

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG/FAU  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**DESENHANDO COM O CLIMA E A VEGETAÇÃO:  
UM ESTUDO DE CASO DO LOTEAMENTO HBB EM TERESINA -PI**

LUANA MIRANDA ESPER KALLAS

BRASÍLIA

2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG/FAU  
MESTRADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

**DESENHANDO COM O CLIMA E A VEGETAÇÃO:  
UM ESTUDO DE CASO DO LOTEAMENTO HBB EM TERESINA -PI**

LUANA MIRANDA ESPER KALLAS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do título de Mestre.

PROFESSOR ORIENTADOR: DR. LUÍZ ALBERTO DE CAMPOS GOUVÊA

BRASÍLIA  
2008

**TERMO DE APROVAÇÃO**

LUANA MIRANDA ESPER KALLAS

**DESENHANDO COM O CLIMA E A VEGETAÇÃO:  
UM ESTUDO DE CASO DO LOTEAMENTO HBB EM TERESINA -PI**

Dissertação apresentada ao programa de Pós -  
Graduação da Faculdade de Arquitetura e  
Urbanismo da Universidade de Brasília como  
requisito para obtenção do título de Mestre.

---

Prof<sup>o</sup> Orientador Dr. Luiz Alberto de campos Gouvêa – Universidade de Brasília

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Ercília Torres Steinke – Universidade de Brasília

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Ana Lúcia Ribeiro Camillo da Silveira – Universidade Federal do Piauí

Brasília, 28 de março de 2008

Dedico esta Dissertação à minha família, principalmente à minha mãe Nancy pelo apoio e amor incondicional e a compreensão pela distância.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Luiz Alberto de Campos Gouvêa, que acreditou no meu potencial, me guiou e participou do processo de criação deste trabalho;

Ao Instituto Camillo Filho e a Universidade de Brasília, pelo apoio;

À Raimundo Mainar de Medeiros e Edson Alves de Bastos, pelo apoio em Meteorologia;

À Prof<sup>a</sup> Ercília Steinke e ao Prof<sup>o</sup> Aldo Paviani pela valiosa colaboração no processo de construção desta pesquisa;

A Prof<sup>a</sup> Ana Lúcia que me guiou nos últimos passos desta pesquisa;

A Rosana Maria Carvalho de Alencar Abreu com informações sobre Teresina no âmbito habitacional, na Prefeitura Municipal de Teresina;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro;

Aos meus amigos companheiros nas medições do Loteamento HBB: Lane, Socorro, Geraldo, Osvaldo e Lia;

Ao Sr. Antônio que permitiu que a medição fosse feita em sua casa no Loteamento HBB;

Aos meus amigos Fabrício, Joene, Karenina, Laila, Luciana, Lucili, Núbia e Wilza pelos magníficos dias de reencontro em Teresina.

Aos meus amigos Jamilson, Caio, Guiliana, Artur, Verônica, Raoni, Fabiana e Jorge que fizeram de Brasília minha segunda casa.

Ao 5<sup>o</sup> Batalhão da Polícia Militar do Piauí que fez nossa segurança durante as medições;

À Prefeitura Municipal de Teresina e à COHAB-PI por disponibilizar informações;

À minha mãe que mesmo distante, participou me incentivando e apoiando para concluir o curso, ao meu irmão Nadra e ao meu pai Tufic;

À minha irmã Auta e ao meu cunhado Marlon que me apoiaram incondicionalmente em Brasília acreditaram e ajudaram na realização deste mestrado me auxiliando nas medições, leitura e complementação desta Dissertação, pois certamente sem eles eu não teria feito o curso de mestrado;

E à minha pequenina sobrinha Nina que com seu sorriso fez dos dias mais cansativos deste trabalho, um alívio.

 [...] Só meu candeeiro é quem velava o Seu sono santo  
 Santo que é Seu nome e Seu sorriso raro  
 Eu voava alto porque tinha um grande par de asas  
 Até que um dia caí  
 E aqui estou nesse terreiro de samba  
 Ouvindo o trabalho do Céu  
 E aqui estou nesse terreiro de guerra  
 Ouvindo o batalha do Céu  
 Nesse terreiro de anjos caídos  
 Cá na Terra trabalho é todo dia  
 Levantar quebrar parede  
 Matar fome matar a sede  
 Carregar na cabeça uma bacia  
 E esse fogo que a Sua boca envia  
 Pra nossa criação [...] 

Eles estão dizendo que os seres humanos são os anjos caídos que Deus mandou cá pra Terra de castigo por terem botado defeito na criação do mundo.

Aqui eles aprenderam com os bichos a ter filhos, viraram muitos, começaram a inventar casa, rua, cidade, país e um monte de máquina que era pra imitar Deus. Mecher em tudo que Ele tinha inventado.

No início Deus ficou danado da vida, mas depois acabou foi amolecendo o coração com o dengo dos anjos caídos. Com o jeito errado deles fazerem as coisas. Surpreendentes! Fora de controle! Diferentes do resto!

 Os homens aprenderam com Deus a criar  
 e foi com os homens que Deus  
 aprendeu a amar. 

Trecho do filme Deus é brasileiro

Música: Anjos Caídos (A construção do Caos)

Autor da música: Lirinha (Cordel do Fogo Encantado)

## RESUMO

No desenho urbano, a adequação bioclimática aproveita variáveis do clima e vegetação buscando a sustentabilidade para um equilíbrio ecológico-ambiental e o conforto térmico humano no espaço urbano. Esta pesquisa estuda o desenho urbano implantado no loteamento Habitar Brasil Bid (HBB) em Teresina-PI, através de uma avaliação pós-ocupacional, considerando os aspectos de sustentabilidade e adequação bioclimática e mostra os inconvenientes para as características da região. São analisados os fatores que influenciam o clima urbano como o revestimento do solo, a topografia, a vegetação, o adensamento, a ventilação e a radiação solar. O clima é visto como referencial teórico assim como a cidade de Teresina e suas características climáticas. O método utilizado analisa as variáveis climáticas e a pesquisa de campo de alguns pontos do loteamento e sua relação com a estação meteorológica de referência, nos mesmos dias e horários. A pesquisa descreve que o microclima gerado no desenho urbano do loteamento contribui para um aumento de temperatura superficial e conseqüente aumento de temperatura do ar, diminui a umidade relativa do ar proporcionando um desconforto térmico humano acentuado por ocasião de calmarias existentes na região de Teresina. Ao final desta pesquisa são apresentadas algumas considerações para melhorias do espaço urbano e da qualidade ambiental do loteamento, melhorando o conforto humano.

Palavras-chave: Loteamento HBB. Clima. Vegetação. Desenho urbano. Teresina-PI.

## ABSTRACT

In the urban drawing, bioclimatic adequation considers variables such as climate and vegetation trying to obtain the sustainability for an environmental – ecological equilibrium and the thermal humane comfort in the urban space. This research studies the urban drawing implemented in the land/lot division *Habitar Brasil Bid* Division (HBB) in the city of Teresina, in the Brazilian state of Piauí, through a post occupational evaluation considering sustainability and bioclimatic adequation aspects and shows the inconveniences due to the region's characteristics. Factors that influence the urban climate such as land covering, topography, vegetation, densification, ventilation and solar radiation were analyzed. The climate is considered the theoretical reference, as is the city of Teresina and its climate characteristics. The method that was used analyses the climatic variables and field researches of some parts of the land/lot division and its reference meteorological stations in the same days and times. The research describes that the microclimate generated by the urban drawing result of the land/lot division contributed for the increase of the superficial temperature and, consequently an increase in the temperature of the air decreases the relative humidity resulting in a human thermal discomfort which is aggravated in the occasion of doldrums that take place in the region of Teresina. At the end of this research some considerations on the improvement of urban space and the environmental quality of the land/lot division in order to improve human comfort are made.

Key words: HHB Zoning. Climate. Vegetation. Urban drawing. Teresina-PI.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

- Figura 1 – Esquema do fator climático global: latitude. Solstícios para o Hemisfério Sul. 32
- Figura 2 – Esquema do fator climático global: latitude. Equinócios para o Hemisfério Sul. 32
- Figura 3 – Esquema do fator climático global: radiação solar. 33
- Figura 4 – Distância Zenital. 33
- Figura 5 – Representação trocas térmicas e a radiação por ondas longas. 34
- Figura 60 – Maior concentração de energia na vertente inclinada. 35
- Figura 7 – Efeito brisa diurna mar-terra e brisa noturna terra-mar. 37
- Figura 8 – Variação diuturna da temperatura do ar. 39
- Figura 9 - Os ventos dependem da rugosidade do terreno, esquema da disposição dos ventos no campo, no urbano e na cidade. 43
- Figura 10 – Aproveitamento dos ventos do mar, necessários a ventilação e impedem a entrada do vento quente do deserto, suas ruas são estreitas e toldos são usados para proporcionar sombra em Marrocos. 45
- Figura 11 – Esquematização da célula de walker em condições normais, associado ao efeito La niña, onde verifica-se a presença de águas frias devido a ressurgência, ou seja, afloramento das águas na superfície oceânica. 47
- Figura 12 – Esquematização da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (célula de walker) modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico, observa-se o ramo ascendente (favorável à formação de nuvens) da célula de walker e por outro lado observa-se o ramo descendente na costa litorânea oeste do Oceano Atlântico, litoral brasileiro (que inibe a formação de nuvens). 47

Figura 13 – Repercussões normais do fenômeno El Nino nos climas da Terra de Dezembro a Fevereiro e de Julho a agosto	48
Figura 14 – Escalas do clima segundo Oke.	54
Figura 15 – Mesoescala, a camada limite urbana.	55
Figura 16 – Escala Local, segundo Oke .	55
Figura 17 – Microescala segundo Oke.	56
Figura 18 – Esquema dos processos de equilíbrio do corpo humano.	59
Figura 19 – Carta bioclimática de Olgyay	60
Figura 20 – Diagrama de conforto humano.	61
Figura 21 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	62
Figura 22 – Carta Bioclimática de Givoni.	63
Figura 23 – Localização do Piauí e Teresina (PI) no mapa do Brasil.	69
Figura 24 – Mapa datado de 1855, inauguração da cidade de Teresina.	70
Figura 25 – Mapa de evolução da ocupação do perímetro urbano de Teresina - PI.	73
Figura 26 – Localização dos assentamentos habitacionais de baixa renda em Teresina.	77
Figura 27 – Localização do Loteamento HBB em Teresina- PI.	83
Figura 28 – Locação do loteamento HBB entre as vilas Nova, Meio Norte e do Avião.	84
Figura 29 – Localização das favelas a serem removidas para a respectiva área de reassentamento, o loteamento HBB.	85
Figura 30 - Solo no Loteamento HBB.	87
Figura 31 – Erosão acentuada no HBB.	88
Figura 32– A superfície do solo no HBB.	88
Figura 33 – Perfil altimétrico do Loteamento HBB, parte com maior declividade.	89

Figura 34 – Vegetação ao fundo do loteamento, exemplares de palmeiras da Mata de Cocais (vegetação típica da região de Teresina, PI).	90
Figura 35 – As imagens de satélite mostram o antes (2000) e o depois (2005) da implantação do HBB.	91
Figura 36 – Imagem do loteamento sem vegetação presente.	92
Figura 37 – Escala da vegetação no Loteamento HBB e entorno.	93
Figura 38 – características do Desenho urbano do loteamento HBB - ventos.	95
Figura 39 – Termohigrômetro.	96
Figura 40 – Polímetro.	97
Figura 41 – Anemômetro.	97
Figura 42 – Biruta.	98
Figura 43 – Termômetro de superfície.	98
Figura 44 – Localização das estações meteorológicas em relação ao Loteamento HBB.	103
Figura 45 – Apresentação dos pontos no Loteamento HBB.	105
Figura 46 – Apresenta a situação no ponto G, pode ocorrer no período quente e úmido.	130
Figura 47 – Apresenta a situação no ponto G, no período quente e seco.	131
Figura 48 – Carta Bioclimática de Givoni adaptada medida no ponto H (Habitação).	135
Figura 49 – As medições climáticas do HBB, nos meses de abril e outubro (todos os horários) inserido na Carta Bioclimática de Olgyay.	140
Figura 50 – Medições climáticas nos meses de abril e outubro inseridas no Diagrama de Conforto Humano.	141

Figura 51 – O uso da vegetação correta no desenho urbano do loteamento HBB 148  
para um melhor conforto climático humano.

Figura 52 – O uso adequado da vegetação em regiões de tempo quente e úmido, e, 149  
quente e seco.

## QUADROS

Quadro 1 – Índice de nebulosidade e a respectiva condição do céu.	42
Quadro 2 – Classificação dos ventos de acordo com Beaufort.	44
Quadro 3: Escalas do clima..	53
Quadro 4 – Albedo de algumas superfícies.	58
Quadro 5 – Diretrizes para a Zona Bioclimática Z7.	63
Quadro 6 – Propriedades radiantes de materiais naturais.	67
Quadro 7 – Elementos e fatores climáticos em Teresina – PI.	79
Quadro 8 - Apresentação do Ponto A.	106
Quadro 9 – Apresentação do Ponto B.	110
Quadro 10 – Apresentação do Ponto C.	113
Quadro 11 – Apresentação do Ponto D	117
Quadro 12 – Apresentação do Ponto E	121
Quadro 13 – Apresentação do Ponto F.	125
Quadro 14 – Apresentação do Ponto G.	128
Quadro 15 – Apresentação do Ponto H.	132

**GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Relação entre Temperatura do ar e Temperatura Superficial - ponto A.	107
Gráfico 2 – Relação entre a Temperatura do ar e umidade relativa do ar - ponto A	108
Gráfico 3 – Relação entre temperatura do ar e Temperatura superficial - ponto B.	111
Gráfico 4 – Relação entre temperatura do ar e umidade relativa do ar – ponto B.	112
Gráfico 5 – Relação entre temperatura do ar e temperatura superficial – ponto C	114
Gráfico 6 – Relação entre temperatura do ar e umidade relativa do ar - ponto C.	115
Gráfico 7 – Relação entre a temperatura do ar e temperatura superficial - ponto D.	118
Gráfico 8 – Relação entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar - ponto D.	119
Gráfico 9 – Relação entre a temperatura do ar e temperatura superficial - ponto E.	122
Gráfico 10 – Relação entre a temperatura do ar e umidade relativa no ar - ponto E.	123
Gráfico 11 – Relação entre a temperatura do ar e temperatura superficial - ponto F	126
Gráfico 12 – Relação entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar - ponto F	127
Gráfico 13 – Relação entre a temperatura do ar e temperatura superficial - ponto G	129
Gráfico 14 – Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar -ponto G	131
Gráfico 15 – Relação da temperatura do ar e temperatura superficial - ponto H.	133
Gráfico 16 – Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar -ponto H	134

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Intensidade da Ilha de calor	56
Tabela 2 – Temperatura do ar em Teresina (PI) período de 1961-1990. Normais Climatológicas do Brasil, 1961-1990.	78
Tabela 3 – Temperatura do ar (°C) no Ponto A.	107
Tabela 4 – Temperatura superficial (°C) no Ponto A.	107
Tabela 5 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto A.	108
Tabela 6 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto A.	108
Tabela 7 – Conforto Humano segundo o diagrama de conforto	109
Tabela 8 – Temperatura do ar (°C) no Ponto B.	111
Tabela 9 – Temperatura superficial (°C) no Ponto B.	111
Tabela 10 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto B.	112
Tabela 11 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto B.	112
Tabela 12 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto	113
Tabela 13 – Temperatura do ar (°C) no Ponto C.	114
Tabela 14 – Temperatura superficial (°C) no Ponto C	114
Tabela 15 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto C.	115
Tabela 16 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto no Ponto C.	115

