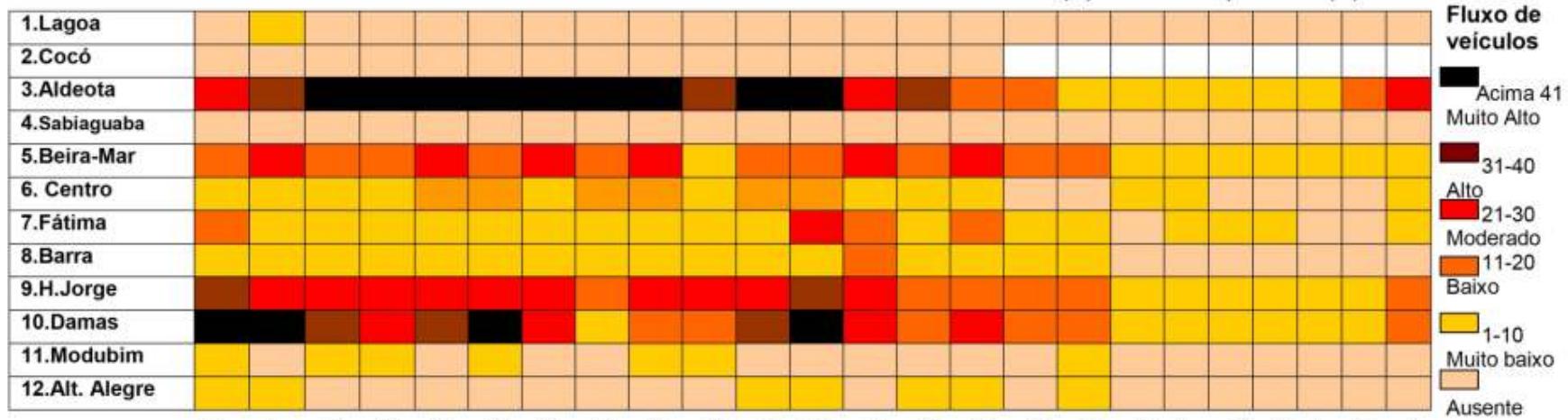


**B**



Quadro 24-Síntese dos elementos de natureza urbana EXPERIMENTO II: Fluxo de veículos (A) e Fluxo de pessoas (B).

A



B

Elemento	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6
1.Lagoa	A	1	1	A	A	1	1	A	A	1	1	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	1	
2.Cocó	1	1	1	1	A	A	A	A	A	1	1	1	A	A										
3.Aldeota	3	4	4	4	4	5	4	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	A	A	A	A	A	1	2
4.Sabiaguaba	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
5.Beira-Mar	3	3	3	3	2	2	1	1	2	2	4	5	4	5	5	5	3	1	1	1	A	A	1	3
6. Centro	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	2	A	A	A	A	A	1	1
7.Fátima	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	A	1	A	A	1	1	1	1	A	1
8.Barra	2	1	1	2	5	1	5	1	3	3	5	2	4	4	2	4	1	1	A	A	A	1	A	1
9.H.Jorge	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A	A	A	A	1
10.Damas	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	3	4	2	1	1	1	1	A	A	A	A	A	1	
11.Modubim	1	1	1	1	A	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	A	A	A	A	A	A	1
12.Alt. Alegre	1	1	A	A	1	1	1	A	A	A	1	1	1	1	1	1	1	A	A	A	A	A	A	

### 7.3- Análise sazonal dos episódios.

No item anterior do trabalho foi apresentada a descrição dos atributos climáticos coletados em campo, na perspectiva do ritmo diário concebido em categorias de análise, bem como pelas configurações do campo térmico das ilhas de calor e frescor dos ambientes intra e inter-urbano. Nesse momento são propostas considerações sobre a sazonalidade dos experimentos (Experimento I- outono austral, período da quadra chuvosa na cidade e Experimento II- primavera austral, período da quadra seca) sobre o viés, também, do ritmo diário, destacando os fatos de maior freqüência e repercussão das variáveis meteorológicas.

As configurações do campo térmico mostraram que o período de maior aquecimento na cidade ocorreu pela manhã a partir das 9h, se estendendo até às 17h. Fato esse habitual, já que é período que ocorrem os maiores picos de radiação solar incidente na superfície, bem como é o período de maior devolução dessa energia para a atmosfera. No Experimento I esse evento aconteceu entre as 9 até 17 horas com valores extremos no período da tarde de até 33,5°C às 15h no ponto do Henrique Jorge. Já no Experimento II esse processo aconteceu, de modo mais intenso, entre as 9 e 15 horas com os mais elevados valores no período da manhã, sendo o registro de 34,5°C às 11h no ponto do Damas.

As ilhas de calor apresentaram uma tendência de se expressarem mais intensas no período diurno, entre as 7 às 15 horas, para a realidade intra-urbana de Fortaleza. A seguir, uma síntese das configurações das ilhas térmicas:

- No experimento I as ilhas de calor são mais elevadas no período da manhã e tarde para o ambiente intra-urbano, mas é durante a noite e a madrugada que as magnitudes se tornam elevadas para o espaço inter-urbano. As ilhas de frescor para esse experimento estão presentes até às 17h com os maiores valores no período da tarde;
- Já no Experimento II as ilhas de calor foram presentes para todos os períodos do dia, com as maiores intensidades no período da manhã. As ilhas de frescor foram também presentes em todos os horários do episódio, exceto as 4 e 5 horas, se apresentando mais intensas no período da tarde, como ocorreu no Experimento I;
- As configurações das ilhas térmicas detectadas pela pesquisa vão ao encontro com o estabelecido por Mendonça (1994: 13) para as cidades de clima tropical, ou seja, de apresentar ilhas de calor diurnas na época do ano em que há

uma maior taxa de insolação e reduzidos valores de umidade. Dessa maneira, é no período da quadra seca na cidade, representado pelo Experimento II, realizado na estação de primavera austral, que as ilhas de calor se manifestaram com a maior freqüência e intensidade do que no Experimento I, período do ano de maior umidade e reduzida insolação, por conta do regime da quadra chuvosa;

- Destaca-se que no Experimento I a maior freqüência das ilhas de calor também ocorreu pela manhã, porém, à noite esse efeito térmico exibiu intensidades superiores ao Experimento II, isso por conta da cidade estar sob condições atmosféricas de moderada a elevada umidade e reduzidas taxas de insolação, situação típica da quadra chuvosa na região, referente ao Experimento I, apresentando assim uma lenta emissão da energia armazenada da massa edificada, logo apresentando ilhas de calor no período da noite de maior intensidade do que no Experimento II, que exibiu esse comportamento logo pela manhã;
- Cogita-se a possibilidade das elevadas taxas de radiação incidente na superfície urbana de Fortaleza pela manhã e sua devolução à tarde com o pico máximo às 15h, podendo se estender até as 17h, como aconteceu no Experimento I, serem os controles de primeira ordem para a configuração das mais intensas e freqüentes ilhas térmicas ao calor no período diurno, ficando o condicionamento dos controles urbanos (estrutura e funcionalidade da cidade) em um outro patamar de interferência, ou em associação, com o balanço energético natural, mas com menor grau de participação na configuração térmica ;
- Durante a manhã, as diferenças máximas das ilhas de calor foram de 4,7°C às 7h na Barra do Ceará, para o Experimento I, e de 5°C às 10 e 11 horas no ponto do Damas no Experimento II;
- À tarde as ilhas térmicas ao calor apresentaram valores máximos de até 4°C às 15h, isso para os dois experimentos. O fenômeno foi existente nos pontos da Sabiaguaba, Henrique Jorge e Damas para o Experimento I e Mondubim no Experimento II;
- No período da noite foi o ambiente inter-urbano que exibiu as maiores ilhas de calor com intensidade de até 4,6°C às 20h para o Experimento I. Já para o Experimento II as ilhas apresentaram seu valor máximo de 2,8°C às 21h para o ponto do Damas;

- Na madrugada o Experimento I apresenta ilha de calor de maior intensidade às 2h para a realidade inter-urbana. No Experimento II, às 6h ocorreu a configuração de maior magnitude com 2,5°C para o ponto da Beira-Mar;
- Os pontos do Cocó e Aldeota foram as áreas da pesquisa que presenciaram as maiores ilhas de frescor durante a manhã e tarde para ambos os experimentos. Essa condição térmica ocorreu para o ponto da Aldeota, mesmo situado em área com massa edificada elevada e de moderada verticalização, baixas cotas de espaço arborizado e de elevados fluxos de veículos e pessoas. Contudo, no Experimento I, foram detectadas ilhas de calor nesse ponto durante a noite e madrugada;
- Damas foi o ponto experimental que apresentou um ritmo de elevadas temperaturas e reduzidas taxas de umidade do ar e, consequentemente, as maiores ilhas de calor desta pesquisa nos dois experimentos do trabalho, para todos os períodos. Essa configuração foi mais nítida e intensa no Experimento II;
- Foi detectada uma tendência do Damas e Henrique Jorge, pontos localizados em áreas onde a massa edificada se apresenta de forma mais homogênea, com a ausência de verticalização, com percentual de vegetação bastante reduzida apresentar uma maior freqüência de ocorrência de ilhas de calor, predominantemente no período diurno;
- O fato supracitado foi também destacado por Santana (1997:110) que encontrou as maiores intensidades das ilhas de calor na cidade de Fortaleza, para o bairro São Gerardo, área com características semelhantes aos pontos do Damas e Henrique Jorge. Esse evento pode ser explicado, talvez, pelo rápido aquecimento da massa edificada de estrutura homogênea e consequentemente o ligeiro aquecimento da temperatura do ar por convecção.

A umidade do ar acompanha de perto o ritmo inverso da temperatura nos dois experimentos, com comportamento característico sazonal que representou bem os dias da pesquisa, exibindo assim valores mais elevados para o primeiro experimento do que o segundo. No Experimento I as mais reduzidas taxas ocorreram pela manhã, sendo que a partir das 21h os valores se apresentam predominantemente com taxas de 100% para todos os pontos da pesquisa. O Experimento II exibiu baixos valores também no período da manhã, apresentando categorias de 65,1% a 80% somente a partir das 19h. Não houve nesse experimento nenhum registro de 100%.

Quanto às diferenças dessa variável foi constatado que os valores no ambiente intra-urbano foram superiores àqueles do espaço inter-urbano, para todos os horários, e nos dois experimentos. Os valores máximos ocorreram no período diurno com taxas máximas de diferenças na ordem de 38% para o Experimento I às 7h e de 26% para o Experimento II às 15h.

A velocidade do vento demonstrou sua habitualidade climática de se apresentar mais intenso no período seco, representado pelo Experimento II e com taxas reduzidas na quadra chuvosa, referente ao Experimento I da pesquisa. Desse modo, predominaram ventos de calmaria e aragem, categorizados pelos valores de 0 até 4,2m/s de acordo com a Escala Beaufort para o Experimento I. As maiores intensidades desse experimento ocorreram nos pontos mais próximos do oceano, Beira-Mar e Sabiaguaba, e as mais reduzidas taxas nos pontos do Centro, Cocó e Lagoa.

No experimento II houve uma maior variação das intensidades da velocidade do vento, com ventos de calmaria a vento muito fresco, com uma oscilação de valores de 0 até 13,7m/s. As mais elevadas taxas dessa variável ocorreram no ponto da Sabiaguaba com valores predominantemente de 11,1 m/s a 13,7 m/s para todos os períodos do experimento. O ponto do Centro foi o que apresentou, novamente, os mais reduzidos valores do episódio. Cabe destacar que não houve uma tendência clara da velocidade do vento se apresentar mais intensa ou reduzida nos períodos do dia, isso nos dois experimentos da pesquisa. A direção sudeste foi o sentido do vento que apresentou a maior freqüência nos experimentos.

O conforto térmico, concebido pelas as escalas Te e do INMET, de modo geral refletiram de perto as condições térmicas, higrométricas e aerolares obtidas nos experimentos do trabalho. Sendo que o Experimento I apresentou uma maior freqüência de registro de desconforto, além das maiores intensidades dos valores nas duas escalas consideradas. Essa informação vai ao encontro com o já detectado por Moura (2006: 147), que afirma que é no período da quadra chuvosa na cidade que as condições de desconforto se elevam, condicionadas primordialmente pela redução dos ventos, altas taxas de nebulosidade e elevadas temperaturas.

A condição de desconforto para a escala Te foi registrada de forma mais nítida entre as 9 e 16 horas para todos os pontos nos dois experimentos da pesquisa, período esse que coincide com os maiores picos da temperatura do ar dos

experimentos. A configuração do conforto nessa escala ocorre mais cedo para o Experimento II, às 18h e somente às 21h para o Experimento I. A partir desses horários se estabeleceu situação de conforto em todos os registros para todos os pontos experimentais da pesquisa.

A escala do INMET apresenta sensação ao desconforto no período também diurno entre as 9 até 16 horas para o Experimento I e de 10 as 15 horas para o Experimento II, sendo detectadas condições de Muito Quente nesse período. O conforto nessa escala se estabelece nas primeiras horas dos experimentos e no final da tarde, já no período da noite apresenta condições de muita umidade. As escalas de conforto exibiram compatibilidade nos seus valores, entretanto, enquanto a escala Te exibia categoria de conforto durante os registros noturnos e da madrugada, a escala INMET mostrava valores na categoria de Muito Úmido, isso ocorreu, talvez, por conta da escala Te se tratar de um índice matemático e a escala INMET um diagrama.

A nebulosidade observada durante os trabalhos de campos foi reflexo das condições atmosféricas provindas dos sistemas de circulação zonal e regional que condicionaram instabilidade no Experimento I e estabilidade durante a realização do Experimento II. Dessa maneira, a cobertura do céu se manteve elevada com a presença de taxas de 8/8 para todo o período do Experimento I com maior expressividade desse valor a partir das 21h e, por conseguinte, durante toda madrugada. A tipologia de nuvens presentes nesse experimento foi predominantemente de cumulus e stratocumulus.