Tabela 17 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto	116
Tabela 18 – Temperatura do ar (°C) no Ponto D.	118
Tabela 19 – Temperatura superficial (°C) no Ponto D.	118
Tabela 20 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto D.	119
Tabela 21 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto D.	119
Tabela 22 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto	120
Tabela 23 – Temperatura do ar (°C) no Ponto E.	122
Tabela 24 – Temperatura superficial (°C) no Ponto E.	122
Tabela 25 – Velocidade do vento (m/s) no Ponto E.	123
Tabela 26 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto E.	123
Tabela 27 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano.	124
Tabela 28 – Temperatura do ar (°C) no Ponto F.	126
Tabela 29 – Temperatura superficial (°C) no Ponto F.	126
Tabela 30 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto F.	127
Tabela 31 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto F.	127
Tabela 32 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano.	128
Tabela 33 – Temperatura do ar (°C) no Ponto G.	129

Tabela 34 –Temperatura superficial (°C ) no Ponto G.	129
Tabela 35 –Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto G.	129
Tabela 36 –Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano	130
Tabela 37 –Umidade relativa do ar (%) no Ponto G.	131
Tabela 38 –Temperatura do ar (°C) no Ponto H.	132
Tabela 39 –Temperatura superficial (°C) no Ponto H.	133
Tabela 40 –Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto H.	134
Tabela 41 –Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano.	134
Tabela 42 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto H.	134
Tabela 43 – As ilhas de calor no ponto A (21h00min)	136
Tabela 44 – As ilhas de calor no ponto B (21h00min)	136
Tabela 45 – As ilhas de calor no ponto C (21h00min)	137
Tabela 46 – As ilhas de calor no ponto D (21h00min)	137
Tabela 47 – As ilhas de calor no ponto E (21h00min)	137
Tabela 48 – As ilhas de calor no ponto F (21h00min)	137
Tabela 49 – As ilhas de calor no ponto G (21h00min)	137
Tabela 50 – As ilhas de calor no ponto A (9h00min)	138

Tabela 51 – As ilhas de calor no ponto B (9h00min)	138
Tabela 52 – As ilhas de calor no ponto C (9h00min)	138
Tabela 53 – As ilhas de calor no ponto D (9h00min)	138
Tabela 54 – As ilhas de calor no ponto E (9h00min)	138
Tabela 55 – As ilhas de calor no ponto F (9h00min)	139
Tabela 56 – As ilhas de calor no ponto G (9h00min)	139
Tabela 57 – Média do mês de abril em todos os pontos do loteamento HBB.	143
Tabela 58 – Média do mês de outubro em todos os pontos do loteamento HBB.	144

**LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Térmicas
APO	Avaliação Pós-Ocupação
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
COHAB	Companhia de Habitação
HBB	Habitar Brasil Bid
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICF	Instituto Camillo Filho.
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IOS	Índice de Oscilação Sul
Labeee	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MEC	Massa de ar Equatorial Continental
MEAS	Massa de ar Equatorial do Atlântico Sul
NBR	Norma Brasileira
OMM	Organização Meteorológica Mundial
RSI	Raio Solar Incidente
SSA	Sistema Superfície – Atmosfera
SDU	Superintendência de Desenvolvimento Urbano
SEMAR	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos -Governo Estado do Piauí
SEMPPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação
SPa-	Sistema Polar Atlântico
STa	Sistema Tropical Atlântico
UCL	Urban Canopy Layer (Camada Limite Urbana)
WMO	World Meteorological Organization
Z7	Zona Bioclimática sete da NBR 15220.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	22
<b>2 O CLIMA</b>	31
2.1 ELEMENTOS E FATORES CLIMÁTICOS	31
2.1.1 Fatores climáticos	31
2.1.1.1 Latitude	32
2.1.1.2 Radiação solar	33
2.1.1.3 Altitude	34
2.1.1.4 Relevo	35
2.1.1.5 Vegetação	35
2.1.1.6 Maritimidade/ Continentalidade	37
2.1.2 Elementos climáticos	38
2.1.2.1 Temperatura	38
2.1.2.2 Umidade relativa	40
2.1.2.3 Pressão atmosférica	41
2.1.2.4 Precipitações	41
2.1.2.5 Nebulosidade	42
2.1.2.6 Ventos	43
2.2 FENÔMENOS CLIMÁTICOS	47
2.3 O CLIMA URBANO	49
2.3.1 O clima urbano e as características ambientais: a sustentabilidade	50
2.3.2 Escala Climática	51

2.3.3 Ilhas de calor	54
2.3.4 Conforto	58
2.4 ADEQUAÇÃO BIOCLIMÁTICA NA ARQUITETURA E NO URBANISMO	64
2.4.1 Na arquitetura	64
2.4.2 No Desenho Urbano	65
2.4.3 A Paisagem modificada: a vegetação	66
<b>3 TERESINA</b>	69
3.1 A ORIGEM DA CIDADE	69
3.2 PANORAMA HABITACIONAL	74
3.3 O CLIMA DE TERESINA-PI	78
<b>4 ESTUDO DE CASO: O LOTEAMENTO HBB</b>	82
4.1 DESCRIÇÃO DO LOTEAMENTO HBB	86
4.1.1 Solo/ Relevo	86
4.1.2 Declividade/Topografia	88
4.1.3 Áreas verdes	89
4.1.4 Desenho Urbano	93
<b>5 O METODO APLICADO</b>	96
5.1 A PESQUISA DE CAMPO	96
5.1.1 Equipamentos e Medidas	96
5.1.2 O Registro Escrito	98
5.1.3 Procedimentos e Testes	99
5.1.3.1 Execução e Pesquisa de Campo	100
5.1.3.2 Incertezas experimentais	102
<b>6 ANÁLISE DOS DADOS</b>	103

6.1 ANÁLISE DOS DADOS	103
6.1.1 Ponto A	106
6.1.2 Ponto B	110
6.1.3 Ponto C	113
6.1.4 Ponto D	117
6.1.5 Ponto E	121
6.1.6 Ponto F	125
6.1.7 Ponto G	128
6.1.8 Ponto H	132
6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	135
6.2.2 Ilhas de calor	136
6.2.3 Conforto	139
6.3 A SUSTENTABILIDADE E ADEQUAÇÃO BIOCLIMÁTICA NA ANALISE DA IMPLANTAÇÃO DO LOTEAMENTO HBB	141
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	146
<b>REFERÊNCIAS</b>	151
<b>APÊNDICES</b>	157
APÊNDICE A – Loteamento HBB- Partido urbanístico	158
APÊNDICE B – Planilha de coleta dos dados climáticos	160
APÊNDICE C – Localização dos pontos no Loteamento HBB	162
APÊNDICE D – Tabela para registro do morador a respeito da sensação térmica	164
APÊNDICE E – Tabela dos dados das variáveis climáticas levantadas na estação da EMBRAPA-PI	166

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional dos grandes centros urbanos aumenta a demanda pela construção de novas habitações, bem como expande geograficamente as cidades. Particularmente, a população urbana brasileira tem crescido acentuadamente desde o processo de industrialização entre as décadas de 1940 e 1950. Mota (2003, p.15) descreve que até a década de 1960, a população rural era percentualmente maior que a urbana, e a partir de 1970, essa relação começou a se inverter.

O processo de expansão das cidades ocorre em uma ordem própria, sem planejamento, o que desencadeia diversos problemas como a degradação do meio ambiente, déficit habitacional, sobrecarga nos serviços públicos, aumento da criminalidade, especulação imobiliária e aumento dos custos com a infra-estrutura urbana básica. Como consequência, o acesso a saúde, renda e educação ficam comprometidos, como pode ser comprovado pelos baixos valores do IDH<sup>1</sup>.

O planejamento das cidades, antes considerado como o planejamento físico, trata da ordenação do desenho e equipamento urbanos, de acordo com Mota (2003, p.21). A Organização Mundial de Saúde (OMS) considerava, em 1965, que as normas de planejamento mais válidas eram as que se apoiavam em normas sanitárias, com o objetivo de tratar o problema do saneamento para melhorar a saúde e o bem-estar das pessoas.

O planejamento, segundo Mota (2003, p.22) é um conceito atual, designado como planejamento territorial é um conceito mais abrangente e integrado, e deve envolver os aspectos econômicos, sociais, físico territoriais, ecológicos e administrativos e não se limita à simples ordenação e equipamento do espaço.

O planejamento atual se baseia no desenvolvimento sustentável, que de acordo com o Relatório *Brutland*, é o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades”.

Assim como no planejamento, o desenho urbano deve se basear em conceitos de desenvolvimento sustentável para melhor se adaptar a uma região, introduzir na concepção os aspectos ecológicos ambientais e físico-territoriais aplicados para melhorias da qualidade de vida.

---

<sup>1</sup> IDH – Índice de Desenvolvimento Humano.

Considera-se o desenho urbano como parte de um processo do planejamento das cidades, precisamente o desenho urbano sustentável que interage na organização espacial urbana e ecológico-ambiental.

O desenho urbano para ser sustentável é necessário levar em consideração as características do espaço urbano como os elementos físicos e climáticos. Quando o desenho urbano é elaborado visando potencializar particularidades locais como fatores morfológicos e ambientais, há possíveis melhorias significativas na qualidade de vida do local.

Esta pesquisa analisa um desenho urbano de formato convencional, xadrez, do loteamento HBB, situado na cidade de Teresina – Piauí, bairro Pedra Mole na zona leste da cidade.

No entanto, deve-se esclarecer sobre algumas questões relacionadas ao desenho urbano, onde a ocupação humana pode ser responsável pela conformação do espaço urbano.

Sendo assim, é importante descrever um panorama sobre os assentamentos humanos, muitas vezes o principal conformador do espaço urbano, a Avaliação Pós-ocupação (APO) como base para melhorias do espaço e a utilização no desenho urbano dos princípios da sustentabilidade para uma melhor qualidade de vida da população urbana.

Os assentamentos humanos são hoje os maiores agentes formadores do espaço urbano, em Teresina – Piauí, apresentados na forma de conjuntos habitacionais, de acordo com Façanha (1998). O setor habitacional é o que mais cresce, não só em Teresina como em muitas outras cidades, e com ele é necessária uma infra-estrutura urbana correspondente à demanda populacional, pois com o aumento da urbanização há uma sobrecarga nos serviços urbanos.

A urbanização provoca também efeitos no ecossistema, interferindo tanto no meio biótico (vida) como no abiótico (material), alterando tudo que envolve o homem, fazendo em dias, o que a natureza leva séculos para mudar. Mudanças drásticas têm efeitos drásticos.

No caso da intensa urbanização, esses efeitos são quase sempre negativos, o que gera uma infinidade de problemas, como mudanças climáticas que alteram o regime das águas e provocam enchentes ou secas prolongadas. As mudanças morfológicas podem provocar desmoronamentos, o solo pode ceder, vendavais, nevascas, e até uma onda de calor causando várias mortes.

Outras disfunções no meio ambiente podem ser provocadas pela urbanização e, portanto, pela ação antrópica. A retirada excessiva da cobertura vegetal e seu posterior recobrimento por material impermeável podem aumentar a temperatura do ar e agir de forma negativa na qualidade da vida urbana de acordo com Gouvêa (2002) e Romero (2000).

Desse modo, os espaços habitacionais surgidos a partir do crescimento acelerado e inadequadamente desenhados das cidades provocam o surgimento de espaços de aspecto árido e sem cobertura vegetal, bem como, ocasiona o “inchaço” e a sobrecarga dos serviços e equipamentos urbanos.

O crescimento habitacional forma assentamentos humanos que se estabelecem irregularmente invadindo propriedades públicas e privadas, gerando problemas de saúde básica por não haver nestes assentamentos infra-estrutura como esgotos, água canalizada, energia elétrica, coleta de lixo e calçamento. Estes problemas agravaram a saúde pública e pioraram a qualidade de vida nas cidades.

Os assentamentos humanos são definidos como a fixação ou o estabelecimento de indivíduos em determinado lugar. A simples presença dos assentamentos humanos não é fator determinante para solucionar o déficit habitacional, isso vai além do efeito de ocupar uma residência, precisa de uma política habitacional que integre moradia, emprego e renda.

A habitação é tratada como a ocupação de uma residência, um lugar para viver, mas é *o habitar* que completa seu sentido. Isso engloba o conceito de habitação associada à boa relação e interação com as características do meio em torno da qual se vive, como os aspectos ecológico-ambientais (clima, vegetação, sítio), considerada melhoria da qualidade do ambiente natural e fator determinante do ato ou efeito de viver (GOUVÊA, 2007)<sup>2</sup>.

No entanto, a habitação, bem como os conjuntos habitacionais, tendem a ambientes desconfortáveis. Atualmente, alguns conjuntos de interesse social passam por uma Avaliação Pós - Ocupação (APO) com o objetivo de melhorar os ambientes depois de ocupados e servir de exemplo para futuros projetos para não cometerem os problemas diagnosticados em uma avaliação pós – ocupação.

A APO surgiu por volta de 1940 nos Estados Unidos (EUA), porém no Brasil, esses estudos só se iniciaram por volta de 1970 e baseiam-se em princípios de Avaliação de Desempenho, Controle de Qualidade e Psicologia Ambiental.

A avaliação do espaço através da APO permite identificar quais ações foram positivas ou negativas. As positivas são recomendadas em projetos futuros e as negativas geram recomendações para minimizar os problemas delas decorridos. Na APO, o nível de satisfação do usuário é tão importante quanto a avaliação de desempenho físico, avaliação dos aspectos funcionais, das áreas livres, dos aspectos construtivos, do conforto ambiental, avaliação econômica e de equipamento comunitário.

---

<sup>2</sup> Definição de Habitar dado por Gouvêa em sala de aula em 2007 no curso de Mestrado em arquitetura e Urbanismo da UnB.

Ornstein e Roméro (2003, p.26) definem da seguinte forma a APO:

A APO, portanto, diz respeito a uma série de métodos e técnicas que diagnosticam fatores positivos e negativos do ambiente no decorrer do uso, a partir da análise de fatores socioeconômicos, de infraestrutura e superestrutura urbanas dos sistemas construtivos, conforto ambiental, conservação de energia, fatores estéticos, funcionais e comportamentais, levando em consideração o ponto de vista dos próprios avaliadores, projetistas e clientes, e também dos usuários

De acordo com Abiko e Ornstein (2002), a avaliação do conforto ambiental na APO contempla medições *in loco* de iluminação natural, artificial, térmica e acústica, bem como, análises gráficas dos diagramas de insolação e avaliações de desempenho térmico e luminosos feitas por meio de programas computadorizados.

Esta pesquisa se utilizará da APO, com medições *in loco* de características climáticas térmicas, e, posterior avaliação do desempenho térmico do estudo de caso.

A APO pode ser uma excelente ferramenta para melhorias do espaço urbano, não só dos conjuntos habitacionais como de toda a cidade.

A cidade torna-se mais complexa, quando há um aumento populacional e originam-se problemas, como a demanda por serviços e equipamentos públicos para atender a fluxo populacional e assim proporcionar o funcionamento da cidade. A expansão da infra-estrutura urbana é inevitável, e, somente, com a melhoria do desenho urbano baseado em conceitos sustentáveis é possível melhorar o funcionamento da cidade e a qualidade de vida da população.

Nas cidades brasileiras a configuração urbana parte do desenho colonial, traçado xadrez, que dependendo dos aspectos físicos da região, pode apresentar alguns inconvenientes, tais como planificação de áreas antes acidentadas que podem causar a impermeabilização do solo e conseqüentemente o surgimento de enchentes.

O traçado urbano, de acordo com Mascaró (2003, p.26), depende do terreno para uma melhor adaptação, pois em terrenos planos e de baixa declividade os traçados geométricos são mais adaptáveis, enquanto que para terrenos acidentados, o traçado deve acompanhar as variações das curvas de níveis.