O Experimento II exibiu baixas taxas de cobertura do céu com maior freqüência de registros entre 0/8 a 2/8, isso ocorreu pela repercussão do sistema TA na cidade que condicionou a atmosfera com nuvens altas do tipo cirrus, bem como provocando céu limpo, como ocorreu para toda manhã.

Essa pesquisa levanta a hipótese de que a nebulosidade é um dos elementos de primeira instância na alteração do campo térmico da cidade, isso mesmo quando comparado com elementos de natureza urbana, como fluxo de veículos e até mesmo a massa edificada. Esse processo parece ser mais intenso na estação chuvosa, época de maior instabilidade e presença de nuvens convectivas. Essa hipótese surgiu pela observação direta em campo tanto nesta pesquisa como na de Moura (2006). Assim, a variável é um agente ativo no balanço energético atmosférica-

superfície nas cidades por meio do bloqueio ou não dos fluxos de radiação solar incidente.

Muito ainda precisa ser verificado a respeito da nebulosidade e consequentemente da tipologia das nuvens sobre a configuração nos climas urbanos. Ressalta-se que há um grupo de pesquisa do Laboratório de Nuvens do Departamento de Física/UFC, que junto com a FUNCUME, realizam estudos das propriedades termodinâmicas das nuvens e seu papel no desempenho das precipitações no estado do Ceará, especialmente as do tipo cumulus, através de modelagens matemáticas.

Os elementos de natureza urbana, fluxo de veículos e pessoas, exibiram valores semelhantes para as áreas da pesquisa para os dois experimentos, demonstrando categorias ausente ou muito baixa para os pontos da Lagoa, Cocó e Mondubim e alta e muito alta para os pontos do Damas, Henrique Jorge, Centro e mais intensamente para o ponto da Aldeota. Destaca-se que para os dois experimentos da pesquisa esse ponto exibiu essa condição, sem que houvesse interferência na temperatura do ar local, fato que reforça a hipótese, já apresentada neste trabalho, de que os elementos urbanos como o fluxo de veículo não são agentes de maior interferência na configuração térmica local.

Encerra-se esta apresentação da dissertação concluindo que as variáveis meteorológicas obtidas no campo apresentaram condição que expressou a realidade da sazonalidade nos períodos de realização dos experimentos, o que demonstrou um efetivo condicionamento da habitualidade climática sazonal na configuração do clima urbano de Fortaleza.

# O RITMO DOS ATRIBUTOS CLIMÁTICOS URBANOS: CONFIGURAÇÕES ESPACIAIS.

### 8.1- O ritmo horário e sazonal dos atributos climáticos: configurações higrotérmicas, aerolares e do conforto térmico na cidade.

Neste momento do trabalho os atributos climáticos urbanos serão apresentados sob a ótica da espacialização, com a pretensão de verificar o comportamento dos elementos meteorológicos dentro do recorte geográfico da cidade a fim de se estabelecer relações do clima urbano com as unidades territoriais do município: regionais administrativas, bairros e setores.

As variáveis velocidade do vento, temperatura e umidade do ar foram eleitas para a verificação desse processo, já que são esses elementos os mais fundamentais para a compreensão do conforto térmico urbano. Os preditores de análise serão os mesmos adotados no capítulo anterior, ou seja, em períodos: manhã, tarde, noite e madrugada para um melhor acompanhamento do ritmo horário das variáveis.

A espacialização dos elementos meteorológicos, em forma de isolinhas, foi obtida por meio do software *Surfer* versão 8.0. A entrada das coordenadas geográficas dos pontos experimentais da pesquisa, juntamente com os valores assumidos pelas variáveis nesses pontos, para cada horário do experimento, permitiu a criação de uma malha espacial em forma de retângulo. Isso só foi possível através do uso de um algoritmo de interpolação que estima o valor da variável sob estudo em um ponto não amostrado da pesquisa.

O método de interpolação adotado neste trabalho foi da Krigagem, escolhido por apresentar uma melhor precisão e assumir uma maior fidelidade à base de dados (LANDIM, MONTEIRO & CORSI, 2002). Foi necessária uma sobreposição de um mapa base de Fortaleza em cada malha espacial confeccionada para a tomada do contorno geográfico da cidade. Para esse fim, se utilizou da Carta Topográfica da Cidade na escala de 1: 80.000 (FORTALEZA, 2006). Para a apresentação desse trabalho houve a necessidade de reduzir essa escala, assim a escala dos mapas apresentados a seguir é de aproximadamente 1: 270.000.

Salienta-se que o software não disponibiliza um ajustamento fiel das dimensões da malha com o mapa base da cidade, estando sempre a malha com uma dimensão maior que o contorno da cidade. Deve-se atentar também que os mapas de isovalores que serão apresentados constam cada um de uma escala graduada em cores, referente às categorias de valores das variáveis meteorológicas, para o horário em evidência, não sendo, portanto, uma escala padrão de registro. Logo cada mapa de

isolinhas apresentado terá sua própria escala de valores. Os mapas de conforto térmico foram concebidos pela escala Te, não sendo possível criar mapas para a do INMET, devido essa se apresentar com conforto em uma linguagem não numérica.

As linhas de isovelocidade do vento foram estabelecidas com base nas categorias da Escala Beaufort, assim atribui-se um valor inteiro para cada categoria dessa escala, porque o *software Surfer* não trabalha com dados concebidos em escala de intervalo, como é o caso da Escala Beaufort. Logo temos: **calmaria** = valor 1m/s, isso representa que os dados dos experimentos que foram de calmaria serão representados por 1m/s no mapa das isolinhas, **bafagem** = 2m/s; **aragem** = 3 m/s; **vento fraco** = 4m/s; **vento moderado** = 5 m/s; **vento fresco** = 6 m/s e **vento muito fresco** = 7m/s.

### Período da manhã

#### 7 HORAS

As configurações das linhas da figura 56 A I e A II evidenciam ilhas de calor no setor sudoeste e oeste da cidade com isotermas de até 28,2°C para o Experimento I e isotermas de 27,8°C que delineiam ilha de calor para o setor centro norte no Experimento II. As linhas de umidade, as isoígras (Figura 56 B I e B II), convergem sua formação ao oposto das isotermas em ambos os experimentos com taxas reduzidas de até 76% no Experimento I e 65% no Experimento II. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 56 C I e C II) apresentam valores predominantemente de calmaria nos experimentos, exibindo maior intensidade no segundo experimento com valores de até 5m/s. As linhas de isoconforto apresentadas na figura 59 A I e A II demonstram ilhas de conforto no centro leste e ilhas de desconforto no setor sudoeste da cidade para o Experimento I. Já no Experimento II houve configurações de conforto para todo o município.

#### 8 HORAS

As ilhas de calor tendem a se configurar também no setor sudoeste, além do setor noroeste para o Experimento I (Figura 57 A I). No Experimento II as linhas de 30°C contornam o pico máximo de uma ilha de calor na região centro leste da cidade, correspondendo aos bairros Edson Queiroz e Água Fria, já as ilhas de frescor desse experimento são espacializadas nos setores sul e extremo noroeste do município (Figura 57 A II). As isoígras (Figura 57 B I e B II) demonstram taxas reduzidas nos

setores onde se configuram as ilhas de calor com valores mínimos de 76% e 55%, respectivamente para o experimento I e II. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 57 CI e CII) exibiram valores elevados para os setores oeste e sudoeste e taxas reduzidas para o setor centro leste, configurações essas válidas para os dois experimentos. As linhas de isoconforto (Figura 59 BI e BII) demonstram que no Experimento I houve a presença de ilhas de desconforto nos mesmos setores onde se configuraram ilhas de calor, ou seja, nos setores sudoeste e noroeste. O experimento II apresenta condição de conforto para toda a cidade, já que as linhas não são superiores a 26°C, estando assim, portanto, dentro da zona de conforto, que é de 21°C a 26°C.

### 9 HORAS

As ilhas de calor aparecem no Experimento I nos setores centro oeste e sudoeste da cidade e as ilhas de frio no setor sul (Figura 58 AI). O Experimento II exibe nítidas ilhas de frescor definidas por linhas com valores inferiores a 28°C e uma ilha de calor localizada no setor centro leste, contornada por linhas superiores a 30,9°C (Figura 58 AII). As isoígras (Figura 58 BI e BII) evidenciam taxas reduzidas de 63% para o setor oeste no Experimento I e elevadas para o quadrante sul e leste com taxas superiores a 77%. No Experimento II os valores reduzidos se localizam na porção central da cidade e as taxas elevadas, de até 59,7%, no setor sul. O vento se configura com maior intensidade para o setor oeste e com menor força no quadrante leste para o Experimento I (Figura 58 CI). No Experimento II, como mostra a figura 58 CII, as linhas de isovelocidades se concentram no setor sudoeste da cidade com valores superiores a 6,2 m/s. O conforto térmico (Figura 59 CI e CII) exibe ilhas de desconforto na região central de Fortaleza e no centro leste, respectivamente para os experimentos I e II. Já as ilhas de conforto se delineiam no setor sul para o primeiro experimento e na porção sudoeste para o segundo episódio.



### 10 HORAS

As ilhas térmicas (Figura 60 AI e AII) se configuram em todo o sentido leste e oeste da cidade com isotermas de até 33,6°C no Experimento II, já as ilhas de calor do Experimento I se estabelecem nos setores oeste e sudoeste com isotermas de 30,8°C. As ilhas de frescor se apresentam no quadrante leste e noroeste, respectivamente, para o experimento I e II da pesquisa. As isoígras (Figura 60 BI e BII) se estabelecem com contornos inversos às isotermas, apresentando taxas reduzidas para o setor leste no Experimento I e os quadrantes leste e oeste para o Experimento II. A velocidade do vento (Figura 60 CI e CII) demonstra baixas intensidades para a porção centro leste de Fortaleza nos dois episódios. As linhas de conforto (Figura 63 AI e AII) exibem uma nítida ilha de desconforto no setor oeste para o Experimento I, já para o outro experimento o desconforto é presente em todo território, exceto para a faixa norte da cidade próxima ao litoral.

### 11 HORAS

As ilhas de calor (Figura 61 AI e AII) exibiram sua maior intensidade no setor sudoeste com isoterma de 31,4°C para o Experimento I e 32,8°C para a porção oeste no Experimento II. Já as ilhas de frio se concentraram na porção sul da cidade. As linhas de umidade (Figura 61 BI e BII) configuraram elevadas taxas no setor sul da cidade para os experimentos. As linhas de isovelocidade (Figura 61 CI e CII) exibem seus menores valores para a porção centro leste da cidade. A figura 63 BI e BII mostram ilhas de desconforto para toda a cidade com linhas a partir de 27°C, valor que extrapola a zona de conforto, no Experimento II a exceção fica para a porção noroeste e sul do município.

### 12 HORAS

As isotermas (Figura 62 AI e AII) exibem ilhas de calor no setor sudoeste e leste, respectivamente para os experimentos I e II. As ilhas de frio se configuram para toda a faixa do litoral no Experimento I e para os setores noroeste e sul no Experimento II. A umidade (Figura 62 BI e BII) apresenta linhas que seguem o ritmo inverso das isotermas. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 62 CI e CII) seguem com a tendência de exibir baixas taxas na porção centro leste da cidade. As linhas de isoconforto da figura 63 CI e CII exibem condição de desconforto para toda a cidade, exceto para as porções nordeste e noroeste, na faixa litorânea de Fortaleza, para o Experimento II.



### **Período da tarde**

#### **13 HORAS**

As isotermas da figura 64 AI e All demarcam ilhas de calor para a porção centro leste e oeste, respectivamente para o experimento I e II. As ilhas de frio se apresentam para o setor sul nos dois episódios, mas também se configuraram para as porções centro-leste e noroeste no Experimento II. As isoígras (Figura 64 BI e BII) mostram que as menores taxas de umidade se concentraram no quadrante centro-leste no Experimento I e oeste no Experimento II. O vento (Figura 64 CI e CII) exibe maior intensidade no setor sudoeste para os dois experimentos. As linhas de conforto (Figura 67 AI e All) revelam que houve desconforto para toda a cidade no Experimento I com ilhas nos setores sudoeste e centro-leste. No Experimento II já houve a existência de ilhas de conforto no setor sudoeste.

#### **14 HORAS**

As ilhas de calor (Figura 65 AI e All) se configuraram na porção central e sudoeste da cidade para o Experimento I e leste para o Experimento II, já as ilhas de frescor no setor noroeste e sul para o primeiro experimento e centro-norte e sudoeste no segundo experimento. As isoígras (Figura 65 BI e BII) se apresentaram com valores mais reduzidos nos espaços onde ocorreram as ilhas de calor. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 65 CI e CII) demonstram que as maiores intensidades ocorreram na porção sudoeste e leste para o Experimento I e setor sudoeste para o Experimento II. As linhas que definem o conforto (Figura 67 BI e BII) demonstram condição de desconforto para toda a cidade nos dois experimentos, exceto no setor sudoeste para o Experimento II.

#### **15 HORAS**

A presença de ilhas de calor (Figura 66 AI e All) ocorreu na porção central da cidade para o Experimento I e setor leste para o Experimento II. As ilhas de frio se configuraram para o sul em ambos os experimentos. As isoígras (Figura 66 BI e BII) apresentam taxas reduzidas para a região central e leste, respectivamente para o Experimento I e II. As linhas de isovelocidade (Figura 66 CI e CII) demonstram que os ventos foram mais intensos nos setores de ocorrência das ilhas de calor. O conforto térmico (Figura 67 CI e CII) segue com a tendência de exibir condição de desconforto para toda a cidade com exceção para o setor sudoeste no Experimento II.



### 16 HORAS

As ilhas de calor (Figura 68 AI e AII) foram presentes na porção central e oeste no Experimento I e oeste e centro-leste para o Experimento II. As ilhas de frescor se configuraram para o sul e sudoeste, respectivamente para o Experimento I e II. As linhas de umidade (Figura 68 BI e BII) apresentam taxas reduzidas nos setores de ocorrências de ilhas de calor e elevadas para as áreas em que ocorreram as ilhas de frio. O vento (Figura 68 CI e CII) apresenta taxas reduzidas para o setor noroeste e elevadas para o sudoeste da cidade para os dois episódios da pesquisa. As linhas de conforto (Figura 71 AI e AII) evidenciam que para o Experimento I houve condição de desconforto para todo o município, já no Experimento II a situação é de conforto para toda a cidade com isolinhas de até 26°C, estando, portanto, dentro dos limites da zona de conforto.

### 17 HORAS

Houve a presença de ilhas de calor (Figura 69 AI e AII) no setor leste para os dois experimentos, além dos setores oeste e noroeste para o Experimento II. As ilhas de frescor se configuraram para o setor sudoeste. As isoígras (Figura 69 BI e BII) seguem o ritmo mais reduzido nos setores de ocorrência das ilhas de calor. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 69 CI e CII) são mais intensas no setor sudoeste com taxas de até 6m/s, área de ocorrência das ilhas de frescor dos experimentos. As isolinhas de conforto (Figura 71 BI e BII) exibem ilhas de desconforto para o setor leste no Experimento I e porção central para o Experimento II.

### 18 HORAS

As ilhas de calor (Figura 70 AI e AII) se configuraram na porção leste e sudeste para o Experimento I e nos setores leste e noroeste para o Experimento II. As ilhas de frio ocorreram na área central do município. As isoígras (Figura 70 BI e BII) se delineiam seguindo a configuração inversa do campo térmico com taxas reduzidas para o setor leste da cidade com valor de 72% e 65% para o Experimento I e II, respectivamente. O vento (Figura 70 CI e CII) exibe maior intensidade no setor sudoeste da cidade, além dos setores oeste e leste para o Experimento I. O conforto térmico (Figura 71 CI e CII) se estabelece nos setores leste para o primeiro experimento e sul para o segundo. As ilhas de desconforto são presentes nos quadrantes oeste e noroeste, respectivamente para o Experimento I e II.



## Período da noite

### 19 HORAS

As ilhas de calor (Figura 72 AI e AII) se configuram no setor leste da cidade para os dois experimentos, com isotermas de 29°C no Experimento I e 27,3°C para o Experimento II. As ilhas de frescor são mais freqüentes no Experimento II. As isoígras (Figura 72 BI e BII) evidenciam taxas reduzidas de até 71% para o setor leste de Fortaleza. O vento (Figura 72 CI e CII) exibe valores reduzidos de até 2,2 m/s na área de ocorrência das ilhas de calor, ou seja, no setor leste. As isolinhas de conforto (Figura 75 AI e AII) demonstram que houve situação de conforto para os quadrantes oeste, noroeste e norte da cidade para o Experimento I, já para o segundo experimento tal situação ocorreu ao noroeste, norte e porção central.

### 20 HORAS

As ilhas de calor (Figura 73 AI e AII) continuam localizadas no setor leste do município, com maior intensidade para o Experimento I, cujas isotermas são de 28,4°C. As ilhas de frio se configuram na porção centro-norte para o Experimento I e noroeste no Experimento II. As isoígras (Figura 73 BI e BII) demonstram valores reduzidos nos setores leste e sudeste, áreas de ocorrência das ilhas de calor. As linhas de isovelocidade dos ventos (Figura 73 CI e CII) exibem taxas reduzidas nas áreas de ocorrência das ilhas de frescor. As linhas de conforto (Figura 75 BI e BII) seguem com a tendência de exibir ilhas de conforto para os setores oeste e noroeste no Experimento I e norte e noroeste para o Experimento II.

### 21 HORAS

As ilhas de calor (Figura 74 AI e AII) estão presentes no setor sudoeste com isotermas de 25,9°C e centro leste com 26,8°C, respectivamente para o Experimento I e II. As ilhas de frio se configuraram no setor oeste e porção central no Experimento I e quadrante sudoeste no Experimento II. As isoígras (Figura 74 BI e BII) exibem taxas reduzidas para os setores sudoeste e oeste no primeiro experimento e porção nordeste para o segundo episódio. O vento (Figura 74 CI e CII) segue com a tendência de apresentar taxas reduzidas nas áreas de ocorrência das ilhas de frescor. As linhas de conforto térmico (Figura 75 CI e CII) definem condição de conforto para toda a cidade, sendo os setores oeste no Experimento I e sudoeste para o Experimento II detentores das mais expressivas ilhas de conforto.



## 22 HORAS

As ilhas de calor (Figura 76 AI e AII) são presentes no Experimento I no setor sul com isoterma de até 25,8°C, já para o Experimento II elas se localizam no setor oeste, noroeste e extremo norte da cidade com isoterma de 26,5°C. As ilhas de frio se configuram nos setores oeste e porção central para o Experimento I e II, respectivamente. As isoígras (Figura 76 BI e BII) se configuram com valores elevados entre 84% a 100% nas áreas de ocorrência das ilhas de frio. O vento (Figura 76 CI e CII) exibe taxas baixas nos setores da cidade onde se localizam as ilhas de calor. As isolinhas de conforto (Figura 79 AI e AII) definem condição de conforto para todo o município no Experimento I. Essa situação para o Experimento II só é presente na porção central da cidade.

## 23 HORAS

As ilhas de calor (Figura 77 AI e AII) se apresentam em toda porção entre o nordeste e o sudoeste no Experimento I e setor sudeste e oeste no Experimento II. As ilhas de frescor são presentes no setor oeste para o primeiro episódio e quadrante central para o segundo experimento. As isoígras (Figura 77 BI e BII) se delineiam com taxas reduzidas nas áreas de ocorrência das ilhas de calor. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 77 CI e CII) evidenciam valores reduzidos para os setores das ilhas de frescor. As linhas de conforto (Figura 79 BI e BII) demonstram situação de conforto para toda a cidade, com expressivas ilhas de conforto nos setores oeste e porção central para os Experimentos I e II, respectivamente.

## 00 HORAS

As ilhas de calor (Figura 78 AI e AII) se configuram de modo menos intenso, mas ainda presente nos setores leste para o Experimento I e sul no Experimento II. As ilhas de frescor possuem uma maior freqüência na cidade. As linhas de umidade (Figura 78 BI e BII) mostram valores superiores a 75% para todo território de Fortaleza. O vento (Figura 78 CI e CII) apresenta linhas de isovelocidade de reduzidos valores para as áreas de ocorrência das ilhas de frescor. As isolinhas de conforto (Figura 79 CI e CII) definem condição de conforto para toda a cidade, com nítidas ilhas de conforto para os quadrantes oeste e noroeste no Experimento I e porção central e setor noroeste para o Experimento II.



## Período da madrugada

### 01 HORA

As ilhas térmicas (Figura 80 AI e All) não se configuram nesse horário, embora haja diferenças de até 1°C entre as isotermas. Apesar disso, são detectáveis nos setores oeste, noroeste e quadrante central para o Experimento I, e setor leste no Experimento II, isotermas que definem condição de frescor. As isoígras (Figura 80 BI e BII) exibem elevadas taxas para a porção central da cidade. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 80 CI e CII) demonstram situação de calmaria com valores de 0m/s no quadrante central de Fortaleza. As isolinhas que definem o conforto térmico (Figura 83 AI e All) evidenciam que toda a cidade está sob a condição de conforto com isolinhas registrando valores não superiores a 25°C.

### 02 HORAS

As isotermas (Figura 81 AI e All) não chegam a configurar ilhas de calor, embora haja registro de diferenças térmicas de até 2°C, contudo são perceptíveis isotermas com valores moderados no setor leste do Experimento I e porção central e quadrante noroeste no Experimento II. As isoígras (Figura 81 BI e BII) exibem taxas reduzidas no setor leste para o Experimento I e centro-norte para o Experimento II. O vento (Figura 81 CI e CII) demonstra baixos valores nas áreas onde se espacializam as maiores isotermas no Experimento I e situação inversa, ou seja, elevados valores para o Experimento II. As linhas de conforto (Figura 83 BI e BII) evidenciam condição de conforto para todo o município em ambos os episódios.

### 03 HORAS

As isotermas (Figura 82 AI e All) não definem ilhas térmicas para o Experimento I, mas, no entanto, configuram zonas de maior temperatura para o setor sudeste e sul. No Experimento II é notável a presença de duas ilhas de frescor nos setores centro norte e noroeste. As isoígras (Figura 82 BI e BII) apontam valores elevados para o quadrante central da cidade, área de ocorrência das mais reduzidas temperaturas. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 82 CI e CII) demonstram taxas baixas na porção central, área onde se apresentam isotermas de menores valores. O conforto térmico (Figura 83 CI e CII) exibe linhas que categorizam situação de conforto para todo o município. As maiores magnitudes dessa condição de conforto aparecem no setor oeste para o Experimento I e toda a região centro-norte no Experimento II.



## 04 HORAS

As isotermas (Figura 84 AI e AII) seguem com a tendência de não configurar ilhas térmicas para o Experimento I, embora se tenha registrado ilhas de calor com intensidade de 1,2°C. Para o Experimento II há uma ilha de calor no setor noroeste e uma ilha de frio para a porção centro-oeste da cidade. As isoígras (Figura 84 BI e BII) exibem taxas elevadas para o quadrante central, área de concentração das mais reduzidas isotermas. O vento (Figura 84 CI e CII) também segue com a tendência de exibir valores reduzidos nos setores que registraram baixas temperaturas. As linhas de conforto (Figura 87 AI e AII) definem condição de conforto para toda a cidade, sendo o setor oeste detentor da mais expressiva ilha de conforto.

## 05 HORAS

As ilhas de calor (Figura 85 AI e AII) voltam a ter configuração nesse horário para o Experimento I, sendo presente nos quadrantes noroeste e central, já as ilhas de frio para esse experimento se localizam no setor central e sul da cidade. As isotermas não delimitam ilhas de calor para o Experimento II, apenas uma ilha de frescor no setor oeste. As isoígras (Figura 85 BI e BII) evidenciam taxas reduzidas de umidade nos setores da cidade onde houve valores elevados da temperatura. As linhas de isovelocidade do vento (Figura 85 CI e CII) exibem valores reduzidos nas áreas onde ocorreram ilhas de frio no Experimento I e taxas elevadas onde a temperatura foi maior para o Experimento II. Há condição de conforto para toda cidade (Figura 87 BI e BII).

## 06 HORAS

As ilhas de calor (Figura 86AI e AII) estão presentes na porção central do município e noroeste para o Experimento I e II, respectivamente. As ilhas de frescor aparecem nos setores nordeste, leste e oeste para o primeiro episódio e setor noroeste para o segundo experimento. As isoígras (Figura 86 BI e BII), neste horário, já apresentam umidade elevada nas áreas onde se apresentam as ilhas de frescor. As linhas de isovalores do vento (Figura 86 CI e CII) demonstram velocidades reduzidas na porção centro-nordeste da cidade, setores que registraram valores baixos de temperatura do ar. O campo do conforto térmico (Figura 87 CI e CII) exibiu situação de conforto para toda a cidade e assim como às 5h apresentou isolinhas delineadoras da maior expressão de conforto no setor oeste para ambos os experimentos.



Os atributos climáticos descritos na perspectiva da configuração espacial da cidade permitiram uma visualização do comportamento horário e sazonal desses elementos, subsídio esse que conduziu uma melhor definição do campo térmico em Fortaleza. A seguir serão apresentadas considerações, em forma generalizada, dessa descrição:

- As isolinhas presentes nos mapas geradas pelo Surfer não sofreram modificações capazes de distorcer a realidade fornecida pelos doze pontos experimentais da pesquisa;
- A temperatura do ar obtida por meio das isotermas possibilitou o delineamento das ilhas térmicas (ilhas de calor e frio) e sua espacialização pela cidade. No intuito de verificar a freqüência das ilhas térmicas nos setores do município foi elaborado o Quadro 25 A, B ,C e D;
- Após análise do Quadro 25 conclui-se que as maiores ocorrências de ilhas de calor aconteceram no Experimento I no período da manhã com dez configurações, para no restante do dia (tarde, noite e madrugada) apresentar a freqüência de mesma ordem em ambos os experimentos;
- As ilhas de frescor apresentaram maior freqüência para todo o período do dia no Experimento II, exceto na madrugada;
- Não foi detectada configuração de ilhas de frio no período da madrugada, isso por conta de uma maior homogeneização das temperaturas, que não ultrapassaram os 26,5 °C;
- A partir de 1 até as 4 horas não houve configuração de ilhas de calor para o Experimento I, esse fato também ocorre para o Experimento II, exceto às 2h;
- Mesmo no período da noite e em alguns horários da madrugada, os setores da cidade que presenciaram ilhas de calor foram aqueles de maior adensamento urbano, ou seja, nos setores sudoeste, oeste, noroeste e quadrante central;
- Foi no setor sudoeste, seguido da porção central da cidade onde ocorreu a maior freqüência de ilhas de calor para o Experimento I, já no Experimento II houve um maior aparecimento das ilhas nos setores leste, oeste e noroeste;
- O setor sul foi o detentor das maiores freqüências de ilhas de frio para o Experimento I. No experimento II não houve estabelecimento de um único setor, estando as ilhas de frescor presentes em diversos compartimentos do município;

- A maior freqüência de espacialização das ilhas de calor nos setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central da cidade coincidem com as áreas onde se instalaram os pontos experimentais da pesquisa que registraram os mais altos valores de temperatura do ar e consequentemente as mais reduzidas taxas de umidade;
- As isoígras, linhas que definiram a espacialização da umidade, seguiram nitidamente o comportamento inverso das isotermas, apresentando ilhas de elevada umidade nos setores de ocorrência das ilhas de frescor e ilhas de baixa umidade nas áreas onde houve a presença de ilhas de calor, sendo que no Experimento II as isolinhas não registraram valores de 100%, fato esse habitual para o período em que foi realizado este experimento;
- Quanto à variável velocidade do vento, definida por meio das linhas de isovelocidade, não apresentou uma configuração nítida de freqüência nos setores da cidade, porém, houve a tendência no período da manhã de exibir reduzidos valores nas áreas de ocorrência das ilhas de frescor para o Experimento I, e no Experimento II, onde houve a presença de ilhas de calor;
- O conforto térmico, concebido pelas linhas que configuraram tanto ilhas de conforto quanto ilhas de desconforto na cidade, seguiram a mesma freqüência quanto à espacialização das ilhas térmicas, ou seja, exibindo ilhas de desconforto nas áreas de ocorrências das ilhas de calor e ilhas de conforto nos setores de frio;
- Para todo o período da tarde (14 às 17 horas), foram registradas nos dois experimentos da pesquisa ilhas de desconforto na cidade. A partir das 21h foi detectada a condição de conforto, estando portanto as isolinhas com valores inferiores a 26 °C e superiores a 20 °C, logo dentro da zona de conforto estabelecido pelo índice Te.