Gouvêa (2002, p.26) também comenta sobre o traçado geométrico, precisamente o em forma de xadrez, que apresenta inconvenientes em terrenos acidentados e a erosão em solos friáveis.

Atualmente, os assentamentos humanos inseridos no espaço urbano passam por APO para modificar seu traçado. No entanto, além de um melhor traçado, a adequação dos assentamentos necessita de projetos integrados que tratem da dimensão física-ambiental da cidade, interagindo o sistema espacial e comportamental e as necessidades da população, ou seja, um desenho urbano.

O desenho urbano como disciplina surge a partir da década de 1960, quando emergem as primeiras críticas referindo-se ao espaço urbano e arquitetônico tanto no âmbito público quanto no privado. A partir dessas críticas, buscaram-se novas posturas, valores e enfoques como instrumentos para o controle do desenvolvimento das cidades. Neste contexto, o desenho urbano se consolida enquanto campo de conhecimento.

Esse novo campo disciplinar se firma no setor acadêmico e profissional e introduz conhecimentos multidisciplinares como a arquitetura, o paisagismo, o planejamento urbano, e se liga aos aspectos sociais como a sociologia, a antropologia e a psicologia. Desenvolve-se sob forma de políticas, planos, projetos e programas concentrados em compreender as complexidades do processo de desenvolvimento da cidade, relacionando a sociedade e seu espaço a partir de controles, regulações e códigos de ordenamento territorial para a utilização do terreno com qualidade.

Del Rio (1990, p.54) define desenho urbano como o “campo disciplinar que trata a dimensão físico-ambiental da cidade, enquanto conjunto de sistemas físico-espaciais e sistemas de atividades que interagem com a população através de suas vivências, percepções e ações cotidianas”.

O desenho deve relacionar-se com os diferentes elementos morfológicos e as diferentes partes da cidade. Assim o crescimento da urbe ocorre de forma que os mesmos elementos sejam constantes em variadas cidades, modificando apenas os traçados das mesmas, promovendo características individuais e formas urbanas distintas com uma mesma leitura.

A forma e o meio urbano correlacionam-se entre si como um conjunto de objetos arquitetônicos ligados por relações espaciais, ou seja, a forma urbana é inerente ao desenho urbano.

A morfologia urbana é descrita por Lamas (2000, p.38) como o estudo da forma do meio urbano nas suas partes físicas exteriores ou elementos morfológicos, e da sua produção e transformação durante o tempo. Todavia, é necessário sublinhar que um estudo morfológico não se ocupa do processo de urbanização em seu conjunto de fenômenos sociais, econômicos

e outros motores da urbanização. Estes convergem na morfologia como explicação da produção da forma, mas não como objeto de estudo.

Contudo, os elementos morfológicos são fundamentais para o processo de urbanização, pois suas partes físicas, que constituem o meio ambiente, o influenciam. O processo do crescimento urbano transforma as características ambientais, tais como o espaço físico e geográfico, as condições climáticas e o ecossistema de forma geral.

Portanto, o novo desenho urbano em questão é o desenho urbano sustentável, que tem suas bases nos princípios da sustentabilidade, com a vegetação e o clima fundamentais para um equilíbrio ecológico-ambiental.

Romero (2000, p.12) relata que a escolha do ambiente térmico justifica-se por uma importância em regiões tropicais – subtropicais do território brasileiro abordado na bioclimatologia humana, que agrupa biologia, principalmente a ecologia, climatologia e a arquitetura, caracterizando-se um enfoque bioclimático na arquitetura, aplicável no desenho urbano.

A climatologia contribui para a explicação das variáveis da atmosfera, ou do clima, que afetam a percepção térmica do homem. E a arquitetura ou o desenho urbano buscam definir condições ambientais, do meio natural e construído, que melhor satisfaçam as exigências do conforto humano do homem (ROMERO, 2000, p.12).

Olgyay (2002) explora as relações entre edifícios e o meio natural envolvente, arquitetura e lugar, forma e clima, e o regionalismo abrangendo a biologia e a meteorologia no espaço urbano.

A sustentabilidade do espaço urbano pode proporcionar uma melhor qualidade ambiental, por meio de um desenho urbano sustentável, observando todos os aspectos físico-territoriais e ecológico-ambientais, como a topografia, hidrografia, solo, vegetação, orientação solar e dos ventos.

A qualidade ambiental está intimamente ligada à qualidade de vida da população e refere-se ao impacto negativo sobre os meios físicos (água, solo, ar), biológicos (fauna e flora) e sócio-econômicos. Com o aumento da população nos centros urbanos há um desencadeamento de problemas ambientais, de toda ordem, com a conseqüente diminuição da qualidade ambiental.

A sustentabilidade urbana é possível com melhoria da qualidade ambiental e conseqüentemente da qualidade de vida da população urbana, contudo é necessária uma diminuição dos impactos negativos sobre o meio ambiente.

## **Hipóteses**

A hipótese central do trabalho é que este loteamento não foi desenhado visando um ambiente urbano saudável. A partir dessa hipótese central, surgiram outras hipóteses secundárias que nortearam este estudo:

- A inexistência de vegetação no Loteamento HBB pode colaborar para um ambiente desconfortável, aumentando a temperatura do ar no local;
- Os materiais utilizados na infra-estrutura do Loteamento HBB podem contribuir para aumentar a temperatura do ar no local e aumentar o desconforto humano;
- O desenho urbano do Loteamento HBB pode colaborar para aumentar a temperatura do ar no local e aumentar o desconforto humano;

Como objetivos dessa pesquisa, considerando-se as hipóteses acima, apresentamos:

### **Objetivo geral:**

Analisar a implantação do Loteamento HBB, por meio de uma avaliação pós-ocupacional, considerando os aspectos de sustentabilidade e adequação bioclimática.

### **Objetivos específicos:**

- Diagnosticar os possíveis problemas de desconforto térmico decorrentes do desenho urbano do Loteamento HBB;
- Estudar uma unidade habitacional em relação ao desenho do loteamento por meio de levantamento de dados climáticos;

Para se atingir os objetivos propostos, essa pesquisa se baseou no método de Avaliação Pós - Ocupação descrito por Abiko e Ornstein (2002), por meio do desempenho térmico do desenho urbano do Loteamento HBB sob a ótica ecológico-ambiental, principalmente no que diz respeito ao clima e às características físicas e morfológicas do espaço modificado.

Inicialmente realizou-se uma conceituação sobre o desenho urbano, com um aporte teórico sobre o desenvolvimento dos desenhos das cidades e de como são introduzidas as variáveis climáticas, físicas e morfológicas das cidades, investigando os possíveis agentes produtores do espaço e como estes se relacionam com os assentamentos humanos, elemento também de investigação, sempre relacionado ao modo de viver e ao clima.

A revisão bibliográfica parte do método de Avaliação Pós-Ocupação em habitações de Interesse Social apresentado por Abiko e Ornstein (2002), do desenho urbano visto sob o ponto de vista de autores como Gouvêa (2002), Franco (1997), Romero (2000) e Romero (2001), dos aspectos ecológico-ambientais, direcionados para o clima urbano e o conforto climático na habitação, dos autores Holanda (1976), Monteiro (2003), Romero (2003), Frota e Schiffer (2000) e ABNT (2005), e uma revisão a respeito do conceito de sustentabilidade, baseada em Mota (2003) e principalmente Gouvêa (2002) e Gouvêa (2003).

A pesquisa de campo baseou-se nas metodologias empregadas pelo Instituto de Meteorologia (INMET) e a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR), Monteiro (2003), Silveira (1999) e Silveira (2007) que elaboram planilhas para levantamentos climáticos e os equipamentos utilizados para medição dos dados climatológicos.

### **Da organização do trabalho**

A apresentação desta pesquisa foi estruturada em duas partes e sete capítulos. A primeira parte inclui dois capítulos, o referencial teórico e sobre Teresina. A segunda parte inclui quatro capítulos: o estudo de caso; o método aplicado; a análise dos dados e as considerações finais.

O referencial teórico descreve o clima, base conceitual da pesquisa, onde são descritos todos os elementos e fatores climáticos, escalas climáticas e os fenômenos climáticos envolvidos com mudanças climáticas que por ventura um espaço pode sofrer. Baseia-se nos estudos de Oke (1987), Romero (2000), Romero (2001), Gouvêa (2002), Gouvêa (2003), Monteiro (2003), Romero (2003), Oke (2004) e Mendonça (2007).

O terceiro capítulo descreve a cidade de Teresina, toda a dinâmica que a envolve com um breve histórico da cidade e as características climáticas da região. Baseia-se nos autores Chaves (1998), Façanha (1998), Nascimento (2002), Castelo Branco (2003) e Silveira (2007).

O quarto capítulo descreve o estudo de caso, objeto de estudo desta pesquisa, o loteamento Habitar Brasil Bid (HBB) relatando todos os elementos referentes a região de estudo.

O quinto capítulo, o método aplicado, foi deslocado para o final do trabalho a fim de manter uma linha de raciocínio com a parte principal da pesquisa e os dados levantados. No método aplicado são relacionados todos os instrumentos de medição utilizados na pesquisa, os dias e horários escolhidos, bem como os lugares das medições e a estação de referência utilizada.

No sexto capítulo é apresentada a análise dos dados levantados no loteamento HBB e da estação de referência, INMET.

No sétimo capítulo com o título de considerações finais, a pesquisa é finalizada com um texto onde são descritos os objetivos alcançados e as hipóteses confirmadas ou não.

## 2 O CLIMA

Neste capítulo trataremos sobre o clima e as variáveis climáticas, são eles os elementos e fatores climáticos, assim como os fenômenos climáticos responsáveis por variações temporárias do clima. Trataremos ainda sobre as escalas climáticas e as modificações do clima que provocam as condições de clima urbano, características da cidade como as ilhas de calor.

Teorias baseadas em autores como Oke (1987) e (2004) apresentam alterações do espaço que provocam ilhas de calor, como os materiais das superfícies do solo, a proximidades das edificações e a presença de vegetação. Monteiro (2003) apresenta o sistema clima urbano e Brandão (2003) descreve a ilha de calor e como pode ser medida. Mendonça (2007) relata a climatologia e como os vários fatores e elementos climáticos se relacionam e estabelecem o clima.

### 2.1 ELEMENTOS E FATORES CLIMÁTICOS

Mendonça (2007, p.41) lembra que embora os elementos e fatores climáticos sejam tratados isoladamente, podem ocorrer interações entre os primeiros, com um agindo sobre o outro, exemplificado pela temperatura que condiciona a variação da umidade relativa e influenciando no campo barométrico. Torna-se primeiramente necessário examinar os princípios básicos que regem os fatores climáticos.

#### 2.1.1 Fatores climáticos

Para uma melhor distinção dos fatores climáticos utilizaremos a abordagem de Romero (2000, p.02) classificando-os em fatores climáticos globais e locais. Os fatores globais condicionam, determinam e dão origem ao clima nos seus aspectos macros ou mais gerais, (tais como a radiação solar, a latitude, a altitude, a longitude, os ventos e as massas de água e terra) e os fatores locais condicionam, determinam e dão origem ao microclima, ou ao clima que se verifica num ponto restrito (cidade, bairro, rua etc.), como a topografia/relevo, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído.

### 2.1.1.1 Latitude

A latitude retrata a ação de alguns condicionantes astronômicos, apresentados na Fig. 1 e 2, como os movimentos de rotação e translação da terra, distância e o tamanho entre os astros, a inclinação da terra em relação ao sol, responsável pelos solstícios e equinócios<sup>3</sup>, e na quantidade de energia que entra no Sistema Superfície-Atmosfera (SSA) de acordo com Mendonça (2007).

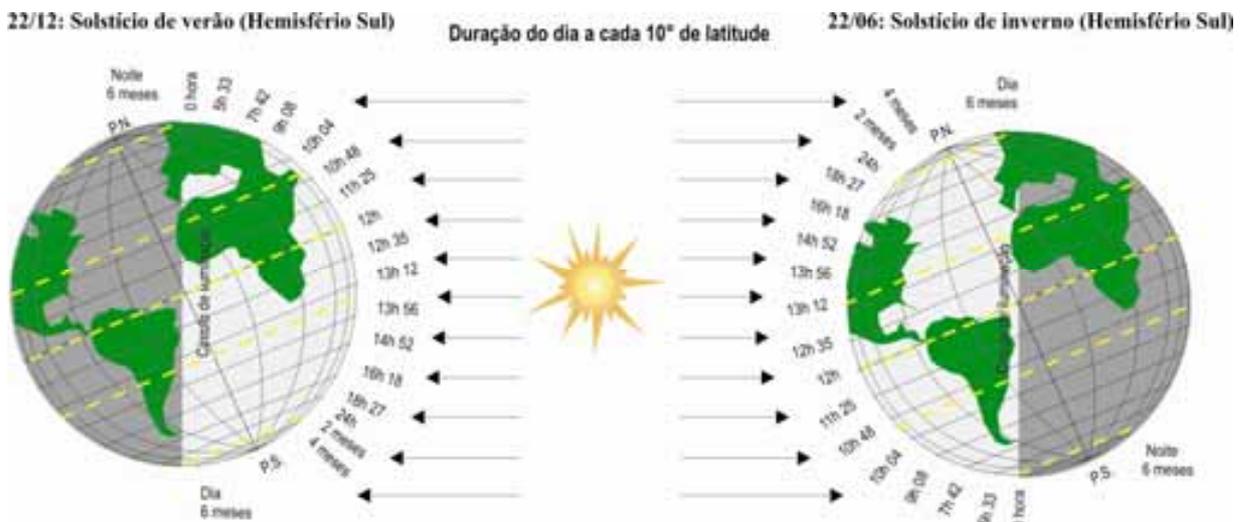


Figura 1 – Esquema do fator climático global: latitude. Solstícios para o Hemisfério Sul.

Fonte: Adaptação Mendonça (2007, p. 42)

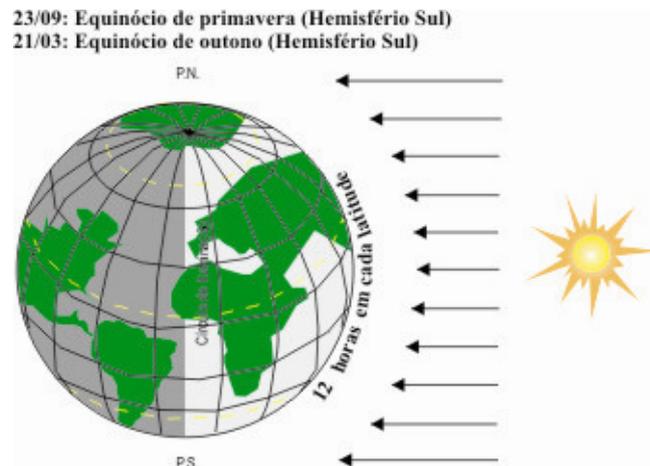


Figura 2 – Esquema do fator climático global: latitude. Equinócios para o Hemisfério Sul.

Fonte: Adaptação Mendonça (2007, p. 42)

Os números nas Fig. 1 e 2 indicam a duração do dia nos solstícios e equinócios em várias latitudes.

<sup>3</sup> Solstícios - quando um dos hemisférios tem os dias maiores que as noites e o outro hemisfério tem noites maiores que os dias e tem duração de 6 meses para cada solstício; e equinócios - a duração do dia é igual a da noite. (MENDONÇA, 2007)

### 2.1.1.2 Radiação solar

A partir da latitude pode-se analisar a radiação solar em uma dada superfície. A incidência dos raios solares na superfície terrestre atua conforme os ângulos formados entre os raios mostrados na Fig. 3, o ângulo  $\Delta Z$ . (MENDONÇA, 2007, p.43)

Mendonça (2007) esclarece que a altura solar é tomada a partir da declinação solar ao longo do ano e usa como referências o horário de 12h de um dado local.

A declinação solar representa o lugar na terra em que os raios solares estão incidindo a um ângulo de  $90^\circ$ , ou seja, é a latitude do lugar em que a radiação solar incidente coincide com a vertical do lugar ou linha do zênite, designado nas Fig. 3 e 4. (MENDONÇA, 2007, p.43)

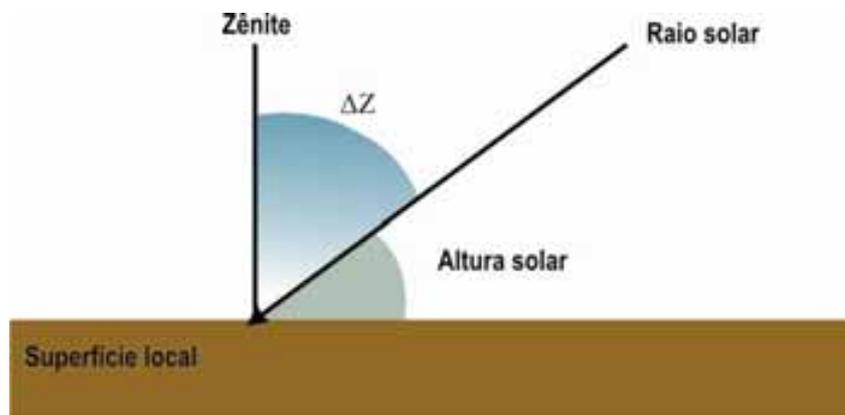


Figura 3 – Esquema do fator climático global: radiação solar.  
Fonte: Adaptação Mendonça (2007, p. 43-44)

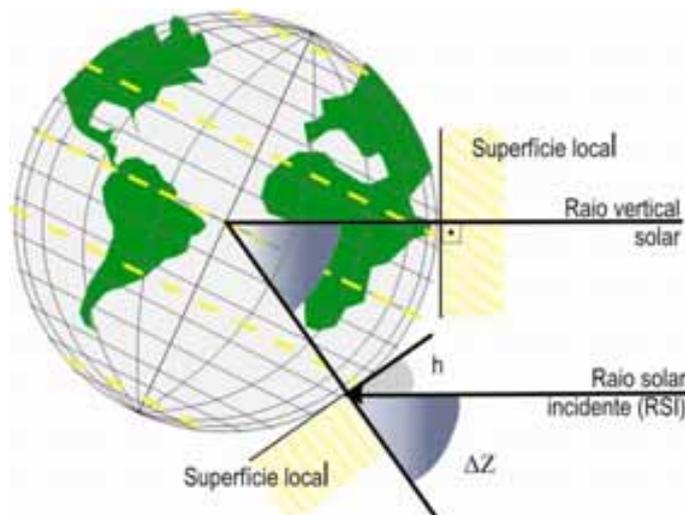


Figura 4 – Distância Zenital. Fonte: Adaptação Mendonça (2007, p. 43).

De acordo com Koenigsberger (1977, p.24 apud SILVEIRA 1999, p.11), apenas 50% da radiação solar total que incide sobre a Terra é absorvida pelo solo, seja ela direta ou difusa,

e o restante é refletido pelo solo de volta pra o céu (5%) ou pelas nuvens (20%). Parte é absorvido pela atmosfera (25%).

O solo absorve a radiação que se transforma em calor, o qual é dissipado para o céu por radiação de ondas longas conforme Fig. 5, por evaporação da água na superfície do solo e por convecção do ar mais quente que se eleva pra a atmosfera superior. (SILVEIRA, 1999, p.12)



Figura 5 – Croqui representa trocas térmicas e a radiação por ondas longas.  
Fonte: Lamberts et al. (1997, p.35).

### 2.1.1.3 Altitude

Numa mesma latitude ocorrem temperaturas diferenciadas, pois em altitudes mais elevadas as temperaturas são menores. De acordo com Mendonça (2007, p. 46) as temperaturas diminuem na média de  $0,6^{\circ}\text{C}$  por cada 100 metros elevados, já para Romero (2000, p. 08) o gradiente termométrico do ar é de aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$  para cada 200 m de altura, com pouca variação em relação à latitude e às estações.

Romero (2000, p.26) ainda discorre sobre a altitude relativa ao mar:

É um dos fatores que exerce maior influência sobre a temperatura. Ao aumentar a altura, o ar está menos carregado de partículas sólidas e líquidas, e são justamente estas partículas que absorvem as radiações solares e as difundem aumentando a temperatura do ar.

#### 2.1.1.4 Relevo

O relevo é um fator que diversifica os padrões climáticos em decorrência da variação da altitude, forma e orientação de suas vertentes.

Mendonça (2007, p. 47) considera três atributos do relevo definidores dos climas:

- Posição do relevo* pode favorecer ou dificultar os fluxos de calor e umidade entre áreas próximas;
- Orientação do relevo* em relação ao sol define vertentes mais aquecidas e mais secas e as mais frias e mais úmidas;
- Declividade da vertente* modifica a relação superfície/radiação incidente, pois uma vertente inclinada concentra mais energia de uma mesma radiação solar incidente, conforme Fig. 6.

As características físicas que recobrem a superfície terrestre também são responsáveis pela absorção e concentração de energia dos raios solares que entram no Sistema Superfície – Atmosfera (SSA) como coberturas vegetadas que concentram menor energia que áreas não vegetadas. (MENDONÇA, 2007, p.47)

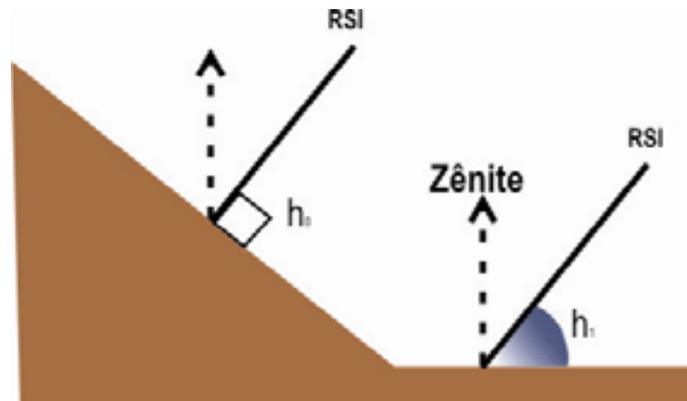


Figura 6 – Maior concentração de energia na vertente inclinada.  
Fonte: Mendonça, 2007, p.48.

Mendonça explica que para uma mesma radiação solar incidente (RSI), a altura solar é ( $h=45^\circ$ ), e que a concentração de energia no plano inclinado será maior, devido à declividade do terreno, o sol estará incidindo com um ângulo de  $90^\circ$ , concentrando assim mais energia no plano inclinado que na planície, onde a incidência se dá a  $45^\circ$ .

#### 2.1.1.5 Vegetação

A vegetação é um elemento de muitas utilidades no meio ambiente e no espaço urbano, pode ser uma forma de mitigar os efeitos da urbanização acelerada, principalmente nos grandes centros urbanos.

Silveira (1999, p.14) afirma que, em áreas cobertas por vegetação, as temperaturas serão menores que o entorno desprovido de massa vegetal, pois a vegetação diminui a absorção por radiação e, portanto, diminui a dissipação de calor por ondas longas.

Mendonça (2007, p. 47-48) completa que a vegetação desempenha função reguladora de umidade e temperatura, bloqueia a radiação solar direta, diminui a disponibilidade de energia para aquecer o ar e facilita o processo de infiltração das águas pluviais nos solo, permitindo ao solo transmitir o calor absorvido e retardar o aquecimento do ar.

A vegetação pode aparecer como forração para cobrir a superfície do solo permitindo que o as águas pluviais filtrem para o solo, pois a impermeabilização do solo é umas das causas para formação de enchentes nas cidades, bem como, do aquecimento climático urbano facilmente identificado pela formação de ilhas de calor.

A formação vegetal arbustiva tem como algumas utilizações a ornamentação do espaço urbano e/ou dependendo da composição desta, pode ser um elemento de bloqueio dos ou direcionador de ventos.

A árvore é o tipo de formação vegetal onde as utilidades são melhor vistas no espaço urbano, pois proporciona o sombreamento, bloqueia a radiação solar direta diminuindo o efeito refletivo do calor emanado pela superfície do solo. Também pode ser um elemento ornamental, ou referência, ou identidade das pessoas com o espaço.

A arborização pode moldar um espaço ou ser moldada por um espaço, diminui a poluição visual e tem efeitos de mitigação da poluição sonora e do ar (SBAU, 2004).

As edificações têm na vegetação um elemento proteção contra intempéries como sol e chuva e diminuir o impacto negativo da urbanização quando empregado em larga escala e de forma adequada nas bordas de vias, rios, lagos e lagoas inseridos no espaço urbano.

A vegetação causa efeitos de atração/ centrípeto nas pessoas, por exemplo, parques e praças como pode causar efeito contrário, centrífugo como as florestas tropicais que são quentes e úmidas.

O sítio do Burle Marx<sup>4</sup> no Rio de Janeiro é um exemplo de floresta tropical, muito quente e úmida, a sensação de cansaço chega rápido ao andar pelo sítio de exuberância e beleza, visto que é um espaço onde se encontram exemplares de floresta tropical e espécies de outras regiões do país e do mundo, se fosse empregado em um espaço urbano, os espécimes e a disposição da vegetação poderiam causar desconforto humano.

---

<sup>4</sup> Visita realizada pela autora em novembro de 2006.

### 2.1.1.6 Maritimidade/ Continentalidade

A maritimidade controla a distribuição de energia entre oceanos e continentes, a temperatura tende a baixar com a proximidade dos oceanos e mares ao continente.

A continentalidade distancia-se dos mares e oceanos e pode acentuar o calor e o frio. Conforme Olgay (2002, p.51), a terra tem um calor específico menor que a água, ou seja, necessita de menos calor para elevar sua temperatura em 1°C. Isso faz com que a superfície continental tenha maior facilidade em aquecer-se e resfriar-se em relação às águas, influenciando na amplitude térmica local, determinada pela menor e maior temperaturas da região.

Em áreas sobre a influência da circulação marítima há uma redução da amplitude térmica diária devido à capacidade maior da água de reter calor. Desta forma, há baixas amplitudes térmicas em áreas litorâneas, ao contrário de áreas não influenciadas pela circulação marítima que apresenta grandes amplitudes térmicas diárias. (MENDONÇA, 2007, p.49)

O efeito brisas terra-mar Frota e Schiffer (2000, p.60), explica a diferença do calor específico entre terra-mar, Fig. 7 situadas em costas continentais, lacustres e ribeirinhas:

Durante o dia, a terra aquece mais rapidamente que a água, e o ar, ao ascender da região mais fria para a mais quente, forçará uma circulação da brisa marítima no sentido mar-terra. À noite este sentido se inverterá, pois a água, por demorar mais a esfriar que a terra, encontrar-se-á momentaneamente mais quente, gerando uma brisa terra-mar.



Figura 7 – Efeito brisa diurna mar-terra e brisa noturna terra-mar.

Fonte: Adaptação Frota e Schiffer (2000, p.61)

Mendonça (2007, p. 54) também comenta sobre as brisas, afirmando que durante o dia, a radiação solar não refletida penetra no oceano onde é absorvida pela água. Como as

trocas de calor entre o ar e água são mais lentas que entre o ar e o solo, opaco à luz e de albedo<sup>5</sup> relativamente elevado, durante o dia, o ar é mais quente sobre o continente que no oceano, e à noite a situação se inverte, pois o oceano armazenou maior energia ao longo do dia, o que disponibiliza um ar mais aquecido sobre o oceano que sobre o continente. Mendonça acrescenta que tais diferenças de aquecimento formam os mecanismos de brisas estabelecidos nas costas continentais, lacustres e ribeirinhas.

## 2.1.2 Elementos climáticos

Como foi dito anteriormente os elementos climáticos são atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local. Os elementos que caracterizam a atmosfera geográfica são: a temperatura, a umidade e a pressão, cuja influência da diversidade geográfica manifestam-se por meio de precipitação, ventos, nebulosidade, ondas de calor e frio, entre outros. (MENDONÇA, 2007, p.41)

### 2.1.2.1 Temperatura

A temperatura é comumente associada a sensação de frio e calor. As temperaturas são registradas através de medições e podem ser diárias, semanais, mensais, sazonais, anuais ou decenais, e a diferença entre a temperatura máxima e a mínima é definida como amplitude térmica.

Romero (2000, p.15) descreve que:

O sol, [...], ilumina de forma desigual as várias partes da superfície da terra. Esse fato, associado aos diferentes coeficientes de absorção da radiação solar dos diferentes tipos de solos e águas da superfície da terra, ocasiona uma desigual distribuição da energia solar, cujos efeitos são o aparecimento dos movimentos de massa de ar e de águas (correntes marinhas) e as trocas de matéria e energia entre o ar, o mar e a terra (por exemplo, a evaporação da água dos mares, as chuvas etc.). Um dos resultados desse fenômeno é que tanto a temperatura nas camadas mais próximas da superfície da terra, bem como o seu perfil numa dada região estão permanentemente mudando com o tempo.

As temperaturas podem ser medidas tanto no ar como na superfície:

- a) *Temperatura do ar* é a medida do calor sensível<sup>6</sup> nele armazenado, sendo comumente dado em graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F) e medida por

---

<sup>5</sup> Albedo - é a proporção entre a luz do sol recebida e refletida por uma superfície (ROMERO, 2000, p.14).

<sup>6</sup> Calor sensível é aquele que provoca variação da temperatura sem mudança de estado físico.

termômetros. Segundo Mendonça (2007, p. 49), a temperatura do ar reflete o calor presente no ar em um dado momento. A temperatura do ar varia temporalmente em um determinado lugar por dois aspectos: a trajetória aparente do sol e a resultante das variações interanuais de temperatura, expressas pelos parâmetros da tendência e de oscilações térmicas.

- b) Temperatura superficial é a energia solar recebida diretamente pela superfície que, dependendo do material que compõe a cobertura superficial, pode ser maior ou menor. Quanto menor o calor sensível dos materiais maior é o seu albedo e quanto menor o calor sensível maior é a capacidade de armazenar calor.

Romero (2000, p. 14) comenta que:

Os materiais de superfície com alto albedo e baixa condutibilidade [e menor sua capacidade armazenar calor] contribuem para criar um micro clima de extremos, já que não auxiliam para equilibrar os contrastes. O mar, os vales e os solos úmidos em geral tendem a equilibrar as temperaturas, enquanto a areia, a neve ou os pavimentos não atuam da mesma maneira, sendo quentes durante o dia e frios durante a noite.

Mendonça (2007, p. 53) “O padrão da variação diária da temperatura pode ser significativamente alterado pela presença de nebulosidade e vento, [...]”, e mostrado esquematicamente na Fig. 8 uma variação diuturna da temperatura do ar, considerando um dia de equinócio, sem nebulosidade e sem ventos.

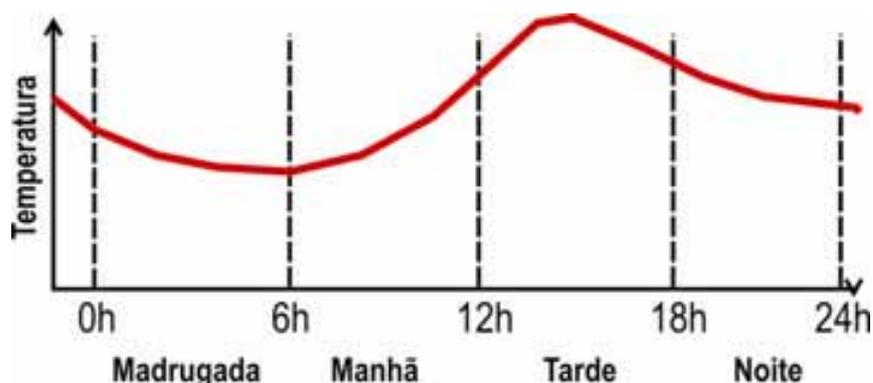


Figura 8 – Variação diuturna da temperatura do ar.