Quadro 25 - Freqüência espacial das ilhas térmicas nos setores na cidade de Fortaleza (Período da manhã)

Hora	Ilhas	Setores EXPERIMENTO I (Outono)												Setores EXPERIMENTO II (Primavera)												
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	
7	IC																									
	IF																									
8	IC																									
	IF																									
9	IC																									
	IF																									
10	IC																									
	IF																									
11	IC																									
	IF																									
12	IC																									
	IF																									

## LEGENDA:

N (Norte); NE (Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); S (Sul); SW (Sudoeste); W (Oeste); NW (Noroeste); C (quadrante central da cidade); C-N (Quadrante Centro Norte); C-E (Quadrante Centro-Leste) e C-W (Quadrante Centro Oeste)

IC (ILHA DE CALOR)



IF (ILHA DE FRESCOR)



Quadro 2 - Freqüência espacial das ilhas térmicas nos setores da cidade de Fortaleza (Período da tarde)

Hora	Ilhas	Setores EXPERIMENTO I (Outono)												Setores EXPERIMENTO II (Primavera)												
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	
13	IC																									
	IF																									
14	IC																									
	IF																									
15	IC																									
	IF																									
16	IC																									
	IF																									
17	IC																									
	IF																									
18	IC																									
	IF																									

## LEGENDA:

N (Norte); NE (Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); S (Sul); SW (Sudoeste); W (Oeste); NW (Noroeste); C (quadrante central da cidade); C-N (Quadrante Centro Norte); C-E (Quadrante Centro-Leste) e C-W (Quadrante Centro Oeste)

IC (ILHA DE CALOR)



IF (ILHA DE FRESCOR)



Quadro 25- Freqüência espacial das ilhas térmicas nos setores da cidade de Fortaleza (Período da noite)

Hora	Ilhas	Setores EXPERIMENTO I (Outono)												Setores EXPERIMENTO II (Primavera)												
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	
19	IC																									
	IF																									
20	IC																									
	IF																									
21	IC																									
	IF																									
22	IC																									
	IF																									
23	IC																									
	IF																									
00	IC																									
	IF																									

## LEGENDA:

N (Norte); NE; (Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); S (Sul); SW (Sudoeste); W (Oeste); NW (Noroeste); C (quadrante central da cidade); C-N (Quadrante Centro Norte); C-E (Quadrante Centro-Leste) e C-W (Quadrante Centro Oeste)

IC (ILHA DE CALOR)



IF (ILHA DE FRESCOR)



Quadro 25- Freqüência espacial das ilhas térmicas nos setores da cidade de Fortaleza (Período da madrugada).

Hora	Ilhas	Setores EXPERIMENTO I (Outono)												Setores EXPERIMENTO II (Primavera)												
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	C-N	C-E	C-W	
01	IC																									
	IF																									
02	IC																									
	IF																									
03	IC																									
	IF																									
04	IC																									
	IF																									
05	IC																									
	IF																									
06	IC																									
	IF																									

## LEGENDA:

N (Norte); NE (Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); S (Sul); SW (Sudoeste); W (Oeste); NW (Noroeste); C (quadrante central da cidade); C-N (Quadrante Centro Norte); C-E (Quadrante Centro-Leste) e C-W (Quadrante Centro Oeste).

IC (ILHA DE CALOR)



IF (ILHA DE FRESCOR)



CAPÍTULO 9

CLIMA E PLANEJAMENTO  
URBANO EM FORTALEZA

Este capítulo da dissertação tratará sobre aspectos do clima urbano na perspectiva do planejamento, com intuito assim de oferecer à sociedade e aos gestores propostas mitigadoras ao problema das alterações nas variáveis meteorológicas de Fortaleza. É objetivo deste capítulo também propor um roteiro de estudo de clima urbano com enfoque no campo térmico.

#### 9.1 - Medidas para os planos de gestão do município.

As alterações das variáveis climáticas de Fortaleza constituem uma problemática pouco discutida nos planos de gestão do município, isso não é surpresa, já que esse tipo de degradação não é a primeira na hierarquia dos problemas de deteriorização dos recursos naturais da cidade. Apesar de tudo, esse problema está ganhando repercussão através da percepção dos habitantes, principalmente nos canais do conforto térmico e do impacto meteórico (inundações urbanas), além de todo o alarme da mídia a respeito do aquecimento global.

É surpreendente a falta de tratamento específico e a superficialidade na abordagem dos elementos naturais nos documentos de planejamento de Fortaleza. O plano de política urbana ainda em vigor na cidade (Lei nº 7.061-1992) não trata sobre a questão das alterações climáticas, como faz com os recursos hídricos, apenas generaliza os componentes naturais no que diz respeito ao manejo e à preservação.

Na última síntese diagnóstica do município em 2004 (Projeto LEGFOR), cujo objetivo maior foi a atualização do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza- PDDU do ano de 1992 e de toda a legislação urbanística, não há nenhum apontamento sobre o clima urbano de Fortaleza. Na proposta do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Fortaleza- PDDUA-FOR, ainda não aprovado pela Câmara Municipal, também não existem considerações sobre o clima da cidade. Contudo, o documento apresenta diretrizes de planejamento e gestão ambiental urbana mais sólida do que as legislações anteriores, além do acréscimo de estratégias e princípios ausentes nos demais planos, como:

Art.2º-VIII Planejamento e implementação de ações e projetos com a cooperação de todos, pois os problemas ambientais não têm limites geográficos ou burocráticos;

Art.2º-XIV Priorização da prevenção da degradação e da poluição como forma de evitar a correção do dano ambiental que tem um custo sócio-econômico elevado;

Art.8º-II Estímulo à criação de mecanismos de participação dos sujeitos políticos e sociais no planejamento, na execução de projetos públicos e na avaliação das ações do Poder Público Municipal;

Art.8º-VI Implementação do Sistema de Informações Georeferenciadas, previsto nesta Lei, para o desenvolvimento urbano e ambiental. (FORTALEZA, 2006)

Os planos de gestão do município de Fortaleza não podem mais negligiar os elementos de ordem natural ou simplesmente tratá-los à margem do crescimento urbano da metrópole, pois é assim o tratamento ofertado aos recursos naturais pelo menos os de ordem geomorfológica, pedológica e atmosférica. As cartas temáticas desses recursos não envolvem os controles de natureza urbana (expansão, estrutura e funcionalidade).

O clima da cidade continua a ser definido sob as normais climatológicas de um único ponto da cidade, pois ainda não é considerado pelos planejadores o fato de que o espaço urbano modifica sua atmosfera produzindo climas urbanos e não um único clima para todo o território da cidade. Enquanto os recursos naturais forem minimizados ou tratados de modo isolado da dinâmica urbana nos planos de gestão, a cidade de Fortaleza, bem como sua região metropolitana, dificilmente conseguirá alcançar a meta do desenvolvimento urbano por meio do planejamento.

Com o intuito de colaborar com a mudança desse cenário e inserir o clima modificado pela cidade nos planos de gestão do município, é que se apresenta um quadro síntese (Quadro 26), identificando as ilhas de calor de maior intensidade e consequentemente as ilhas de desconforto detectadas pelos experimentos da pesquisa com o ponto de ocorrência, a espacialização das ilhas gerada por meio computacional, além de agregar as regionais administrativas onde ocorreram as alterações na configuração do campo térmico. Após a apresentação desse quadro, seguem considerações a respeito dos resultados encontrados e propostas à problemática da alteração das variáveis meteorológicas.

Quadro 26- As mais intensas ilhas de calor na cidade de Fortaleza e sua espacialização em setores e regionais administrativas.

<b>EXPERIMENTO I (OUTONO, Quadra chuvosa) 04 e 05 /05/2007.</b>			
<b>Ilha de calor/ hora</b>	<b>Ponto de ocorrência da pesquisa</b>	<b>Espacialização em setores (gerado pelo Surfer)</b>	<b>Regional administrativa envolvida</b>
4,7 °C, 7h	Barra do Ceará	oeste e sudoeste	III e V
3,5 °C, 11h	Damas	sudoeste	IV e V
3,5 °C, 12h	Damas	sudoeste	V e parte sul da VI
3,5 °C, 13h	Damas	centro leste	IV e setor sul da II e norte da VI
4,0 °C, 15h	Alto Alegre	Setor central	IV e VI
3,7 °C, 20h	Henrique Jorge	sudoeste e sudeste	III e VI
5,5 °C, 23h	Mondubim	sudoeste e sul	V
<b>EXPERIMENTO II (PRIMAVERA, Quadra seca) 09 e 10 /11/2007.</b>			
3,5 °C, 8h	Damas	Setor central	IV
4,0 °C, 9h	Damas	Setor central e leste	IV e porção centro leste da VI
5,0 °C, 10h	Damas	Setor Central	IV
5,0 °C, 11h	Damas	Oeste	III e IV
4,8 °C, 12h	Damas	Setor central e Leste	IV e porção centro leste da VI
3,3 °C, 13h	Mondubim	oeste	III e V
4,0 °C, 14h	Mondubim	Centro-oeste e leste	III, IV, V e porção centro leste da VI
4,0 °C, 15h	Mondubim	Centro-oeste e leste	III, IV, V e porção centro leste da VI

Nota: O quadro exibe os pontos experimentais da pesquisa onde foram detectadas as mais intensas ilhas de calor seguido da ocorrência em forma de setores identificados através dos mapas gerados pelo software Surfer e por fim a classificação desses pontos e setores para as áreas das Regionais Administrativas, uma tentativa de transferir os resultados obtidos pela pesquisa em forma pontual e em setores para a compartimentação administrativa adotada pela Prefeitura de Fortaleza.

O quadro deixa claro que as ilhas de calor em Fortaleza ocorreram no período diurno, concentradas no ponto do Damas e suas configurações espaciais nos setores sudoeste e porção central da cidade, correspondendo portanto aos territórios das Regionais Administrativas III, IV e V. Esses espaços da cidade são áreas de maior massa edificada, porém, sem verticalização, representadas pela Regional III e IV, sendo a Regional V setor de intensa expansão. São inúmeros os loteamentos, conjuntos habitacionais e áreas de mutirão nessa porção da cidade, um verdadeiro canteiro de obras caracteriza a paisagem urbana da Regional V.

Os mais baixos índices de cobertura vegetal são encontrados nestes setores, exceto para parte da Regional V que ainda guarda resquícios de uma Fortaleza de sítios e chácaras, mas que já ganha nítidos sinais de transformação com a intensa pressão dos setores imobiliários e da construção civil. Dessa forma, a escassez ou mesmo a ausência da vegetação e de superfícies hídricas e da maior concentração de massa edificada da cidade é em parte o reflexo das elevadas taxas de densidade demográfica concentradas nos setores sudoeste, oeste, noroeste e na porção central com o predomínio da categoria de 100 a 170 hab/ha, podendo registrar também a categoria de 300 a 370 hab/ha no setor noroeste (FORTALEZA, 2006).

A hipótese já colocada anteriormente nesta pesquisa é de que as áreas de grande concentração de massa edificada de aspecto homogêneo são as mais cogitadas para explicar o fato dos setores sudoeste, oeste, seguido da porção central, apresentarem as mais freqüentes e elevadas temperaturas do ar na cidade, pois há o rápido aquecimento da massa edificada de estrutura homogênea e consequentemente o ligeiro aquecimento da temperatura do ar por convecção. Esse processo ocorre no período diurno com limite de cessão em torno das 15 horas, isso para a realidade da cidade de Fortaleza, se diferenciando, portanto, de áreas com massa verticalizada onde o balanço energético é mais complexo, podendo até favorecer nesses ambientes condições de conforto.

Outros setores da cidade também merecem atenção quanto ao planejamento, apesar de não serem áreas que apresentaram as maiores intensidades e freqüências de ilhas de calor. Desataca-se os bairros Luciano Cavalcante, Água Fria, Sapiranga/Coité, Alagadiço Novo, Cidade dos Funcionários, Parque Manibura, Cambeba e parte da Messejana, pertencentes à Regional Administrativa VI, como áreas de intensa transformação da paisagem natural da cidade. São inúmeros riachos e lagoas aterradas, a exemplo das lagoas do Soldado, Seca, Coité e parte

da Sapiranga para o benefício do capital imobiliário de grandes agências da construção civil. A devastação da vegetação ribeirinha/lacustre, além da de tabuleiro, não fica à margem da degradação.