Fonte: Mendonça (2007, p.53, fig.3.11)

Mendonça (2007, p. 53) esclarece que nos períodos da manhã, há um rápido aquecimento do ar a partir do alvorecer até 12 h locais (sol elevado). Porém é aproximadamente às 14h que a temperatura chega a sua máxima do dia; ele completa que “As duas horas de defasagem entre a máxima quantidade de energia recebida pela superfície e a

máxima temperatura registrada no ar são necessárias, para que sejam processados os fluxos de energia que tramitam no SSA.”

Em lugares com cobertura vegetal em materiais de albedo elevado diminui-se a condutibilidade como explicado por Romero (2000, p. 14), formando um microclima de extremos, principalmente em locais urbanizados com o equilíbrio do ambiente alterado. Ela ainda acrescenta:

[...]devido às diferenças existentes entre a radiação solar recebida pelas superfícies construídas e a capacidade de armazenar calor dos matéria de construção. O tecido urbano absorve calor durante o dia e o reirradia durante a noite. A isto se deve acrescentar o calor produzido pelas máquinas e homens concentrados em pequenos espaços da superfície terrestre.

Portanto, a presença do solo natural nos centros urbanos possibilita uma melhoria da temperatura do ar e superficial, pois permite uma maior condutibilidade, um menor albedo e assim menores amplitudes térmicas, restabelecendo um equilíbrio climático.

A temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios do sol, pois o ar é transparente a todos os comprimentos de ondas eletromagnéticas. O processo ocorre indiretamente: a radiação solar atinge o solo onde é absorvida em parte e transformada em calor. A temperatura do solo aumenta e, por convecção, aquece o ar. A temperatura do ar será consequência, portanto, de um balanço energético onde intervém:

- A radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora;
- A condutividade e a capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução;
- As perdas por evaporação, convecção e radiação.

O resultado destes fenômenos simultâneos é que a temperatura do ar começa a elevar-se a partir do nascer do sol, chegando a um máximo que ocorre cerca de duas horas após a passagem do sol pelo meridiano, como consequência do calor armazenado na Terra.

A partir deste momento, o balanço começa a ser negativo: a energia perdida, especialmente por radiação em direção as altas camadas da atmosfera, é maior que a recebida, fazendo com que a temperatura da superfície da Terra comece a descer até alcançar um mínimo pouco antes do nascer do sol.

#### 2.1.2.2 Umidade relativa

A presença de vapor de água na atmosfera é tratada como umidade absoluta (MENDONÇA, 2007, p. 61) e a umidade relativa é uma das variações na forma de abordar a

presença do vapor. Romero (2000, p. 16) acrescenta que a capacidade do ar para conter vapor d'água aumenta com a temperatura, pois assim como a temperatura não é uniforme sobre a terra também não o é a distribuição de vapor sobre a mesma.

Para Romero (2000, p. 38), “Quando o ar contém todo o vapor d'água se diz que o ar está saturado e que a umidade relativa é 100%. Quando o vapor contido é menor que o conteúdo potencial na mesma temperatura a umidade relativa é menor que 100%.”

Em média, o vapor de água é maior nas zonas equatoriais e menor nos pólos e acompanha os padrões anuais de radiação e temperatura.

A umidade relativa é medida por termo-higrômetros e psicrômetros, apresentando-se em porcentagem de vapor presente no ar em relação à quantidade máxima possível de vapor que nele poderia haver, sob a temperatura que se encontra (MENDONÇA, 2007, p. 62).

A mudança de temperatura pode modificar a umidade relativa do ar. A uma mesma temperatura, o ar apresenta maior facilidade de ascender se estiver úmido e assim formar nuvens, alterando a densidade do ar, que leva a mudança de temperatura adiabaticamente, sem perdas ou ganhos de energia com o ar circundante (MENDONÇA, 2007).

De acordo com Romero (2000, p. 17):

A umidade relativa varia nas diferentes horas do dia e épocas do ano, mesmo quando a pressão de vapor permanece constante. Isto é devido às mudanças diurnas e anuais na temperatura do ar, que determinam a capacidade potencial do ar em conter determinada quantidade de vapor d'água.

#### 2.1.2.3 Pressão atmosférica

A pressão do vapor é parte da pressão atmosférica global, segundo Romero (2000, p.38), que é devida ao vapor d'água.

A pressão do vapor e a umidade relativa variam segundo o lugar e às mudanças de estação. Em lugares que existam superfície aquífera e nos momentos de chuva na parte continental, a pressão de vapor acompanha a variação da temperatura do ar.

#### 2.1.2.4 Precipitações

A ocorrência de nuvens não é suficiente para precipitações, pois estas são só o início do processo das chuvas.

Conforme Mendonça (2007, p71) “a precipitação pluviométrica é dada em milímetros e refere-se à altura da água coletada em pluviômetros ou pluviógrafos, que registram os dados

em gráficos.” e os dados de chuva coletados diariamente nas estações meteorológicas, como norma internacional, são totalizados a partir das leituras das 15h, 21h e 9h do dia seguinte.

A precipitação varia entre as diversas regiões do planeta, em função da pressão atmosférica, do relevo, e das regiões que são afetadas pelo El Niño e La Niña, e se localizam dentro da área de atuação das células de Walker.

#### 2.1.2.5 Nebulosidade

As nuvens resultam dos movimentos ascensionais do ar úmido, com seu resfriamento adiabático alcançam a saturação e a condensação do vapor existente no ar. Formadas por gotículas d'água de diversos tamanhos suspensas no ar e por cristais de gelo, da proporção entre ela depende o tipo da nuvem.

Para Mendonça ( 2007, p. 66) :

As nuvens são classificadas em tipos de acordo com a forma que apresentam. A forma é determinada pela intensidade com que ocorrem os movimentos ascensionais, bem como seu alcance vertical. Os movimentos ascensionais que desencadeiam os processo de formação das nuvens correspondem à ascensão do ar por convecção, radiação, ação orográfica e sistemas dinâmicos, tal como frontal, que, somados às condições da dinâmica da Troposfera, permitem a condensação do vapor do ar.[...]

A convecção ocorre devido a um intenso aquecimento do ar em contato com superfícies quentes. Os movimentos ascensionais que assim são gerados caracterizam-se pelo *vigor*, podendo atingir até mais de 18 km de altitude na zona equatorial do globo. [...]

Quando, ao se deslocar horizontalmente, o ar encontra um obstáculo de relevo (morros, montanhas, planaltos, chapadas, entre outros), a vertente ou lado do ar que está voltado para o vento recebe o nome de *barlavento* e a que está protegida, de *sotavento*.

A nebulosidade é o conjunto de nuvens que se forma no céu e atua significativamente na diminuição das amplitudes térmicas diárias, e sua ação bloqueadora à perda das radiações de ondas longas na Troposfera produz uma distribuição uniforme da temperatura do ar (MENDONÇA, 2007, p. 68-69).

As condições do céu são classificadas, na seguinte escala do quadro 3:

Índice de nebulosidade	Condição do céu
De 0 a 3	Céu claro
De 4 a 7	Céu parcialmente nublado
De 8 a 10	Céu nublado

Quadro 1 – Índice de nebulosidade e a respectiva condição do céu.

Fonte: Material didático - Amorim (2006).

### 2.1.2.6 Ventos

A diferença barométrica em áreas próximas promove o fluir do ar mais denso em direção a área de menor pressão, até o ponto de equilíbrio de pressão. Esse movimento de ar de uma alta pressão para a baixa pressão chama-se advecção e resulta em vento. Sua velocidade é controlada pelo gradiente de pressão, quanto maior o gradiente, mais veloz será o vento (MENDONÇA, 2007, p.75).

O ar converge em baixa pressão e diverge em alta pressão, ou seja, o ar quente tende a se concentrar e ascender e o ar frio tende a subsidiar e a divergir.

Os ventos trazem características térmicas e higrométricas do ambiente onde se originam conforme Mendonça (2007, p.76), tem o nome da direção de onde originam e são caracterizados também por sua velocidade.

A velocidade do vento é medida pelo anemômetro e a direção é obtida com o auxílio de uma bússola e uma biruta sobre uma tabela com um círculo preenchido com os 360°.

Mendonça (2007, p.77) cita que a rugosidade do solo é capaz de alterar o vento, reduzindo sua velocidade. Em campo aberto, como áreas rurais os ventos tendem a ser mais velozes que em áreas urbanas, como pode ser visto na Fig. 9. Os oceanos favorecem a formação dos ventos velozes, enquanto que em continentes, devido a sua variada rugosidade, os ventos tendem a ser menos velozes.

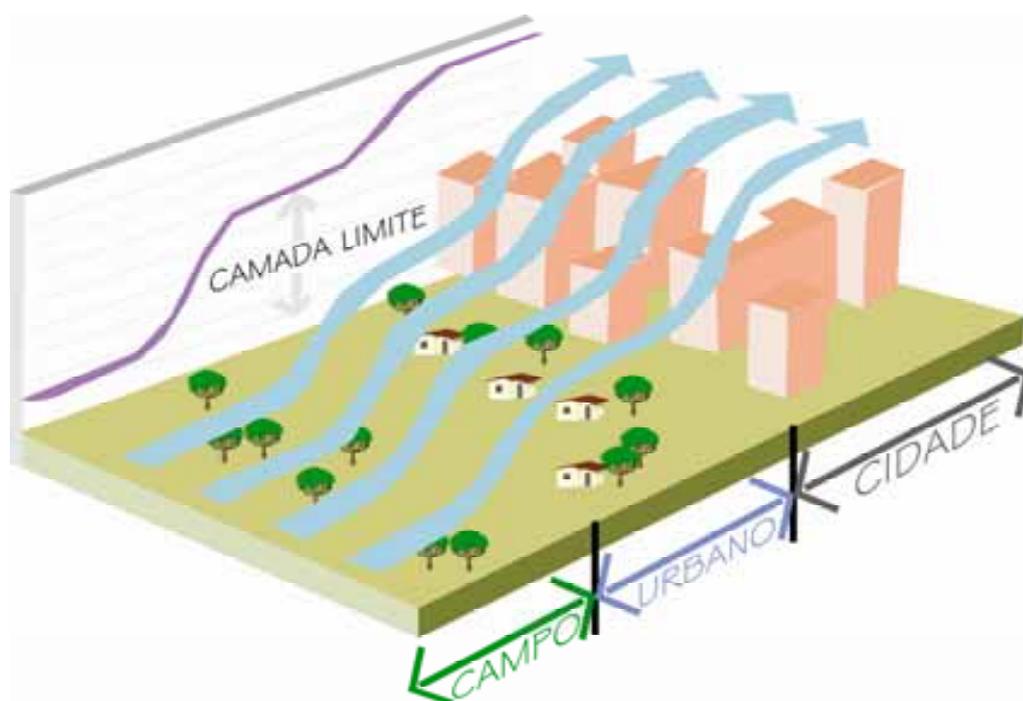


Figura 9 – Os ventos dependem da rugosidade do terreno, esquema da disposição dos ventos no campo, no urbano e na cidade. Fonte: adaptado de Lamberts *et al* (1997, p.37).

O grau de velocidade dos ventos será apresentado de acordo com a classificação de Beaufort no quadro 2:

Grau	Velocidade (m/s)	Classificação do Vento	Características da Paisagem
0	0 – 0,2	Calmo	A fumaça sobe verticalmente. As bandeiras pendem tranqüilas.
1	0,3 – 1,5	Leve	A fumaça desvia-se um pouco e indica a direção do vento.
2	1,6 – 3,3	Brisa leve	Sente-se o vento nas faces. As folhas das árvores alvoroçam-se.
3	3,4 – 5,4	Brisa suave	As folhas das árvores movem-se constantemente. As bandeiras desfraldam-se. Formam-se pequenas ondas de aspecto cristalino sobre os lagos.
4	5,5 – 7,9	Vento moderado	Galhos finos de árvores curvam-se. Começa a levantar poeira e papel do solo.
5	8,0 – 10,7	Vento fresco	Pequenas árvores em crescimento começam a se curvar. Bandeiras flamulam estendidas.
6	10,8 – 13,8	Vento forte	Galhos grandes curvam-se. Arames silvam; há dificuldade de manter guarda-chuvas abertos. Formam-se crostas de espuma sobre as ondas.
7	13,9 – 17,1	Vento rápido	As árvores movem-se por inteiro. É difícil caminhar contra o vento.
8	17,2 – 20,7	Ventania	Quebram-se ramos de árvores. É muito difícil caminhar contra o vento.
9	20,8 – 24,4	Ventania forte	Estragos leves em casas e edifícios, arrancando telhas. Quebram-se galhos de árvores.
10	24,5 – 28,4	Ventania desenfreada	Árvores são arrancadas. Janelas são quebradas.
11	28,5 – 32,6	Tempestade	Estragos generalizados em construções. Destruição geral.
12	Acima de 37,20	Furacão ou ciclone	

Quadro 2 – Classificação dos ventos de acordo com Beaufort.

Fonte: Mendonça, (2007, p. 78, quadro 3.2)

Mendonça (2007, p.78) comenta que além das diferenças barométricas, outro fator influencia a atuação dos ventos. O efeito Coriolis<sup>7</sup> age sob o vetor de deslocamento do vento e modifica a sua trajetória original. Assim no hemisfério Sul, o vento é guiado para a esquerda, enquanto que no hemisfério Norte, para a direita. Nos pólos a ação do vento é igual e máxima e diminui em direção à linha do Equador, onde é nulo.

<sup>7</sup> Efeito Coriolis – Força mecânica gerada pelo movimento de rotação da terra. Fonte: Romero (2000, p.27).

*A movimentação do ar*, uma das principais causas da distribuição dos ventos no globo, é o desequilíbrio de radiação entre as latitudes baixas e altas. O aquecimento desigual da Terra e de sua atmosfera pela radiação solar gera energia potencial, parte da qual se transforma em energia cinética pela elevação do ar quente e descida do ar frio.

No caso de regiões marítimas, durante o dia, o movimento do ar acontece do mar para a terra, e durante a noite, da terra para o mar. Isto se deve ao fato da terra se aquecer mais facilmente que a água. Portanto, durante o dia, o ar próximo ao solo se aquecerá, subirá e permitirá o movimento do ar fresco do mar para a terra, situação bem aproveitada em Marrocos, cidade islâmica, Fig. 10.



Figura 10 - Aproveitamento dos ventos do mar, necessários a ventilação e impedem a entrada do vento quente do deserto, suas ruas são estreitas e toldos são usados para proporcionar sombra em Marrocos. Fonte: Adaptado de Romero(2000,p.64)

Durante a noite, a terra resfria mais facilmente e a água que armazenou o calor durante o dia, aquece o ar próximo permitindo a sua subida e a substituição pelo ar fresco vindo da terra (FROTA e SCHIFFER, 2000, p.60).

O conhecimento dos elementos e fatores climáticos servirá de base fundamental para o entendimento das diferenças climáticas entre regiões e, em especial, a região de estudo desta pesquisa, Teresina.

## 2.2 FENÔMENOS CLIMÁTICOS

Os fenômenos climáticos provocam modificações nos padrões climáticos de determinados lugares, por exemplo, o El Niño e o La Niña são fenômenos atmosférico-oceânicos, onde o primeiro causa um aquecimento das águas do oceano Pacífico tropical e o segundo um resfriamento das águas do oceano Pacífico tropical.