A expansão urbana ocorre de modo bastante acelerado nesses bairros e o mais preocupante é que a verticalização já está presente nesses setores da cidade, a exemplo de um conjunto de doze edifícios de até quinze pavimentos concentrados entre os bairros do Cambeba e Messejana próximo a BR 116. No bairro Luciano Cavalcante e Água Fria, no trecho que vai do Shopping Iguatemi até o extinto Supermercado Hiper Mercantil, contornando a margem esquerda da Avenida Washington Soares, bem como na Avenida Rogaciano Leite, a presença da massa verticalizada ainda é mais intensa.

A regressão dos ventos em Fortaleza poderá se tornar ainda mais drástica em alguns anos, pois a principal entrada dos ventos na cidade é de sudeste, área de ocorrência do processo de verticalização dos trechos citados que tende, possivelmente, a se intensificar nos próximos anos, formando dessa maneira um efeito barreira à passagem dos ventos. Diferentemente dos bairros Beira-Mar, Aldeota, Meireles, a redução dos ventos nestes setores da cidade poderá provocar realmente o efeito de desconforto para outras áreas do município.

O enunciado nove da Teoria Clima Urbano (MONTEIRO, 1976) revela que as alterações dos elementos climáticos da cidade são passíveis de auto-regulação, cabendo ao homem urbano o papel dessa ação, através de seu poder de decisão, concretizado por meio do planejamento, o qual deve levar a incorporação do conjunto social, ideológico, científico e tecnológico.

Inegavelmente, serão necessários esforços maciços de uma verdadeira cruzada no sentido de que esse caráter corretivo e adaptativo seja assumido pelo homem [...] Para isso, torna-se necessário o poder de decisão governamental (o que vem se configurando como viável) em institucionalizar a intervenção através de dispositivos de auto-reguladores (legais, tecnológicos etc) para efetivar o S.C.U. como tal. (MONTEIRO, 1976: 102).

Somente através do Planejamento ambiental a cidade garantirá a promoção da sustentabilidade. Rodriguez, Silva & Cabo (2004: 71) expõem que o planejamento ambiental, encaminhado a estimular a constituição de um modelo alternativo, atentaria para o processo de gestão ambiental sob o controle das comunidades e da população, em uma perspectiva descentralizadora e participativa.

A educação ambiental é uma ferramenta de grande importância para o sucesso desse empreendimento. O professor Monteiro aposta nesse instrumento e afirma que o clima da cidade (S.C.U.) dificilmente chegaria ao equilíbrio homeostático, devido à crescente desorganização do espaço urbano, porém, os gestores, junto com a sociedade, podem de forma consciente elaborar dispositivos de reciclagens necessários à condução dos controles climáticos urbanos.

Creio que será mais otimista pensar nessa conscientização uma vez que não será nada realista pensar em que o homem iria sustar o crescimento urbano, a industrialização, a circulação de veículos para assegurar um hipotético equilíbrio ecológico e manter os padrões de qualidade de vida em níveis aceitáveis. (MONTEIRO, 1976: 102).

### **Medidas e propostas mitigadoras a problemática das alterações meteorológicas em Fortaleza:**

- Conscientização da sociedade quanto aos problemas ambientais da cidade, através da criação de programas permanentes de educação ambiental<sup>22</sup>, com a direção de profissionais qualificados e organizações sérias, tendo como público-alvo as instituições educacionais e associações de moradores por serem os melhores espaços para a capacitação de agentes multiplicadores. A iniciativa desse projeto deve ser tomada pelo governo em parceria com a universidade. Salienta-se a existência de programas de extensão universitária que realizam trabalhos com essa perspectiva, como o Museu de Ciências Ambientais Mundo Livre<sup>23</sup> do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia-UFC coordenado pelo Profº. Drº. Edson Vicente da Silva;
- Criação de um software de linguagem didática para a utilização como recurso didático nas aulas de climatologia do curso de geografia e demais áreas do conhecimento da rede de ensino básico do município, tendo como fonte de construção os resultados encontrados nesta pesquisa e os demais trabalhos apresentadas na revisão realizada no item 3.3 da dissertação;
- Reavaliação da legislação urbana de Fortaleza na perspectiva do incremento de diretrizes voltadas ao clima urbano;
- Uso de materiais e cores pela construção civil que contribuam para o aumento do albedo nas massas edificadas;

<sup>22</sup> Existe um núcleo de educação ambiental dentro da estrutura da SEMAM, que realizam atividades pontuais e tímidas pela cidade.

<sup>23</sup> O autor desta pesquisa foi integrante do Programa e já realizou trabalhos pela Grande Fortaleza (MOURA: 2003, 2004 e 2005).

- Ativação das políticas de controle e ordenamento do espaço urbano, como a fiscalização do gabarito dos edifícios, visando à amenização da regressão da velocidade do vento, variável climática mais alterada em Fortaleza, com destaque para as áreas de atual expansão urbana de massa verticalizada concentrada nos bairros Luciano Cavalcante, Messejana/Cambeba e Água Fria (trecho da Avenida Washington Soares que vai do Shopping Iguatemi até a altura do Fórum Clóvis Beviláqua);
- Garantia da preservação dos recursos hídricos, intensificação das áreas verdes e conservação das áreas já existentes;
- Implantação de canteiros e manutenção da arborização nas principais vias (arteriais e expressa) da cidade, mas com prioridade para os setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central;
- Criação de parques urbanos e espaços verdes ainda não existentes nos setores da cidade supracitados;
- Realização de um programa de pesquisa completa sobre o clima urbano de Fortaleza e sua região metropolitana;
- Fortalecimento das relações da prefeitura municipal com a universidade no âmbito de parcerias e assessorias técnicas e científicas;
- Oferta de serviços técnicos de construção habitacional à população, com o intuito de promover o conforto térmico interno das residências, através de medidas simples de aproveitamento e controle dos elementos climáticos da região.

9.2- Proposta de um roteiro para o estudo do clima urbano de Fortaleza na perspectiva do campo térmico.

O presente roteiro buscou inserir as propostas de trabalho dentro da estrutura organizacional do S.C.U de Monteiro (1976), ou seja, associar os temas ao subsistema termodinâmico- Canal I (conforto térmico). A não oferta de propostas englobando outros níveis do Sistema Clima Urbano no roteiro é justificada pelas limitações bibliográficas do autor desta pesquisa. É relevante destacar que foi na região sudeste, com destaque para as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, que se realizaram pesquisas englobando os três canais perceptivos da Teoria Clima Urbana. Na primeira cidade ocorreu de forma não sistemática, com a realização de trabalhos em diferentes períodos e concentrados no campo termodinâmico, já na

segunda houve uma iniciativa de envolver os três canais do Sistema em um único trabalho, resultando na tese de doutorado *O Clima Urbano da cidade do Rio de Janeiro* da Professora Ana Brandão da UFRJ.

Na cidade de Fortaleza a primeira tentativa de execução de um programa de pesquisa referente ao clima urbano da cidade ocorreu em 1997, com a elaboração do projeto *Análise de mudanças climáticas urbanas na Região Metropolitana de Fortaleza-RMF: evolução da “Ilha de Calor” e seus impactos ambientais na bacia hidrográfica metropolitana*, desenvolvido no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia-UFC e coordenado pela Profª Drª Terezinha de Maria Bezerra Xavier. O projeto apresentado ao CNPq não teve prosseguimento e culminou apenas nos trabalhos de Malveira (1998 e 2003).

Atualmente há um projeto sendo executado no mesmo laboratório da UFC, agora coordenado pela Profª Drª Maria Elisa Zanella, considerando o paradigma Monteiriano (MONTEIRO, 1976) ausente no anterior, cujo título é *O estudo do clima urbano de Fortaleza sob o enfoque do S.C.U.: um destaque para os episódios pluviométricos intensos e as inundações urbanas*. O Laboratório de Estudos Renováveis e Conforto Ambiental- LERCA do CEFET-CE sob a orientação do Profº Drº Adeildo Cabral da Silva também executa um programa de pesquisa sobre o clima urbano na cidade, tendo como área experimental um trecho de 5,5 Km das Avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira.

O ideal é que já existisse um panorama completo da realidade climática das cidades brasileiras e uma atualização desse estudo como ocorre, por exemplo, com o censo populacional e outras pesquisas do IBGE. Sabe-se que essa ação ainda está um pouco longe de ser concretizada, assim cabe à academia e, sobretudo à ciência geográfica, o desafio de uma mobilização na busca de encontrar informações e estratégias que contribuam com a qualidade de vida urbana dos brasileiros.

Para a cidade de Fortaleza, as ações já se tornam concretas, pois há a possibilidade de implantação de um programa de monitoramento do clima urbano. Esse projeto pode se tornar real com a instalação de cinco estações automáticas permanentes distribuídas em áreas estratégicas da cidade, sendo três estações pertencentes à FUNCEME, projeto coordenado pelo meteorologista Vicente de Paulo, uma adquirida pelo programa de pesquisa do Laboratório de Climatologia/Geografia-UFC e a outra pelo LERCA/CEFET-CE.

Sobre o roteiro:

1- Cogitava-se a idéia no início dessa pesquisa de uma compartimentação da cidade em setores com intuito de melhor detalhar o clima urbano de Fortaleza, porém, pelas condições impostas (recursos humanos, financeiros e principalmente o tempo disposto), a imensa necessidade de “adentrar a cidade” para melhor definir sua realidade microclimática através de setores representativos dos controles climáticos e possivelmente dos elementos meteorológicos fica travada à espera de execuções de campo a fim de que se possa obter um melhor conhecimento da dinâmica climática urbana de Fortaleza.

O referencial teórico-metodológico que sustenta a proposta de setorização dos espaços urbanos de Fortaleza é oriundo da tese de Mendonça (1994), onde é oferecida uma proposição metodológica e técnica para os estudos do clima urbano em cidades de porte médio e pequeno. Embora a proposta do gradiente escalar dessa contribuição fuja às dimensões da metrópole fortalezense, mesmo assim, ela é válida no sentido de enfatizar a importância no detalhamento da malha urbana. Logo, esse método pode oferecer revelações mais apuradas sobre os climas da cidade, gerando ferramentas que guiem de forma mais adequada as intervenções de modificação do espaço urbano.

Seguindo grande parte das orientações ofertadas por Mendonça (1994), estabeleceu-se que a setorização dos ambientes urbanos de Fortaleza estaria contida primeiramente em dois macrosetores definidos e delineados pela expressão dos contrastes nos controles climáticos expostos na carta de padrão generalizada de ocupação do solo urbano de Fortaleza (Figura 22) e das cartas temáticas (hipsometria, índices de apartamentos e casas, recursos hídricos e vegetação) da Prefeitura do Município (FORTALEZA, 2006), elementos esses que se cicatrizam a morfologia do sítio urbano, exibindo assim aspectos da evolução territorial do município.

Desse modo, ao analisar o material cartográfico disposto torna-se transparente a divisão da cidade em dois macrosetores, cuja linha delimitadora se estabelece pela Bacia do Rio Cocó na cidade de Fortaleza. Essa rede de drenagem até a década de 1970 funcionou como barreira à expansão urbana do município, essencialmente nos quadrantes sudeste e extremo leste da cidade, no tocante aos aspectos de acesso, estrutura e serviços urbanos. Sobre essa questão Silva (1992), Costa (1988 e 2003) e Viana (2000), detalham o processo, apontando ações dos

agentes produtores do espaço urbano com ênfase naqueles de caráter político-estratégicos do governo que induziram o crescimento nesses seguimentos territoriais de Fortaleza.

Destaca-se o fato de que apesar da existência de um zoneamento urbano definido pelo PDDU- Fortaleza de 1992 (Lei N° 7061/92), nos artigos 40 e 41 em macrozonas (Zona Urbanizada, Adensável e Zona de Transição), essa não engloba fatores necessários à condução dos estudos de clima urbano como concentração de massa edificada, taxa de vegetação e presença de espelhos d'água, ficando desse modo num patamar de zoneamento definido pela distribuição espacial de infra-estrutura, como rede de coleta de água e esgoto. Existe uma nova proposta de zoneamento urbano em fase de análise e discussão que será implantada no próximo Plano Diretor, diferente do atual esse avança em alguns aspectos, como o incremento de categorias ambientais e a ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social), logo a cidade não é só vista através de categorias de distribuição de serviços e infra-estrutura urbana.

Do macrozoneamento proposto (Figura 88) é estabelecido o macrosetor I, que se encontra na vertente esquerda da bacia do Cocó, estando também inserido em outras redes de drenagem como as do rio Ceará e Maranguapinho. São aspectos que caracterizam esse macrosetor:

- Maior concentração de massa edificada, de acordo com a carta generalizada dos padrões de ocupação do solo urbano (Figura 22);
- Maior porcentagem de domicílios do tipo apartamento, englobando valores extremos acima de 83% (FORTALEZA, 2006);
- Menor porcentagem de domicílios do tipo casa, englobando valores extremos acima de 83% (FORTALEZA, 2006);
- Setor com avenidas concentradoras de maior volume de tráfego diário da cidade: Avenidas Aguanambi, e Visconde do Rio Branco (86. 000 veículos/dia), Avenida Bezerra de Menezes/Mr. Hull (60. 000 veículos/dia), Avenida Osório de Paiva/Augusto dos Anjos/José Bastos/Carapinima (40.000 veículos/dia) e Avenidas Godofredo Maciel/João Pessoa/Universidade (26 000 veículos dia) (FORTALEZA, 2004:30);
- Baixos índices de cobertura vegetal caracterizados por níveis pontuais, às vezes concentradas em parques e praças, como demonstra Cortez (2000);

- Cotas altimétricas moderadas, predominando valores que oscilam entre 15 e 30 metros, de acordo com Fortaleza (2006);
- Níveis de declividade predominando valores 0-3% (FORTALEZA, 2006);
- Taxas elevadas de densidade demográfica com valores predominantes de 100 – 170 hab/ha e 50 – 100 hab/ha (FORTALEZA, 2006 )

O macrosetor II insere-se dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó no município de Fortaleza. De acordo com Silva (2003: 66), Fortaleza é o município com maior área na bacia, correspondendo a 41,7 %, que equivale a 70, 78 % da área da cidade, que é de 305 Km<sup>2</sup>. A seguir, as características gerais responsáveis pela ascensão desse macrosetor para análise do estudo do clima urbano:

- Menor concentração de massa edificada, de acordo com a carta generalizada dos padrões de ocupação do solo urbano (Figura 22);
- Menor porcentagem de domicílios do tipo apartamento, englobando valores extremos abaixo de 50% (FORTALEZA, 2006);
- Menor porcentagem de domicílios do tipo casa, englobando valores extremos acima de 83% (FORTALEZA, 2006);
- Índices com médio a elevados valores territoriais de cobertura vegetal, onde há expressiva presença de vegetação ribeirinha/lacustre, mangue e de tabuleiro (FORTALEZA, 2006);
- Baixas cotas altimétricas entre 1 a 5 metros (FORTALEZA, 2006);
- Níveis de declividade suave ondulado com valores dominantes de 0-8% (FORTALEZA, 2006);
- Baixas taxas de densidade demográfica com valores de 10 até 50 hab/ha (FORTALEZA, 2006);

Os macrosetores definidos não são necessariamente duas realidades climáticas urbanas distintas, já que dentro de cada macrosetor existem ambientes produtores de microclimas com características higrotérmicas e anemométricas que tanto podem gerar condição de conforto como desconforto urbano. Dessa forma, o macrosetoramento é apenas um percurso para uma melhor delimitação dos setores e seguidamente da eleição dos pontos amostrais.

Definida a setorização no nível macroescalar, a presente proposta segue com a delimitação dos espaços urbanos ao nível microescalar, considerando áreas que

apresentam características homogêneas a respeito dos controles climáticos urbanos. O delineamento dos setores foi realizado também pela análise dos produtos cartográficos que caracterizam o macrosetoramento.

O número de setores definidos para o espaço intra-urbano de Fortaleza são de trinta e seis, sendo vinte e seis contidos no macrosetor I e dez no macrosetor II, conforme a figura 89. Esse número de setores foi definido quando ainda se cogitava a idéia de se aplicar a metodologia para tomada das variáveis climáticas por esta pesquisa, logo a delimitação dos setores também foi guiada por fatores estratégicos de realização de trabalho de campo, como a segurança e deslocamento da equipe de observadores.

Cabe ressaltar que os setores configuram uma proposta aberta a modificações, ou seja, às necessidades de uma futura efetivação de campo. Cabendo assim ao pesquisador ou a equipe de pesquisa as adequações à realidade de seus trabalhos. A setorização proposta foi criada para atender especificamente a caracterização térmica da cidade, sendo talvez possível a sua aplicação a outros níveis de análise ao clima urbano como no campo hidrometeorológico e físico-químico, níveis de resolução do S.C.U de Monteiro (1976).

**2-** Os terminais de transportes urbanos são equipamentos de grande uso público dos fortalezenses, através deles a cidade se movimenta, permitindo a circulação, função básica do espaço urbano. Mas quais são as condições de conforto térmico oferecidas por esses equipamentos à população? Que magnitudes o fluxo de veículos e transeuntes provocam nas variáveis climáticas no interior desses ambientes? No intuito de verificar esses questionamentos sugerem-se dois experimentos sazonalmente contrastantes, um de nível microclimático em cada terminal e um outro de escala mesoclimática, realizado simultaneamente entre os sete terminais da cidade. O ideal seria a realização de perfis de 17 horas (6 às 22 horas), com leituras a cada trinta minutos, considerando a percepção de conforto dos usuários e o número de veículos e fluxos de pessoas durante os registros.



**3-** Fortaleza e a RMF apresentam muitos conjuntos habitacionais e favelas de alta densidade populacional que foram excluídas das análises dos estudos apresentados no item 3.3 dessa pesquisa. A literatura aponta para trabalhos com essa perspectiva como Nodari (2000) e Tarifa & Armani (2001) para as cidades de Rio Claro/SP e São Paulo, respectivamente. Assim, propõe-se um estudo para verificar a otimização do conforto ambiental em espaços habitacionais (exemplos: Conjuntos José Walter, Ceará, Nova Metrópole e Cidade 2000).

Utilizando a técnica do gráfico solar adotado por Hissa (2000), a idéia é analisar a incidência solar sobre as residências a partir de simulações (gerados por um software 3D) , tendo como referência o gráfico solar de 4º de Latitude Sul (correspondente à cidade de Fortaleza) nos dias dos solstícios. A realização de trabalhos de campo a nível microclimático para obtenção de valores higrotérmicos e de velocidade do vento complementaria a pesquisa. Esse estudo é fundamental para a orientação do planejamento habitacional da cidade, por fornecer informações auxiliares à melhoria do conforto de ambientes edificados.

**4-** A variável meteorológica mais alterada na cidade de Fortaleza é a velocidade do vento e um dos fatores que possivelmente mais contribui para isso é a verticalização concentrada nos bairros Meireles, Dionísio Torres, Aldeota, Varjota e da orla marítima do litoral leste do município. Além do efeito barreira, as alturas e os espaçamentos entre os edifícios influenciam no balanço energético da cidade. Apesar disso, não existe nenhum trabalho específico na região que trate da realidade da modificação padrão da circulação dos ventos e da carga térmica recebida na área. Somente um estudo aerotermodinâmico detalhado nesses bairros é capaz de definir a escala do problema. Com base nos procedimentos metodológicos de Salvi Sakamoto (2001 e 1994) e Monteiro (1990), sugere-se a delimitação de áreas-testes para a realização de experimentos visando obter a “obstrução do céu” nesses bairros. Essa técnica, designada de “*Sky view factor*”, consiste em encontrar um valor que aponte o quanto o céu está “obstruído” por objetos, acima de um ponto qualquer da superfície.

Cada área-teste seria dividida em setores, onde se localizariam os pontos de observação, sendo esses escolhidos a partir da massa edificada e classificados de acordo com a altura das edificações, da disposição dos edifícios (presença ou ausência de canyon urbano) e do tipo de cruzamento e largura das vias de circulação. O uso de transectos nas áreas-testes e de pontos fixos para o registro da

temperatura e umidade do ar, temperatura radiante, velocidade e direção do vento, contribuiriam para a solidificação dos resultados. O uso de imagens de alta resolução espacial, como o QUICKBIRD II acoplado de coordenadas plano-altimétricas e intensidade do objeto da cena, obtido pelo *Laser Scanner*, técnica proposta por Botelho & Centeno (2005) seria ideal, pois forneceria um mapa temático da verticalização da área de interesse.

**5-** Os setores de expansão de massa verticalizada na cidade localizadas nos bairros Messejana/Cambeba, Luciano Cavalcante e Água Fria, no trecho que vai do Shopping Iguatemi até o extinto Supermercado Hiper Mercantil, contornando a margem esquerda da Avenida Washington Soares, são áreas que necessitam de um prognóstico que forneça os efeitos da redução dos ventos. Nesse sentido é proposta uma simulação computacional utilizando uma base cartográfica atualizada, como o recente levantamento de aerofotos da cidade de Fortaleza do ano de 2007 que, por meio do uso de software 3D, permitisse a criação de uma paisagem urbana com modelos no atual ritmo de expansão dos setores.

**6-** Os sistemas de ventos na cidade de Fortaleza precisam ser conhecidos, pelo menos no nível genérico. As brisas marítimas, lacustre e as de campo são poucas consideradas nos trabalhos de clima urbano, se conhece o mínimo dos efeitos dos sistemas de brisas no ambiente urbano e as modificações na intensidade e fluxo das brisas provocadas pela urbanização. Sendo assim sugere-se um estudo do comportamento desses ventos por meio de torres de 2, 5 e 10 metros, instaladas em áreas estratégicas da cidade, considerando os padrões ocupação urbana. Dessa maneira, para a verificação das brisas marítimas na orla marítima de Fortaleza, o indicado seria uma torre instalada na praia da Sabiaguaba ou do Futuro (áreas com ausência ou de baixa edificação), uma outra na Avenida Beira-Mar (setor de alta concentração de massa edificada com verticalização) e uma torre situada na Barra do Ceará (área com presença de edificações, mas sem verticalização).

As cartas de temperatura e pressão do ar a 2 metros da superfície do mar, na linha que cobre a costa de Fortaleza, geradas pela Marinha do Brasil por meio dos dados da Previsão Numérica do Modelo HRM-Meteara V, podem contribuir para caracterização dos regimes das brisas no dia da realização dos experimentos. É válido lembrar que a diagnose da circulação atmosférica não pode ser descartada durante as análises. Os sistemas de brisas lacustres devem ser verificados considerando o nível de urbanização em seu entorno, aspectos físicos das lagoas

(batimetria, extensão, volume, perímetro), bem como as características das águas (salinidade, cor, grau de eutrofização). A temperatura das superfícies lacustres é um elemento fundamental para a compreensão das brisas nesses ambientes. As brisas de campo podem ser analisadas em áreas de transição da malha urbana com o meio não urbanizado, tendo como pontos de referência as estações climáticas da cidade como as dos municípios vizinhos. As áreas experimentais para análise desse tipo de brisa devem se instalar em porção rural seguido do meio urbano, em forma de perfis eqüidistantes. Os setores leste, sudeste, sul e sudoeste da cidade devem ser privilegiados pela análise.

**7-** A instalação das Plataformas de Coleta de Dados da FUNCEME na RMF trouxe vantagens para os estudos de clima urbano nessa região, por ofertar dados horários, além da homogeneização dos registradores das estações oferecerem segurança para uma análise comparativa. Destaca-se também a acessibilidade desse banco de dados pela instituição responsável, ação essa oposta adotada por outros órgãos públicos que tratam com dados meteorológicos como o INMET. Dessa forma, sugere-se uma pesquisa de caráter analítico-estatístico nas Plataformas de Aquiraz, Fortaleza e Caucaia, utilizando as técnicas empregadas nos trabalhos de Xavier (1996, 2001) e Pétalas (2000), como os testes paramétricos clássicos (análise de variância, regressão linear), testes não-paramétricos (Friedman, Kruskal-Wallis) e testes de correlação linear (Pearson).

Essa análise estatística se tornaria mais relevante se considerado o ritmo diário e semanal dos elementos meteorológicos, ou seja, uma verificação em intervalos do dia (período da manhã, tarde, noite e madrugada) e dias da semana. Esse método possibilitaria um melhor conhecimento do comportamento das variáveis e uma possível correlação com a funcionalidade urbana de Fortaleza. Os municípios apresentados são caracterizados por condições geoecológicas (topografia, relevo, efeito das brisas marítimas) bastante semelhantes, logo as possíveis anomalias encontradas, principalmente no campo termohigrométrico e anemométrico, devem ser associadas à urbanização.

**8-** A diversidade das escalas de conforto térmico deve ser melhor conhecida pelos climatólogos urbanos do Brasil, sobretudo aquelas de nível geográfico, como os índices fisiológicos. No intuito de verificar as escalas que ofereçam uma aplicação adequada ao clima da cidade, propõe-se um teste comparativo com as escalas de Thom (índice da Temperatura Efetiva), de Webb (I.C.E.– Índice do Conforto

Equatorial (FROTA & SCHIFFER, 1988), Nieuwolt (Índice do Desconforto, 1977) e INMET (Diagrama do Conforto Humano) aplicado aos dados dos experimentos do Projeto TEMPOFOR (1990), Santana (1997), Malveira (1998, 2003) e Moura (2006), além dos dados da presente pesquisa. Neste caso permitir-se-ia também uma visualização temporal do comportamento das escalas a nível microclimático. Os dados fornecidos pelas estações do INMET-PICI, FUNCUME, Aeroporto e da Estação Rádio Sonda são mais uma opção para o teste.

**9-** O Estado do Ceará é um dos primeiros no ranque nacional na ocorrência de casos de dengue, sendo o número concentrador e alarmante na cidade de Fortaleza. Com a meta de melhor definir as condições bioclimáticas de proliferação do mosquito transmissor (*Aedes Aegypti*) da dengue no município, sugere-se uma observação das variações meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação) a nível sazonal relacionada aos surtos epidêmicos de dengue na cidade, tendo como recorte temporal de análise os últimos vinte anos. Para esse fim, seriam utilizados os dados fornecidos pelas estações meteorológicas e dos registros da vigilância epidemiológica municipal de Fortaleza. A investigação de uma correlação entre as médias térmicas (temperatura do ar máxima e mínima) com a amplitude da infecção, através de procedimentos estatísticos de correlação linear, enriqueceria essa pesquisa. Os trabalhos de Silva & Silva (2005) e Sperandio & Pitton (2005) realizados em Natal/RN e Piracicaba/SP, respectivamente, são exemplos de estudos com a perspectiva da presente proposta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa identificou que as ilhas de calor na cidade de Fortaleza podem ultrapassar o valor de 5°C e ocorrem com maior freqüência e intensidade no período diurno entre 7 e 15 horas. As elevadas taxas de radiação incidente na superfície urbana de Fortaleza pela manhã e sua devolução à tarde com o pico máximo às 15h, podendo se prolongar até às 17h, como aconteceu no Experimento I, podem ser os controles de primeira ordem para a configuração desse quadro térmico na cidade no período diurno, ficando o condicionamento dos controles urbanos (estrutura e funcionalidade) em um outro patamar de interferência, ou em associação, com o balanço energético natural, mas com menor grau de participação na configuração térmica da cidade.

As espacializações das ilhas de calor se concentraram nos setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central da cidade, esses setores coincidem com as áreas onde foram instalados os pontos experimentais da pesquisa que registraram os mais altos valores de temperatura do ar e consequentemente as mais reduzidas taxas de umidade. São nesses setores que residem a maior porcentagem da população de Fortaleza, representada pelas Regionais Administrativas III, IV e V e são nos territórios das Regionais IV, V e parte da VI que também se registram os piores índices de desenvolvimento humano do município (FORTALEZA, 2004: 68).