Gibert Walker, em 1924, identificou uma acentuada variação de pressão atmosférica entre as massas de ar localizadas nas faixas tropicais subtropicais do Oceano Índico e do Pacífico.

Silva (2000, p. 41) relata que essa variação apresentava um sistema de baixa pressão (ciclone – chuvas) em Darwin, na Indonésia, mas, também um outro sistema se apresentava, de alta pressão (anticiclone – ausência de chuva), na ilha da Páscoa no Tahiti, sudeste do Oceano Pacífico.

Walker verificou que os sistemas se invertiam entre uma região e outra, e a cada inversão, mudanças de tempo ocorriam em ambas as regiões.

Chamada de índice de Oscilação Sul (IOS<sup>8</sup>), por Walker, as variações de pressão refletem a variabilidade atmosférica entre as duas regiões, em uma faixa zonal de circulação direta na linha do equador determinada como Célula de Walker, que atinge o planeta podendo influenciar em eventos catastróficos com a formação do El Niño.

A célula de Walker apresenta, em condições normais, movimentos de ar ascendentes (ramo de ar ascendentes) nas regiões de pressão baixa, na Indonésia, e, movimentos de ar descendentes (ramos de ar descendentes) nas regiões de pressão alta, no sudeste do Pacífico.

Há uma diferença entre o episódio quente, o El Niño, e, o episódio frio, o La Niña, associados ao Índice de Oscilação Sul (IOS).

Quando o IOS está positivo, a pressão atmosférica aumenta na costa do pacífico (Peru), em decorrência do resfriamento demasiado das águas da corrente de Humboldt, e, por conseguinte diminui em Darwin. O episódio frio da Oscilação Sul está associado a formação do fenômeno La Niña (Fig. 11), e determina o fortalecimento dos ventos Alíseos (SILVA, 2000).

O La Niña provoca o afloramento de águas profundas favorecendo a pesca no Peru e aumento de chuvas na Amazônia, essa condição pode durar de 10 a 18 meses, pois depende do grau de intensidade do fenômeno.

Os fenômenos El Niño e La Niña formam um sistema de circulação zonal na linha do equador, oposto um ao outro, e, que cada um interfere na formação de outros sistemas organizados de diversas intensidades.

---

<sup>8</sup> IOS – Intensidade expressa pela diferença média de pressão atmosférica entre Tahiti e Darwin, definido pela fórmula  $IOS = P_T - P_D$ , onde  $P_T$  é a pressão em Tahiti e  $P_D$  é a pressão em Darwin.

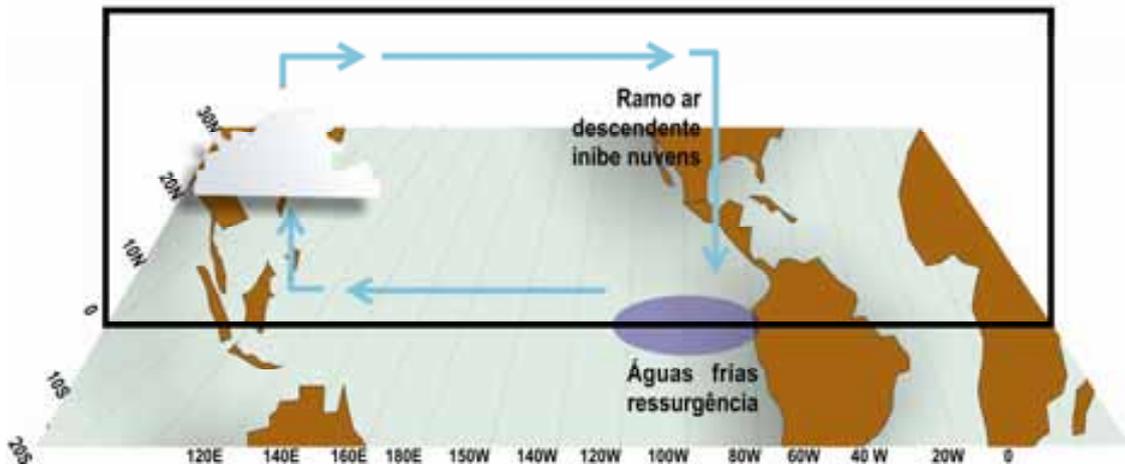


Figura 11 – Esquemática da célula de Walker em condições normais, associado ao efeito La Niña, onde verifica-se a presença de águas frias devido a ressurgência, ou seja, afloramento das águas na superfície oceânica. Fonte: Silva, 2000, p.45.

Quando o IOS está negativo, significa que a pressão atmosférica diminui na costa do pacífico (Peru) em decorrência do aquecimento das águas da corrente Humboldt, e, por conseguinte há um aumento em Darwin. O episódio quente da Oscilação Sul é a formação do fenômeno El Niño (Fig. 12), e determina o enfraquecimento dos ventos Alíseos (SILVA, 2000).

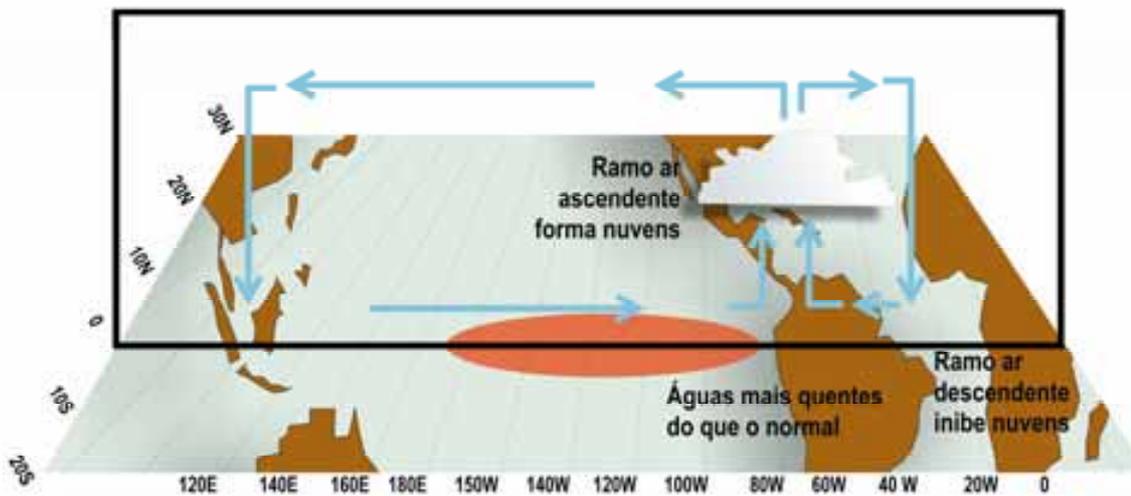


Imagem 12 – Esquemática da circulação atmosférica de grande escala no sentido zonal (célula de Walker) modificada em associação ao episódio El Niño sobre o Oceano Pacífico, observa-se o ramo ascendente (favorável à formação de nuvens) da célula de Walker e por outro lado observa-se o ramo descendente na costa litorânea oeste do Oceano Atlântico, litoral brasileiro (que inibe a formação de nuvens). Fonte: Silva, 2000, p.51.

Silva (2000, p. 49) descreve que “O deslocamento para leste das águas aquecidas, fonte de calor para a atmosfera, resulta em grandes mudanças na circulação atmosférica global, atingindo regiões remotas do Pacífico Equatorial para leste”.

A velocidade dos ventos não ultrapassam a 2m/s, durante 3 a 4 meses, com a inversão total na célula de circulação equatorial de Walker.

Com essa inversão da circulação, como Silva (2000, p. 49) esclarece, que os movimentos convectivos<sup>9</sup> na costa peruana e muda toda a situação anterior do clima. Com ponto máximo no período de dezembro a janeiro, afetando as regiões da Fig. 13, quando começam as chuvas torrenciais e grandes temporais não só na região costeira, mas o interior do Peru e Equador e secas extenuantes no nordeste brasileiro.

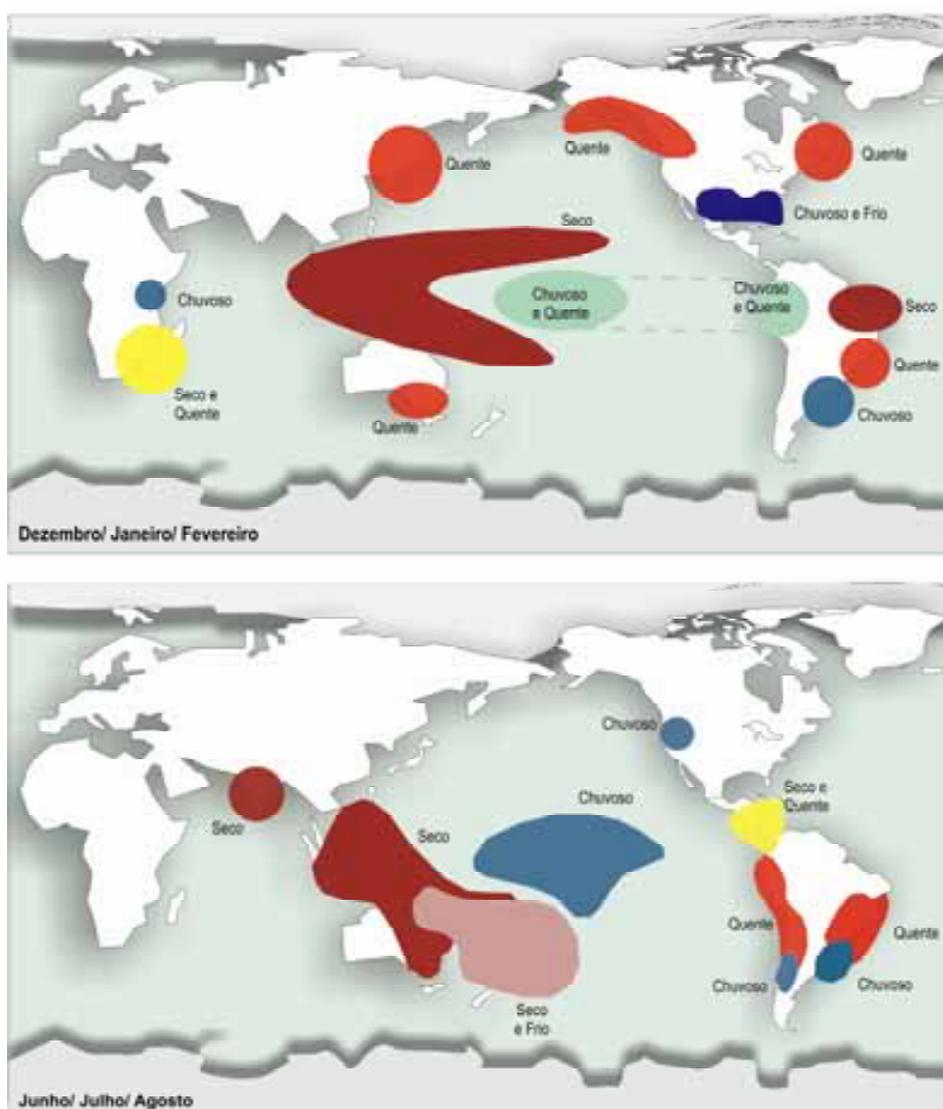


Figura 13 – Repercussões normais do fenômeno El Niño nos climas da Terra de Dezembro a Fevereiro e de Julho a agosto. Fonte: Mendonça (2007, p. 190)

O conhecimento sobre os fenômenos climáticos, El Niño e La Niña são para identificar sua atuação em Teresina-PI, como na Fig. 13, onde se é possível identificar que o

<sup>9</sup> Movimentos convectivos – Formação de nuvens e chuvas torrenciais.

El Niño é o responsável pelo período da estação seca no Piauí, no período de dezembro a fevereiro, no entanto, é necessário saber se ocorre o El Niño no período da pesquisa de campo e qual sua intensidade nos períodos estudados.

Além da urbanização nas cidades, dos fatores e elementos climáticos, os fenômenos climáticos também alteram a dinâmica da cidade.

### 2.3 O CLIMA URBANO

O clima é definido pelas variáveis climáticas que se apresentam distintas de uma região para outra e que, não necessariamente, são permanentes em uma cidade. A isto se deve as diversas modificações sofridas pela região na qual a cidade está inserida.

Monteiro (2003, p. 19) que evita definir o termo clima urbano e o coloca como um enunciado, referindo-se a um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização, ou seja, o clima local (fato natural) e a cidade (fato social).

O estudo do clima local em um espaço urbanizado incorpora as relações do ambiente regional com os agentes modificadores do espaço e o fator social, que alteram toda a dinâmica dos elementos atmosféricos.

Alterações atmosféricas como variações bruscas de temperatura e oscilações hídricas repercutem nas atividades diárias. Os episódios pluviiais extremos, negativos ou positivos (secas e enchentes), são considerados como as alterações atmosféricas mais significativas por Gonçalves (2003, p.69) e constituem insumos, por excelência, de calamidades que causam verdadeiros impactos no meio ambiente, bem como na vida social e econômica do país.

Gonçalves (2003, p.69) esclarece que apesar de tais alterações climáticas serem muitas vezes de ordem natural, há também as provocadas pela ação antrópica (agressão e expansão tanto de áreas urbanas como rurais).

Tratados anteriormente, os aspectos climáticos (fatores, elementos e fenômenos climáticos), que se organizam de forma a estabelecer os diversos tipos climáticos, fazem de seu estudo uma importante ferramenta para uma ação antrópica de menor impacto ambiental negativo, melhor inserção de assentamentos humanos nas cidades assim como expansões menos onerosas e menos degradadoras.

O clima urbano é definido pelas modificações que o clima de um espaço terrestre sofre pela urbanização, estabelecendo um novo clima, que por sua abrangência se designa como um mesoclima e microclima, que são subdivisões dos níveis do clima.

Sales (2004, p.97) expõe ainda que o espaço urbano deve ser desenhado com o objetivo de satisfazer às exigências de conforto térmico do homem na sua interação social, de forma que os ambientes urbanos sirvam para filtrar os elementos adversos e promover conforto, saúde e qualidade de vida.

Gouvêa (2006)<sup>10</sup> lista que as características físico-ambientais como a hidrografia, a topografia, o solo, o próprio clima, a vegetação, orientação solar e dos ventos, quando considerados na concepção dos desenhos urbanos, possibilitam espaços climaticamente confortáveis, mesmo que use de recursos tecnológicos de forma sustentável para melhorar o ambiente em períodos climáticos distintos, com um adequado manejo ambiental para um menor impacto ambiental negativo.

A partir de então, pode-se estabelecer que toda ação antrópica resulte em uma modificação climática, na qual a principal ou a mais evidente é a modificação vegetal, através dos desmatamentos, para o estabelecimento dos empreendimentos da urbanização, que ainda são realizados aos moldes coloniais, privando o ambiente urbano de qualquer vestígio de vegetação.

### 2.3.1 O clima urbano e as características ambientais: a sustentabilidade

A qualidade ambiental é muito discutida, principalmente a preocupação com os fatores climáticos, como na Conferência de Estocolmo, Relatório *Brutland*, Eco 92, Rio + 5, Rio + 10, abordando com maior ênfase o aquecimento global, os recursos não renováveis e as fontes de energia limpa, já que a poluição devido a ação antrópica tem se pronunciado de forma crescente junto ao caos global.

Autores como Romero (2000), Gouvêa (2002), Romero (2001), Olgyay (2002) e Monteiro (2003) abordam a questão ambiental, tratando o clima urbano como elemento reconstrutivo através de inclusão de elementos que melhoram o clima nos centros urbanos, agindo a partir do conceito sustentável.