Os resultados encontrados nesta pesquisa seguem o ritmo da habitualidade climática dos períodos analisados, sendo os sistemas de circulação atmosférica típicos dos dois mais expressivos regimes climáticos sazonais da cidade, quadra chuvosa e seca, representados respectivamente pelos experimentos I e II da pesquisa, os fatores determinantes no comportamento térmico de Fortaleza. Foi durante o período da quadra seca na cidade, na estação da primavera austral, que as ilhas de calor se manifestaram com a maior freqüência e intensidade que no período do ano de maior umidade e reduzida insolação, por conta do regime da quadra chuvosa.

Para finalização dessa pesquisa, é necessária a realização de um chamado à sociedade de Fortaleza para o fato de que a degradação dos recursos naturais na escala local terá uma resposta mais imediata que a de ordem global. É grande a repercussão ofertada pelos meios de comunicação, às vezes de modo alarmista e catastrófico, dos possíveis impactos do Aquecimento Global, fenômeno defendido por um grupo de cientistas da OMM, fato esse que contribui para que a pauta desse fenômeno torne-se obrigatória nas discussões da sociedade. É louvável o papel da mídia no sentido de contribuir para a conscientização da população aos problemas de

ordem ambiental, entretanto, os problemas locais não devem ser minimizados ou esquecidos.

Apesar de comprovado que na cidade de Fortaleza há um aumento da temperatura do ar desde a década de 1970 (XAVIER, 1996; MAIA ET AL, 1996, PÉTALAS, 2000), e que atualmente as diferenças dessa variável são maiores do que 5°C dentro do território do município, a população fica temerosa com os hipotéticos cenários climáticos para o ano de 2100, com o aumento da temperatura média do ar a nível global de 2°C (IPCC, 2007: 16). Dessa maneira, no tempo presente, já é uma realidade um cenário de alterações nas variáveis meteorológicas em Fortaleza. Contudo, os estudos climáticos ainda não comprovaram o papel do clima urbano das cidades no quadro das mudanças climáticas.

Foi com a perspectiva de contribuir com o planejamento urbano ambiental da cidade que essa pesquisa se realizou, oferecendo uma simbólica colaboração científica aos estudos de clima urbano ao descrever e definir, parcialmente, as condições térmicas da cidade de Fortaleza. A materialização desse trabalho também garantiu parte da formação profissional do autor da pesquisa, aumentando seus anseios geográficos, bem como proporcionando novos “geodesafios”, ou seja, dívidas da climatologia geográfica a serem pagas ao povo fortalezense.

## BIBLIOGRAFIA

- ABREU, L; SOUSA, N; TEXEIRA, M. A influência da urbanização como fator de alteração de temperatura na cidade de Teresina/PI. In: **Anais do II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Nordeste de Educação Tecnológica**. João Pessoa/PB, 2007. CD-ROM.
- ABREU, N.J. A; ZANELLA, M.E. Precipitações diárias intensas e impactos causados na cidade de Fortaleza/CE. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal, 2007. CD-ROM.
- ANDRADE, H. O; SANTO, S.M; SANTOS, R.L. A condição termal em Feira de Santana/BA: uma análise do conforto térmico. In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal, 2007. CD-ROM.
- ANDRADE, H. O; SANTOS R.L. Estimativa de conforto térmico a partir do índice de Thom (1959) para a cidade de Feira de Santana/BA. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.
- AYOADE, **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL, 1996. 332p.
- ARAUJO, L. F et al. **Qualidade do ar de Fortaleza e do Distrito industrial do Maracanaú**. Fortaleza: SEMACE, 1998.
- ARAÚJO, R. R; SANT'ANNA, N. Influências do uso do solo urbano no comportamento térmico no município de São Luís. In: **Anais do IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rio de Janeiro, 2000. CD ROM.
- ARAÚJO,R.R et al. Estudos preliminares do comportamento termo-higrométrico em áreas urbanas de São Luís/MA. In: **Anais do IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rio de Janeiro, 2000. CD ROM.
- ARY NETO, A. **Conforto térmico e desenho de edificações na cidade de Fortaleza**. (Dissertação de Mestrado). Alemanha: Instituto Fiir Tropen, 1997.
- AZEVEDO, M.A. **Índice analítico e icnografia da cronologia ilustrada de Fortaleza: roteiro para um turismo histórico e cultural**. Fortaleza: BNB, 2001. 388p.
- AZEVEDO, T.R. O fluxo do calor gerado pelas atividades humanas. In: **Os climas na cidade de São Paulo-teoria e prática**: TARIFA, J.R; ARMONI,G.(Orgs). GEUSP-Coleção Novos Caminhos 4. São Paulo: USP/FFLCH, 2001. 199p.
- BARBOSA, R.V. R; BARBIRATO, G, M; VECCHIA, F.A.S. Vegetação urbana:Análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: **Anais do ENCAC-COTEDI**, Curitiba/PR, 2003. CD ROM.
- BARBOSA, R.V.R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió/AL**. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Programa de Pós Graduação em Arquitetura USP/EESC, 2005. 135p.
- BERNAL, M.C.C. **A Metrópole Emergente: a ação da capital imobiliária na estruturação urbana de Fortaleza**. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 221p.
- BEZERRA, F.A.C. **A problemática de drenagem de águas pluviais no Município de Fortaleza/Ce: o caso da bacia riacho Maceió-Pajeú**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Pós-Graduação Engenharia Civil/ UFC, 2007.

BOTELHO, M. F; CENTENO, J.A.S. Uso integrado de imagem de alta resolução espacial e altura derivada do *laser scanner* na escolha do classificador orientado a região. **Boletim Ciências Geodésicas**, Curitiba, v.11, nº1, p.71-87, jan-jun, 2005.

BRANCO, A.E.C. **O desenho urbano e sua relação com o microclima: um estudo comparativo entre duas áreas centrais de Teresina.** (Dissertação de Mestrado). Recife: Mestrado em Desenvolvimento Urbano/UFPE, 2001.

BRANDÃO, R.L. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Sistema de informação para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza- Projeto SINFOR. CPRM: 1995.

BRUNO, A. **Os pecados capitais do cambeba.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2002. 204p.

BURIOL, G. A et al. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Aracaju/SE, 2004. CD ROM.

CABRAL, C. **Clima e morfologia urbana em Belém.** Belém: UFPA NUMA, 1995. 157p.

CASTRO, M.S.G. **Influência do clima no planejamento urbano e análise do comportamento termohigrométrico do Conjunto Habitacional Ponta Negra/ RN.** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura USP/EESC, 1991. 178p.

CARVALHO, M.M. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal/RN.** (Dissertação de Mestrado). Natal: Programa de Pós Graduação em Arquitetura UFRN, 2001. 288p.

CLAUDINO-SALES, V. **Lagoa do Papicu: natureza e ambiente na cidade de Fortaleza.** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP-Programa de Pós Graduação em Geografia, 1993. 344p.

CLAUDINO-SALES, V. Os litorais cearenses, p. 230-260. In: SILVA, J.B; DANTAS,E.V.(Orgs). **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p.

CLAUDINO-SALES, V. **Evolução paleogeomorfológica e sócioambiental do litoral central do Estado do Ceará.** Projeto de Pesquisa. Universidade Federal do Ceará: Departamento de Geografia, 2004. 10p.

CLAUDINO-SALES, V; PEULVAST, J.P. Geomorfologia da zona costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, p 387-406. In: SILVA, J. B; DANTAS, E. W.C; ZANELLA, M.E; MEIRELES, A.J.A. (orgs). **Litoral e Sertão:** natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 446p.

CORTEZ, A.P. **O estado e a formação da paisagem urbana de Fortaleza quanto à vegetação arbórea- enfoques urbanístico e de sustentabilidade.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: PRODEMA/UFC, 2000. 724p.

COSTA, M. C. L. **Cidade 2000:** expansão urbana e segregação espacial em Fortaleza. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós- Graduação em Geografia, 1988. 295p.

COSTA, M. C. L. Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço, p. 51-100. In: **Ceará: um novo olhar geográfico.** SILVA, J.B; DANTAS,E.V.(Orgs). Fortaleza: Edições Demócrata Rocha, 2005. 480p.

COSTA, M. C. L. Clima e salubridade na construção imaginária do Ceará, p.73-93. In: **Litoral e Sertão- natureza e sociedade no nordeste brasileiro.**73- 82p. SILVA, J.B et al (Org.). Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 446p.

CPTEC/INPE. Imagens de satélites meteorológicos. Disponível em <<http://www.cptec.inpe.gov.br>>. Acesso em 20 junho 2007.

DUBREUIL, V; DAMATO, F; PLANCHON, O; PASSOS, M.D. Contribuição dos dados GOES para a cartografia das frentes da brisa marítima no Nordeste. In: In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Aracaju/SE, 2004. CD ROM.

ELY, D. F. Delineamentos teóricos da climatologia geográfica brasileira a partir da analise de teses e dissertações produzidas nos Programas de Pós- Graduação em Geografia. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.

FECHINE, J.A.L. **Alterações do perfil natural da zona litorânea de Fortaleza ao longo do século XX.** (Dissertação de Mestrado). UFC: Programa de Pós- Graduação em Geografia, 2007.

FERREIRA, A.G. **Meteorologia Prática.** São Paulo: Oficina de Texto, 2006. 188p.

FERREIRA, A. G; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 1. 15-28p, 2005

FREITAS, R Clima urbano na cidade do Recife ou arquipélago das Ilhas concêntricas. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Aracaju/SE, 2004. CD ROM.

FIALHO, E. S; AZEVEDO, T.R. Análise da produção científica dos estudos climatológicos a partir da criação do SBCG (1992-2004). In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.

FORTALEZA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Fortaleza.** AUMEF: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1978.

FORTALEZA **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.** Fortaleza: SEINF/ Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1992.

FORTALEZA. **Lei de Uso Ocupação do Solo (Lei nº 7987).** Fortaleza: SEINF/ Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1996.

FORTALEZA. **Síntese Diagnóstica do Município de Fortaleza.** Fortaleza: SEINF/ Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2004.137p.

FORTALEZA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental.** Fortaleza: SEINF/ Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2006.

FORTALEZA. **Inventário ambiental do Município de Fortaleza.** Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza/ ASTEF: 2003.

**FORTALEZA. Mapas temáticos do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**, 2006. Disponível em <<http://www.seinf.fortaleza.ce.gov.br/PDDU-FOR>>. Acesso em 18 de novembro 2006.

**FORTALEZA. Praças de Fortaleza**. Fortaleza: FUNCET/ Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2000.

**FROTA, A. B; SCHIFFER, S.R. Manual do conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988.

**FUNCEME. Sistemas meteorológicos causadores de chuvas na região nordeste do Brasil**- Boletim especial, 2006. Disponível em <<http://www.funceme.com.br>>. Acesso em 20 junho 2006.

**FUNCEME. Sensação térmica para Fortaleza** (Monitor Climático), Fortaleza, vol.11, nº121, 8-16p, 1990.

**GIRÃO, R. Geografia estética de Fortaleza**. Fortaleza: BNB, 1995.

**GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador/BA**. (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1992.

**HISSA, M.C. O estudo do conforto ambiental climático de edifícios multifamiliares em Fortaleza**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Pós-Graduação Engenharia Civil/ UFC, 2000. 227p.

**HUET, O. Etude Climatique de Ville Fortaleza**. Programa de inovações para moradia popular. Grupe de Recherche et d'Echanges Tecchnologiques- GRET, Prefeitura Municipal de Fortaleza. Fortaleza, 1989.

**IBGE. Censo Demográfico**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em 05/06/2008.

**IMAMURA-BORNSTEIN, I.R. Observational studies of urban heat island characteristics in the different climate zones**. (Phd Thesis). Tsukuba: University of Tsukuba, 1991. 156p.

**INMET. Diagrama do conforto humano**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 22/04/2006.

**LANDIM, P.M.B; MONTEIRO, R.C; CORSI, A.C. Introdução à confecção de mapas pelo software surfer**. Rio Claro. UNESP: Departamento de Geologia Aplicada, 2002. 20p.

**LUNA, J. B; CARVALHO, G.R.S; DO AMARAL,R.F. O mapa termal do Campus Central da UFRN por extensão “3D”**. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.

**KORMONDY, E. J. Ecologia Humana**. São Paulo: Atheneu Editora, 2002.

**LANDSBERG, H. E. O Clima das cidades**. In: **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo, nº18, p.95- 111, 2006. Traduzido por Tarik Rezende de Azevedo.

**LOMBARDO, M.A. Ilha de Calor nas Metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985. 237p.

LOPES, F. C. R; SILVA, J.B. A centralidade da Parangaba como produto da fragmentação de Fortaleza/Ce. p.163-170 In: SILVA, J. B; DANTAS, E.W.C; ZANELLA, M.E; MEIRELES, A.J.A. (orgs). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 446p.

LOPES, F.C.R. **A centralidade da Parangaba como produto da fragmentação de Fortaleza (CE)**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFC, 2006. 160p.

MAIA, L.P. **Procesos Costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza: implicaciones para una gestion adecuada de la zona litoral** (Tesis Doctoral). Barcelona/Espanha: Facultat de Geologia, Departement d'Estratigrafia i Palentologia, 1998. 269p.

MAIA, L.P et al. Alterações climáticas na região de Fortaleza causada por fatores naturais e antrópicos. **Revista de Geologia UFC**. Fortaleza, vol. 9, p.111- 121, 1996.

MAGALHÃES, A.O. **As áreas verdes e o clima urbano em Fortaleza**. Projeto de Dissertação de Mestrado em Geografia (UNESP). Fortaleza: 1998.

MAGALHÃES, G.B. et al. Alterações microclimáticas urbanas em Pacoti/CE. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.

MALVEIRA, E.C.H. **Variações de parâmetros climáticos urbanos em Fortaleza no contexto da “Ilha de Calor”: sua importância para o desenvolvimento sustentável**. (Relatório de Graduação). Fortaleza: Depto. de Geografia/UFC, 1998. 118p.

MALVEIRA, E.C.H. **Estudo de Mudanças Climáticas num ambiente urbano: Evolução da Ilha de Calor na Região Metropolitana de Fortaleza**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Mestrado Acadêmico em Geografia/UECE, 2003. 191p.

MARINHA DO BRASIL. Cartas de pressão ao nível do mar. Disponível em <<http://www.marinha.gov.br>>. Acesso em 20 junho 2007.

MARTINS, A.M. **Fortaleza negra e mística do progresso: impactos e imaginário**. Projeto de pesquisa. Fortaleza: Depto. de Geografia/UECE, 1997.

MELO, G. **A utilização dos recursos auxiliares do condicionamento térmico natural na elaboração e avaliação de projetos de habitações em Natal/RN**. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura USP/EESC, 1991. 193p.

MENDONÇA, F.A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: proposição metodológica para o estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR**. (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1994, 300p.

MENDONÇA, F. **Clima e Criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência da criminalidade urbana. Curitiba: editora UFPR, 2001.182p.

MESQUITA, E. P; GRANGEIRO, C.G.M. A poluição do ar e a cidade metropolitana: o caso do bairro do Centro. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal, 2007. CD-ROM.

MENDES, A. F; SILVA, A. B; GONÇALVES, N. M. Estimativa da temperatura da superfície da cidade de Feira de Santana-BA a partir da imagem do satélite LANDSAT ETM+ canal 6. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.

MENDES, A. F; SILVA, A. B; GONÇALVES, N.M. Aspectos geoecológicos e sua influência na temperatura da superfície da cidade de Feira de Santana/BA. In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Natal, 2007. CD-ROM.

MIRANDA, T. C. **Efeito da salinidade sobre as medidas foliares em mangues no Estado do Ceará**. Fortaleza: SEMACE, 1997,32p.

MENESES, L. F et al. Predominância da velocidade e direção do vento no Campus I da UFPB. In: **Anais do XIII Encontro Nacional de Geógrafos**. Pessoa/PB, 2002.

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil meridional). **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v.31, nº.57, p.29-44, jul./dez, 1962.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v.33, nº.61, p.59-69, jul./dez, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil.) **Série Teses e Monografias**, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, nº28. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Revista GEOSUL**, vol. 9, Florianópolis, p.61-79, 1990.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “Clima Urbano”. **Revista GEOSUL**, vol. 9, Florianópolis, p.80-114, 1990.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo** (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico). Florianópolis: Editora UFSC, 1991. 240p

MONTEIRO, C. A. F. O clima e a sociedade brasileira: impactos e prognose para o século XXI. In: **Anais do III Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Salvador, 1998.

MONTEIRO, C. A. F. De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. **Geografia**. Rio Claro, v.26, nº.3, p.131-154, dezembro de 2001.

MORENO, G.M.C. Climatología urbana. **Textos Docents**, 160 Text-guia. Barcelona: Edicions da Universitat de Borcelona, 1999. 71p.

MOREIRA, E.B.M. Análise dos topoclimas urbanos de Recife: o caso dos bairros de Santo Amaro e Curado. In: **Anais do VII Encontro Nacional da ANPEGE**. Niterói/RJ, 2007. CD ROM

MOURA, M.O. Conservação ambiental com arte: aplicações em diferentes realidades naturais da RMF. **Anais do XIII Encontro de Extensão da UFC**. Fortaleza: PROEX/UFC, 2004. CD-ROM.

MOURA, M.O, et al. Educação ambiental para crianças e adolescentes: uma experiência na comunidade indígena TAPEBA- Caucaia/CE. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Ecologia**, volume 2. Fortaleza, 2003.

MOURA, M.O; SALES, MCL. Análise das condições microclimáticas em duas áreas representativas de Fortaleza. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo, 2005. CD-ROM.

MOURA, M.O et al. Os ambientes lênticos em Fortaleza-CE-análise da evolução dos parâmetros limníticos e os aspectos socioambientais do complexo hídrico Sapiranga-Coité. **Anais do 57ª Reunião Anual da SBPC**. Fortaleza: UECE, 2005.

MOURA, M.O. **Os microclimas urbanos de Fortaleza: ritmos episódicos em duas áreas representativas da cidade**. (Relatório de Graduação). Fortaleza: Departamento de Geografia/UFC, 2006. 168p.

MOURA, M.O. **A ritmologia pluviométrica do Ceará: atuação e repercussões dos sistemas atmosféricos no Estado**. (Ante-Projeto de Mestrado). Fortaleza: Mestrado em Geografia/UFC, 2006.10p.

NASCIMENTO, M.O. T et. al. Situação climática do Campus I da UFPB na cidade de João Pessoa. In: **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Recife, 2001. CD-ROM.

NIEUWOLT, S. **Tropical Climatology**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1977. 208p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

NEDEL, A.S. et al. Análise comparativa de dois índices de conforto térmico humano no estado de Pernambuco. In: **Anais do Simpósio Internacional de Climatologia**. Fortaleza: SBMET/FUNCEME, 2005. CD-ROM.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**-2<sup>nd</sup> ed. London: Routledge,1987.435p.

OLIVEIRA, J.S. Estudo de desempenho de áreas verdes na amenização climática em Natal/RN. In: **Anais do III Congresso do Meio Ambiente**. Salvador, 2004.

OLIVEIRA, E.D; SILVA, F.M. Diagnóstico do conforto térmico entre praças com características geográficas distintas em Natal/RN. In: **Simpósio Internacional de Climatologia**. Fortaleza: SBMET/FUNCEME, 2005. CD-ROM.

OLIVEIRA, P.M.P. **Cidade apropriada ao clima. A forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Brasília; UNB, 1988.

PÉLALAS, K.V. **Impactos sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de Fortaleza-Ce.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Pós-Graduação da Engenharia Civil/UFC, 2000.

PITTON, S.E.C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas.** (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1997. 272p.

PROJETO TEMPOFOR. **Estudo microclimático da área central de Fortaleza.** Volumes I e II. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 1990.

PONTES, C.M.F et al. Mapeamento da qualidade do ar no bairro da Várzea (Recife/PE), utilizando liquens como bioindicadores. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Recife, 2001. CD-ROM.

QUINTELA, E, V, B. Conforto ambiental em escolas de região do trópico úmido brasileiro. **Anais do III Congresso do Meio Ambiente**, Salvador, 2004.

RIBEIRO, A.G. As escalas do Clima. In: **Anais do I Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica- UNESP.** Rio Claro, 1992.

RIBEIRO, C M. O desenvolvimento da Climatologia dinâmica no Brasil. **Geografia e Ensino.** Belo Horizonte, vol 1, nº 2, p.48-59, 1982.

RODRIGUES, J. M. M; CABO, A.R; SILVA,E. V. O planejamento ambiental como instrumento na incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento: o caso do Ceará,Brasil. **Mercator.** Fortaleza, ano 3, nº5, p.67-72, 2004.

ROCHA, O. V. Impactos pluviais no Centro de Fortaleza. (Relatório de Graduação). Fortaleza: Departamento de Geografia/UFC, 2007. 49p.

SALVI-SAKAMOTO, L.L. **Relações entre a temperatura do ar e a configuração do céu na área central da metrópole paulistana: análise de dois episódios diários.** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1994. 200p.

SANTANA, A.M.S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza.** (Dissertação de Mestrado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós Graduação em Geografia, 1997.168p.

SANTANA, A.M.S. **A forma urbana e a radiação solar incidente na criação das ambientes térmicas e seus reflexos na apropriação e uso dos espaços públicos externos.** (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2002. 292p.

SANT'ANNA, N.J.L. A gênese da climatologia no Brasil: o despertar de uma ciência. **Geografia**, Rio Claro, v.28, nº.1, p.5-27, jan/ abr, 2003.

SILVA FILHO, A.L.M. **Fortaleza: imagens da cidade.** 2<sup>a</sup> ed. Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria da Cultura do Estado do Ceará, 2004. 160p.

SILVA, A.P.L. M et al. Avaliação de microclimas urbanos na cidade de Patos. In: **Simpósio Internacional de Climatologia.** Fortaleza: SBMET/FUNCEME, 2005. CD-ROM.

SILVA, A.P.L. M et al. Avaliação de microclimas urbanos na cidade de Campina Grande no período do verão. In: **Simpósio Internacional de Climatologia.** Fortaleza: SBMET/FUNCEME, 2005. CD-ROM.

- SILVA, J. B. **Os incomodados não se retiram.** Fortaleza: Multgraf, 1992.
- SILVA, J. B. **Nas trilhas da cidade.** Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria da Cultura do estado do Ceará, 2001. 151p.
- SILVA, J. B. Fortaleza, a metrópole sertaneja do litoral. p.45-55. In: SILVA, J.B; DANTAS, E.W.C; ZANELLA, M.E; MEIRELES, A.J.A. (orgs). **Litoral e Sertão:** natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. 446p.
- SILVA, J. B. A região metropolitana de Fortaleza. p.101-124 In: SILVA, J.B; DANTAS,E.V.(Orgs). **Ceará:** um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. 480p.
- SILVA, B.C.O; SILVA, F. M. Condições bioclimáticas de proliferação do *Aedes Aegypti* em Natal. In: **Simpósio Internacional de Climatologia.** Fortaleza: SBMET/FUNCEME, 2005. CD-ROM.
- SOBREIRA, L.C. et al. Áreas susceptíveis a inundações na cidade de João Pessoa/PB. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Rio de Janeiro, 2003. CD-ROM.
- SOUSA.M.S. **Fortaleza: uma análise da estrutura urbana.** In: Guia de Excursões nº 3/3. Encontro Nacional de Geógrafos-Fortaleza. AGB, 1978.
- SOUZA, M.S. Segregação sócioespatial em Fortaleza, p. 149-161. In: SILVA, J.B; DANTAS, E.W.C; ZANELLA, M.E; MEIRELES, A.J.A. (orgs). **Litoral e Sertão:** natureza e sociedade no Nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.446p.
- SOUSA. P.R. **Investigação das características de temperatura e umidade do ar da cidade de Fortaleza.** (Relatório de graduação). Fortaleza: Depto. de Geografia/UFC, 2002.
- SOUSA, C. F. **Dinâmica Climática e as Chuvas no Nordeste Brasileiro no Eixo Barra do Corda/MA- Natal/RN (relações com o fenômeno EL Niño).** (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 1998. 325p.
- SOUSA, V.B. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações- estudo de caso em Goiânia.** (Dissertação de Mestrado). Brasília: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2006. 206p.
- SOUSA, J.L. **Análise das variações climáticas da cidade de Teresina de 1970 a 1990.** (Relatório de Graduação). Teresina: TCC- CEFET/PI, 2004.
- SOUSA, R.M; LUNA, J.B; CARVALHO,G.R.S. Ventilação e prescrição urbanística: um caso de estudo para Natal/RN. In: **Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica.** Rondonópolis/MT, 2006. CD ROM.
- SUPERANDIO, T.M; PITTON,S.E.C. As alterações térmicas e as epidemias de dengue na cidade de Piracicaba-SP. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** São Paulo, 2005. CD-ROM.

- TARIFA, J.R; ARMONI,G.(orgs.). **Os climas na cidade de São Paulo- teoria e prática.** GEUSP- Coleção Novos Caminhos 4. São Paulo: USP/FFLCH, 2001. 199p.
- TEIXEIRA, R.F.B. Observação de linhas de convergência/ linhas de instabilidade e frentes de rajada, sobre o Ceará, utilizando imagens de satélite. In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Fortaleza: SBMET, 2004.
- TORRES, S. C; BARBIRATO, M.G. O conforto ambiental de espaços públicos urbanos em conjuntos habitacionais em Maceió/AL. In: **Anais do III Congresso do Meio Ambiente.** Salvador, 2004.
- VIANA, M. C. **Diagnóstico e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Cocó.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: PRODEMA/UFC, 2000.
- VAREJÃO-SILVA. **Meteorologia e Climatologia.** Brasília: INMET, 2000. 522p.
- VIANELLO, R. Leite ;ALVES,A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV, 1991. 449p.
- VIDAL, R. **Influencia da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal.** (Dissertação de Mestrado). Brasília: Programa de Pós Graduação em Arquitetura UnB/IAU, 1991.
- VITORINO, M.I; SILVA, M.E.S; ALVES, J.M.B. Classificação de sistemas de Mesoescala no Setor Norte do Nordeste brasileiro. In: **Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia.** São José dos Campos: SBMET, 1996.
- VIANA, M. C. **Diagnóstico e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Cocó.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: PRODEMA/UFC, 2000.
- XAVIER, T.de Ma. B.S; XAVIER,A.F.S. Quantis para séries pluviométricas do Estado do Ceará e caracterização de períodos secos ou excepcionalmente chuvosos. **Anais do X CBMET- Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Brasília, 1998. CD-ROM.
- XAVIER, T. de Ma. B.S. Alterações climáticas urbanas em Fortaleza/CE. In: **IX Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Campos do Jordão: SBMET, 1996.
- XAVIER, T. de Ma. B.S. **“Tempo de Chuva”**- estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional. Fortaleza: ABC Editora, 2001. 478p.
- ZANELLA, M.E; CLAUDINO-SALES,V. Considerações sobre o clima urbano frente às emendas propostas à lei do uso e ocupação do solo na cidade de Fortaleza-CE. In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica,** 2002. CD ROM.
- ZANELLA, M,E; SILVA, N.G.S. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. p.195-208 .In: **Ceará: um novo olhar geográfico.** SILVA, J.B; DANTAS,E.V.(Orgs). Fortaleza: Edições Demócrata Rocha, 2005. 480p.