A crise ambiental que cerca o mundo deve-se a profundas transformações como o crescimento exacerbado da população, excedendo a capacidade das estruturas físicas da cidade, comprometendo o atendimento desta população e acelerando o grau de degradação ambiental.

---

<sup>10</sup> Luis Alberto de Campos Gouvêa, professor da UnB, comentário feito em sala de aula.2006.

As estratégias estabelecidas para conter a degradação dos recursos naturais sem o comprometimento do desenvolvimento das cidades assumem uma posição para recompor e conservar o meio ambiente danificado.

Neste contexto, o desenho urbano relaciona-se com a sustentabilidade a partir da organização do espaço, pelo manejo ambiental e uso racional dos recursos naturais, visando baixos impactos ambientais, baixos custos de implantação e manutenção, e cidades desenvolvidas baseada em aspectos sustentáveis.

Gouvêa (2002) incita que a sustentabilidade local/regional deve ser com maior precisão ecológica e social objetivando aplicação em projeto, no sentido de organizar espaços diversificados, centralizados, dinâmicos, verdes o mais sustentável possível.

Desenvolver espaços sombreados, arborizados, ventilados com baixo impacto ambiental, relacionar a perspectiva ambiental em todos os espaços verificando principalmente a relação do clima, o sitio, as necessidades sociais e a cultural regional.

Em cidades com temperaturas elevadas, como a cidade de Teresina-Piauí, os princípios sustentáveis aliados ao desenho urbano podem propiciar uma possível melhora na qualidade ambiental.

Romero (2000), Olgyay (2002) descrevem alguns princípios bioclimáticos a serem incluídos no desenho urbano bem como em espaços internos para melhorar a qualidade climática e ambiental dos espaços urbanos.

Especificamente sobre o clima urbano, abordaremos a análise de Monteiro (2003) e Mendonça (2007) aplicando alguns de seus conceitos e adaptando outros para a realidade de Teresina e seu desenho urbano.

Os aspectos ambientais e fatores ambientais devem ser levados em consideração para um desenho urbano adequado a cada região e clima, a fim de colaborar para um desenvolvimento saudável e sustentável das cidades (BRASIL, 2008). Este percurso bibliográfico tem o fim de alcançar diretrizes para uma melhor qualidade ambiental para Teresina.

### 2.3.2 Escala Climática

Para um melhor entendimento do objeto de estudo, o clima foi dividido em escalas, valores arbitrados segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno conforme Ribeiro (1993, p.288).

O clima está relacionado a um conjunto de fenômenos que se incorporam no tempo e no espaço, em uma unidade ou tipo, passíveis de serem medidos em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração).

No entanto, Ribeiro (1993, p.288) relata que:

O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. Por isso, a sua abstração racional exige um referencial escalar com possibilidades metodológicas, isto é, uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica. A cada nível escalar deve corresponder uma abordagem específica, no sentido da coerência entre extensão e duração do fenômeno climático com as técnicas analíticas, desde a obtenção dos dados, passando pelo seu tratamento estatístico-matemático, até a sua apresentação gráfica e cartográfica.

Para as características climáticas são consideradas escalas que vão desde a proximidade do indivíduo, escala inferior, à escala próxima ao nível planetário, escala superior. A definição climática depende da sua proximidade ao nível planetário ou a superfície da terra, são as escalas superiores e inferiores, respectivamente.

Em uma primeira análise, Ribeiro (1993) apresenta três níveis: o macroclimático, mesoclimático e microclimático.

O nível macroclimático é a interação entre a radiação solar, curvatura da terra e os movimentos de translação e rotação. Designam grandes áreas da Terra.

O nível mesoclimático é a interação da energia disponível para evaporação e formação dos campos de pressão e as características do meio terrestre. Envolve áreas entre 10 e 100 quilômetros de largura.

O nível microclimático é a interação entre os sistemas ambientais particulares e a modificação dos elementos climáticos. É o nível que atua em áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão e será o nível de estudo desta pesquisa, pois estudaremos pontos dentro do loteamento HBB.

Dentro dos níveis apresentados por Ribeiro (1993), pode-se subdividir em outras grandezas apresentadas no quadro 3.

Para este estudo, consideraremos a subdivisão apresentada no quadro 1, onde será descrito no item 4.2, os elementos e fatores climáticos, as características que envolvem as escalas do clima, com ênfase no que se define microclima, e os fenômenos climáticos de atuação no objeto de estudo desta pesquisa, e, que promovem consideráveis alterações atmosféricas.

Escala	Interação	Responsável por	Atuação	Nível
Clima Zonal	É produzida pela distribuição latitudinal da radiação solar, curvatura da superfície do planeta e a inclinação de seu eixo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas de convergência dos Alísios;</li> <li>• Cinturões hemisféricos de altas pressões nas latitudes médias;</li> <li>• Zonas ciclônicas circumpolares;</li> <li>• Oscilação sul associadas ao El Nino e à circulação monçônica.</li> </ul>	Entre 1.000 e 5.000 quilômetros de extensão horizontal	Macroclimático
Clima Regional	Subdivisão do clima zonal, onde a ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por um conjunto de fatores de superfície.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variações regionais em um mesmo clima zonal;</li> </ul>	Entre 150 a 2.500 quilômetros de extensão horizontal	
Mesoclima ou Clima local	Varição dentro do clima regional devido a ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou transporte da massa da circulação regional, diferenciando subsistemas de circulação secundária.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O relevo pode criar situações de barlavento e sotavento, o que influencia no fluxo da circulação de superfície e, ao mesmo tempo, gera condições para condensação a barlavento (chuvas orográficas - vertente úmida) e ressecamento a sotavento (vertente seca - sombra de chuva);</li> <li>• As diferenças altimétricas apresentam papel destacado na distribuição da radiação líquida, na retenção do vapor de água e armazenamento de calor sensível. A atuação desses parâmetros é suficiente para provocar variações no clima regional, gerando as feições dos climas locais.</li> </ul>	Ordem de centenas de quilômetros quadrados, horizontal e entre 1.200 e 2.000 quilômetros de extensão vertical e restringe-se a Camada Limite Planetária.	Mesoclimático
Topoclima	Derivação do clima local devido à rugosidade do terreno, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno, durante o período diurno, para diversas faces de exposição à radiação solar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrastes entre vertentes em uma mesma latitude e altitude, com exposição maior e ensolarada em um lado.</li> </ul>	Entre 0,5 e 5 quilômetros e interfere na extensão vertical entre 50 e 100 metros de altura, coincidindo com a Camada Limite Superficial <sup>11</sup> .	
Microclima	Define-se por trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas dispostas na superfícies da terra e o ar que as envolve. De acordo com Monteiro(1976) o termo microclima é o que recai maior variedade e imprecisão de usos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resulta de condições muito particulares da circulação junto ao solo, no interior de uma formação vegetal ou de um grupamento urbano.</li> </ul>	Nível escalar mais próximo dos indivíduos.	Microclimático

Quadro 3: Escalas do clima. Fonte: Ribeiro (1993).

<sup>11</sup> Camada Limite Superficial – limite até onde a energia calorífica gerada na superfície pode atingir pelo processo de condução e onde a força do atrito supera a força de Coriolis no direcionamento dos ventos de superfície.

De acordo com Oke (1987, p.4) a escala do clima pode ser dividido em escala horizontal (depende das distâncias em metros) e a escala do tempo (ano, mês, semana, dia, hora, minuto e segundo) conforme Fig. 14.

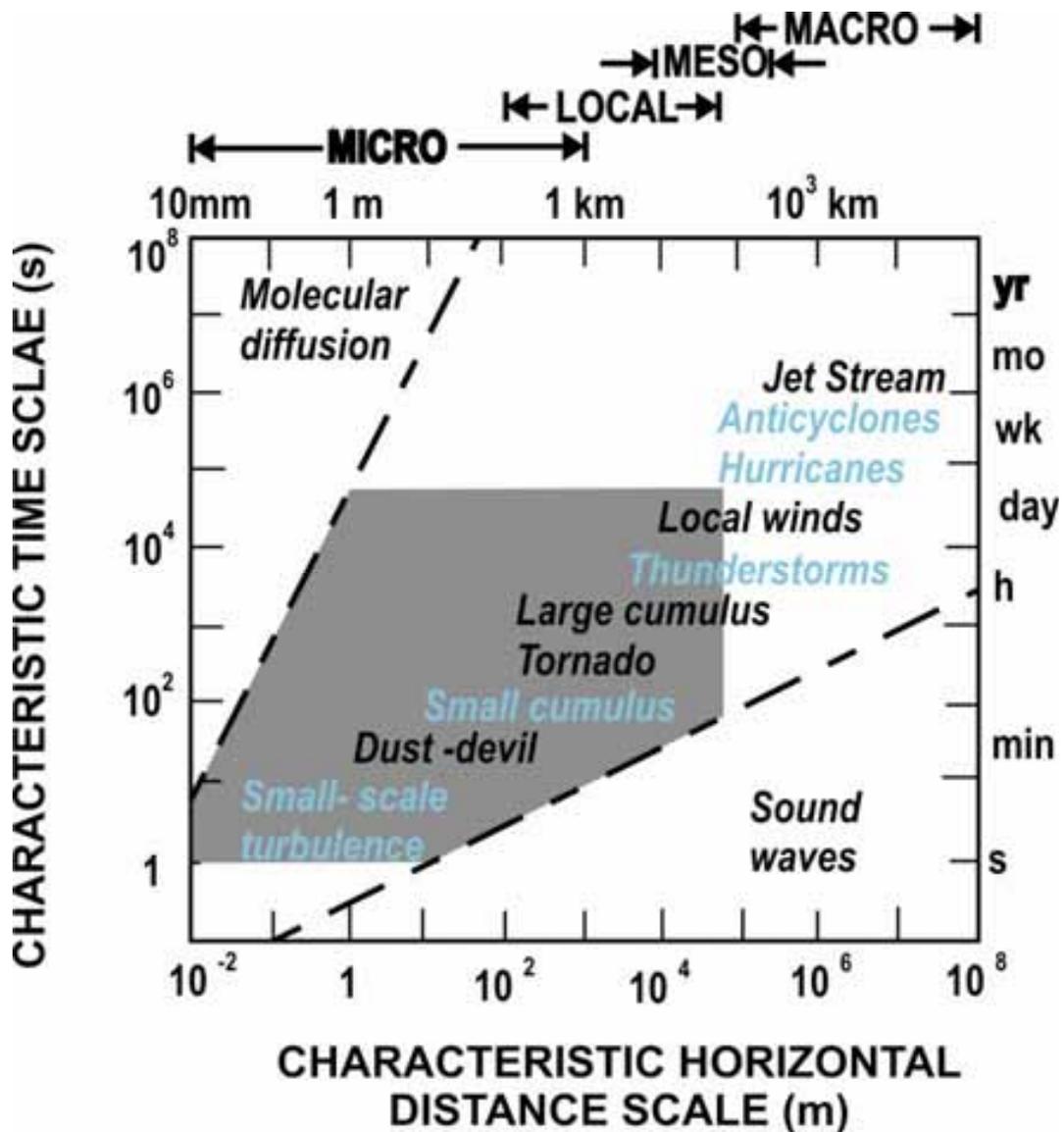


Figura 14 - Escalas do clima segundo Oke. Fonte: Oke, 1987, p.4.

### 2.3.3 Ilhas de calor

Segundo Oke (1978, apud BRANDÃO, 2003, p.128) as camadas que definem o clima da cidade são estudadas no plano vertical, como a *urban canopy layer* (UCL), ou a camada urbana no nível das coberturas das edificações, a *urban plume* que é a prolongação da camada limite urbana a sotavento da cidade sobre a área rural e a *urban boundary layer* que engloba todos os níveis que se definem sobre a cidade, a mesoescala, conforme Fig. 15.

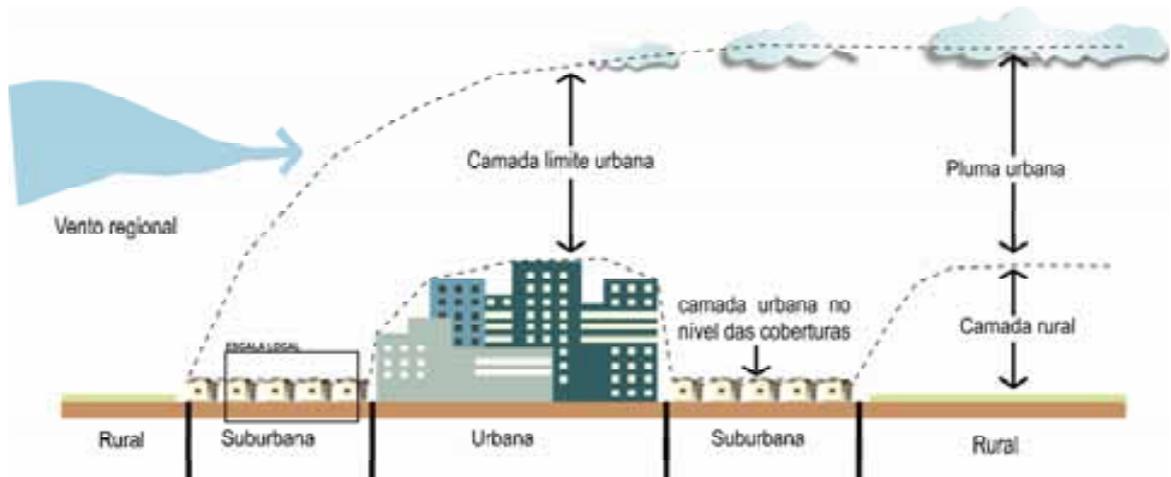


Figura 15 – Mesoescala, a camada limite urbana. Fonte: adaptado de Oke (2004)

Ainda de acordo com Oke (2004, p.3) o esquema da escala do clima se dá de acordo com as Fig. 16 e 17. Os ventos na camada limite urbana seguem uma certa direção conforme pode ser visto na escala local dentro da camada subrugosidade, abaixo da rugosidade.

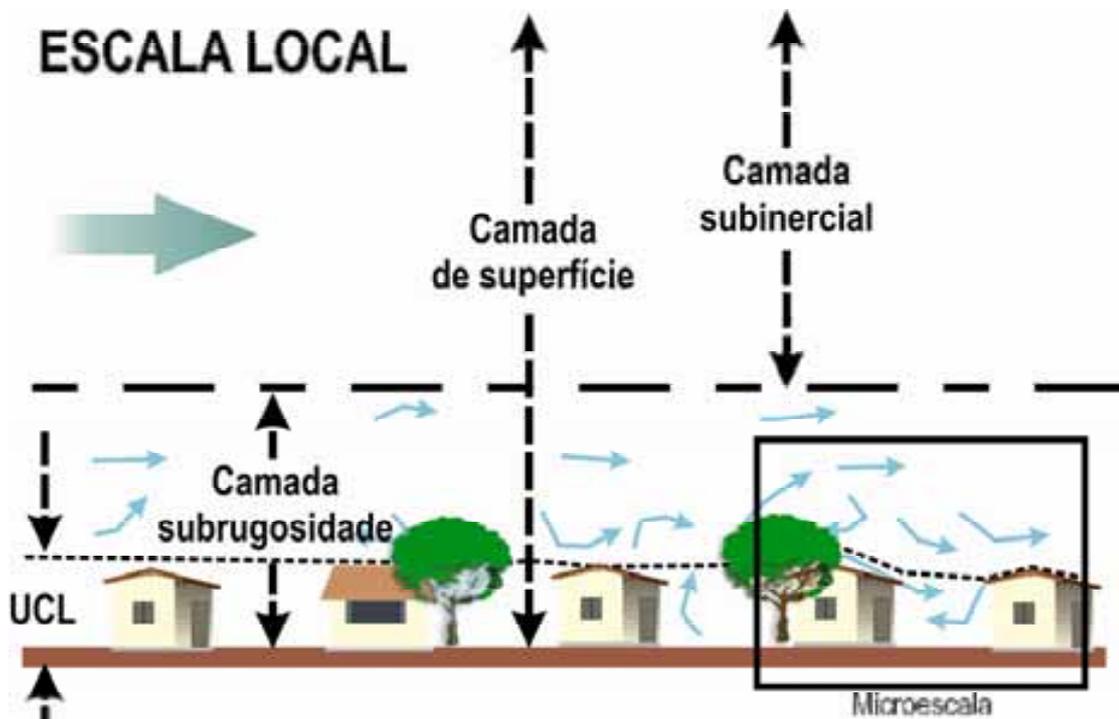


Figura 16 – Escala Local , segundo Oke . Fonte: adaptado de Oke (2004, p.3).

Na microescala, os ventos são irregulares, devido ao formato das construções, que não possibilita uma direção definida dos ventos, como mostra a Fig. 17.

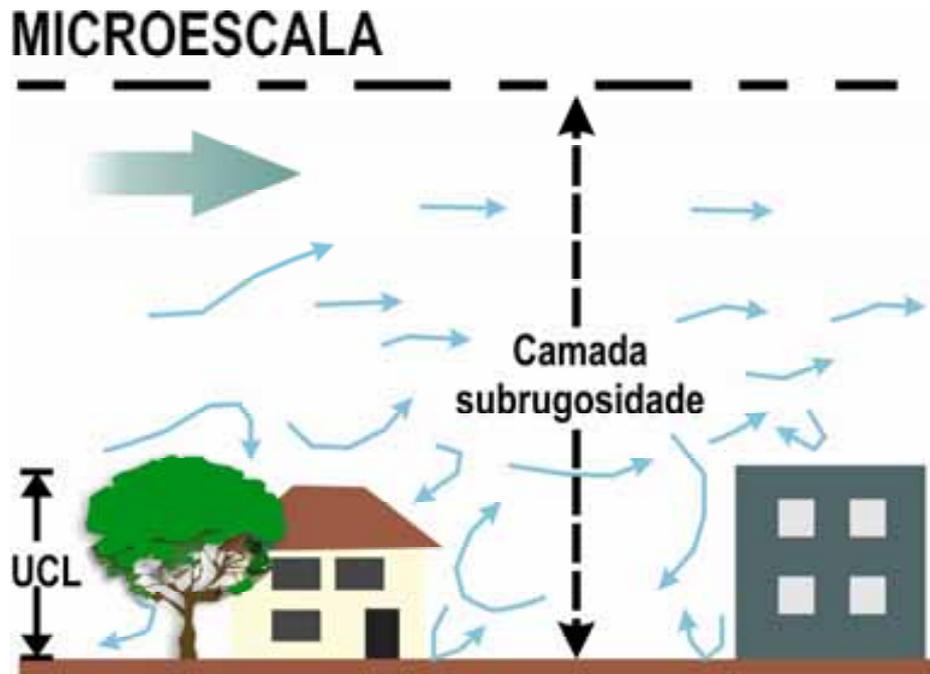


Figura 17 – Microescala segundo Oke. Fonte: adaptado de Oke (2004, p.3).

O clima urbano abrange o clima gerado pela geografia da cidade e sua urbanização. (Monteiro, 2003). Assim, para caracterizar o clima urbano, é necessário estudar a dinâmica da cidade e seus componentes geocológicos. O clima urbano gera fenômenos que dependem das condições da região, como o efeito das ilhas de calor.

De acordo com Mendonça (2003, p.95) as ilhas de calor são bolsões climáticos intra-urbanos diferenciados.

A intensidade das ilhas de calor depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade (Brandão, 2003, p.122)

A tabela 1 apresenta a classificação da intensidade da ilha de calor de acordo com Gómez et al.

Intensidade da Ilha de calor	Diferenças de temperatura
Fraca	0 a 2° C
Moderada	2 a 4° C
Forte	4 a 6° C
Muito forte	> 6° C

Tabela 1 – Intensidade da Ilha de calor.  
Fonte: Gómez et al (1993 apud Monteiro, 2003, p. 131)

A diferença de temperatura capaz de determinar a intensidade da ilha de calor apresentada pela tabela 1 é dada através de análise das temperaturas máximas e mínimas de locais diferentes, a estação meteorológica de referência e o local de estudo.

A estação meteorológica de referência apresenta características “saudáveis”, como revestimento do solo gramado, entorno sem construção onde é medida a temperatura do ar, e o local de estudo é o objeto a ser verificado a existência da ilha de calor, caso seja maior a temperatura do ar no local de estudo que a estação de referência é fator de existência de ilha de calor, e quando menor que a temperatura de referência é fator de existência de “ilhas de frescor”.

De acordo com Silveira (2007, p.48):

As diferenças de temperatura do ar são maiores durante a noite, e atingem valor máximo entre 3 e 5 horas depois do crepúsculo. Durante o dia, as temperaturas rapidamente se igualam. A ilha de calor é mais intensa à noite, em situações de ventos e céu descoberto, quando as diferenças entre os microclimas são mais evidenciadas.

As ilhas de calor podem ser evitadas observando o não adensamento das edificações, um aumento de áreas verdes, diminuição do albedo<sup>12</sup> (quadro 4) das superfícies, a geometria urbana permitindo a livre passagem dos ventos e evitando o confinamento do ar.

A geometria urbana é dada pela relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas, quanto maior for W em relação a H, menor será o efeito das ilhas de calor.

Segundo Mendonça (1995) as áreas de maiores diferenças térmicas urbano-rurais coincidem com as áreas de menor umidade do ar, gerando desconforto térmico urbano. E que para a cidade de Londrina a formação de ilhas de frescor se formou, principalmente, no período da manhã e início da tarde, com diferenças de  $-7,9^{\circ}\text{C}$ . E as ilhas de calor em Londrina com maior magnitude se formaram sob o domínio do Sistema Tropical Atlântico (STa) , e, menos expressivos, sob a ação do Sistema Polar Atlântico (SPa) e céu coberto e superfícies úmidas.

---

<sup>12</sup> Albedo é a refletância de onda curta solar, aquela radiação que incide na superfície e volta sem ser absorvida.

<b>Tipo de superfície</b>	<b>Albedo</b>
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7-20
Areia	15-25
Dunas de areia	30-60
Florestas	3-10
Floresta tropical úmida	7-15
Floresta decíduifolia	12-18
Campos naturais	3-15
Savana	16-18
Campos de cultivos secos	20-25
Cana-de-açúcar	15
Gramados	15-30
Nuvens cumuliformes	70-90
Neve recém-caída	80
Neve caída há dias/semana	50-70
Gelo	50-70
Água, altura solar 5-30°	6-40
Água, altura solar > 40°	2-4
Cidades	14-18
Concreto seco	17-27
Madeira	5-20
Asfalto	5-10
Terra	31
Lua	6-8

Quadro 4 – Albedo de algumas superfícies.  
 Fonte: Mendonça (2007, p.35)

Para esta pesquisa o estudo das ilhas de calor se torna importante para identificar estes efeitos nos pontos estudados e se as ilhas de calor formam em maior intensidade durante o acontecimento de fenômenos climáticos.

#### 2.3.4 Conforto

O corpo humano para sentir-se confortável frente aos diversos climas existentes é necessário que o mesmo esteja em equilíbrio térmico, ou seja, é necessário que o corpo mantenha uma temperatura constante equilibrado e em balanço térmico com o meio ambiente.

Para o equilíbrio ocorrer o corpo necessita de mecanismos termorreguladores que faz o papel das trocas térmicas do corpo humano com o meio ambiente. (FERNANDES, 2006)

De acordo com Fernandes (2006, p.32), “o objetivo do projetista, ao conceber seus projetos, é proporcionar ao usuário o conforto ótimo que se pode definir como a sensação de bem-estar completo, físico e mental”.

Os processos térmicos do corpo humano se tornam importante na medida em que foi provado que a resposta humana ao meio ambiente térmico não depende somente da temperatura do ar. Outras variáveis climáticas agem sobre o corpo humano e produzem diversos efeitos além da temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação térmica e a velocidade dos ventos.

Os mecanismos termorreguladores descritos por Fernandes (2006) são a vasoconstrição, a vasodilatação e a sudação<sup>13</sup>, ele descreve ainda que o corpo humano, para chegar a trocar o calor produzido através do metabolismo<sup>14</sup> com o meio ambiente, necessita de outro processo, a dispersão térmica por quatro formas básicas: a radiação, a condução, convecção e a evaporação.

- *Radiação* quando objetos/superfícies estiverem com temperaturas diferentes, aquele corpo que estiver mais quente cede ao menos quente;
- *Condução/convecção* o corpo humano pode ceder calor por condução à camada de ar junto à pele, caso o ar estiver a temperatura inferior à do corpo, e, este ar agora aquecido sobe por convecção permitindo que um ar mais frio ocupe seu lugar e processe nova troca de calor;
- *Evaporação* dispersão de calor pelo corpo pela transpiração (ex: sudação).

O corpo humano em equilíbrio segue o seguinte esquema apresentado na Fig. 18.

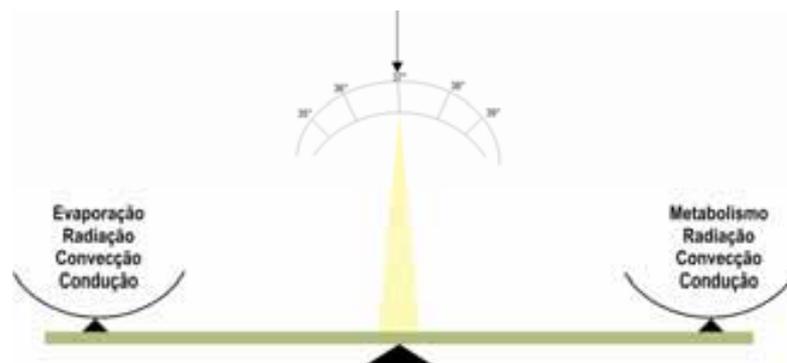


Figura 18 - esquema dos processos de equilíbrio do corpo humano.  
Fonte: Adaptado de Fernandes (2006, p. 37)

<sup>13</sup> Vasoconstrição- ocorre quando há sensação de frio , com a redução da circulação sanguínea junto à pele, reduz-se a temperatura e a torna um isolante térmico, e, diminui as perdas de calor para o meio ambiente.

Vasodilatação – ocorre ao contrário da vasoconstrição, portanto, ocorre quando há sensação de calor, com o aumento da circulação sanguínea junto à pele, aumenta a temperatura da pele, e, ajuda nas perdas de calor para o meio ambiente.

Sudação – é a liberação de suor pelos poros da pele quando o corpo chega a uma certa temperatura (35°C).

<sup>14</sup> Metabolismo - é a liberação de calor pelo corpo para que não ocorra o aumento da temperatura do corpo para não levar à morte.

Alguns estudos já foram realizados a fim de se obter uma zona de conforto humano. É importante salientar que nos processos de trocas térmicas do homem com o meio ambiente existem outros fatores que devem ser considerados para se obter a zona de conforto como a vestimenta, a atividade exercida e a adaptabilidade do ser humano ao clima, mesmo que o corpo humano tenha limites bem definidos, de acordo com Gouvêa (2002, p.48).

Trabalhos como o de Olgay estabelecem uma zona de conforto, a partir da Carta Bioclimática de Olgay, apresentada na Fig. 19, utilizando-se da temperatura do ar de bulbo seco e da umidade relativa do ar.

A Carta Bioclimática de Olgay foi desenvolvida para habitantes de regiões de clima quente e, em trabalho leve, com vestimentas leves. Frota e Schiffer (2000, p.27) descrevem que na região central apresenta-se a zona de conforto, se as medições das variáveis temperatura de bulbo seco e umidade relativa caírem dentro da zona de conforto fica estabelecido o conforto, se caírem fora da zona de conforto é necessário tomar medidas corretivas

Frota e Schiffer (2000) relatam que se o resultado das variáveis caírem acima da zona de conforto na Carta Bioclimática, será necessária movimentação do ar para se chegar ao conforto, e, se caírem abaixo da zona de conforto, é necessário o aquecimento do ambiente ou a exposição à radiação solar. As linhas apresentadas logo abaixo da zona de conforto orientam a quantidade de radiação necessária para se alcançar o conforto, e ainda, quando a temperatura do ar for muito elevada e a umidade muito baixa, o movimento do ar pouco favorece.

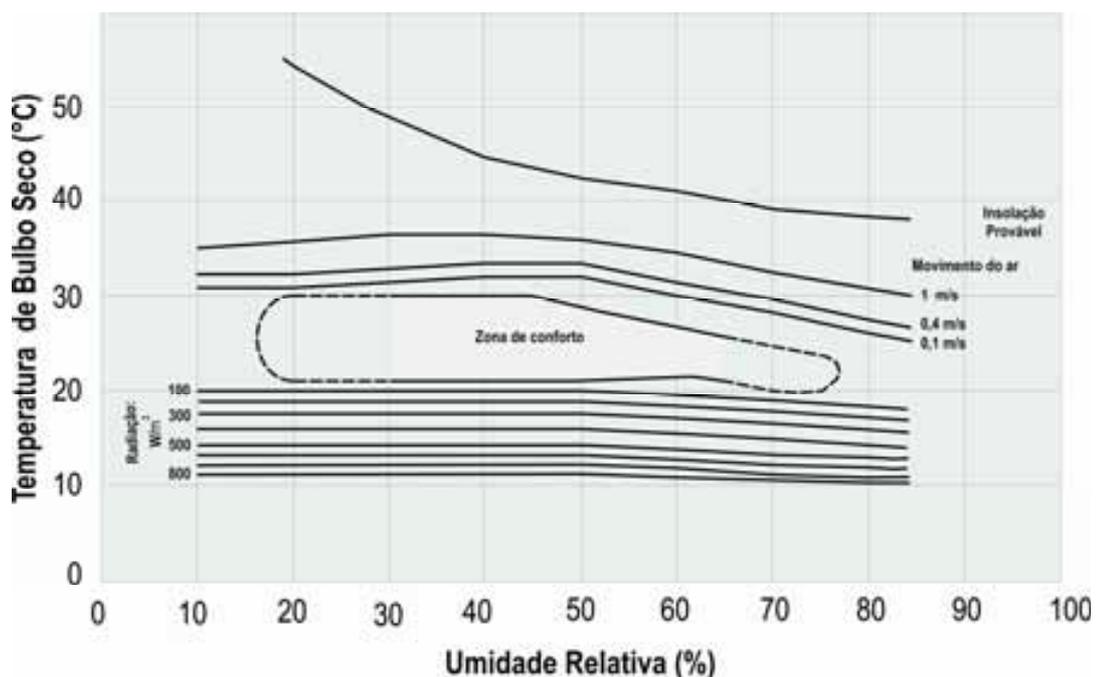


Figura 19 - Carta bioclimática de Olgay. Fonte: Frota e Schiffer (2000, p.178)

O outro trabalho utilizado nesta pesquisa para se estabelecer a zona de conforto humano é o Diagrama do Conforto Humano, Fig. 20, disponibilizado pela WMO (1987), e mostra o que deve ser inserido no ambiente para se alcançar o conforto humano, também é estabelecido pela temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

Na zona central apresenta-se a zona confortável, e a necessidade de vento ou de sol para o conforto, nas laterais apresentam-se situações de muito seco e muito úmido, na parte superior e inferior apresentam-se as situações muito quente e muito frio, respectivamente.

As variáveis, depois de medidas são inseridas no Diagrama e assim se estabelece o nível confortável ou não e/ou sua respectiva necessidade de correção.

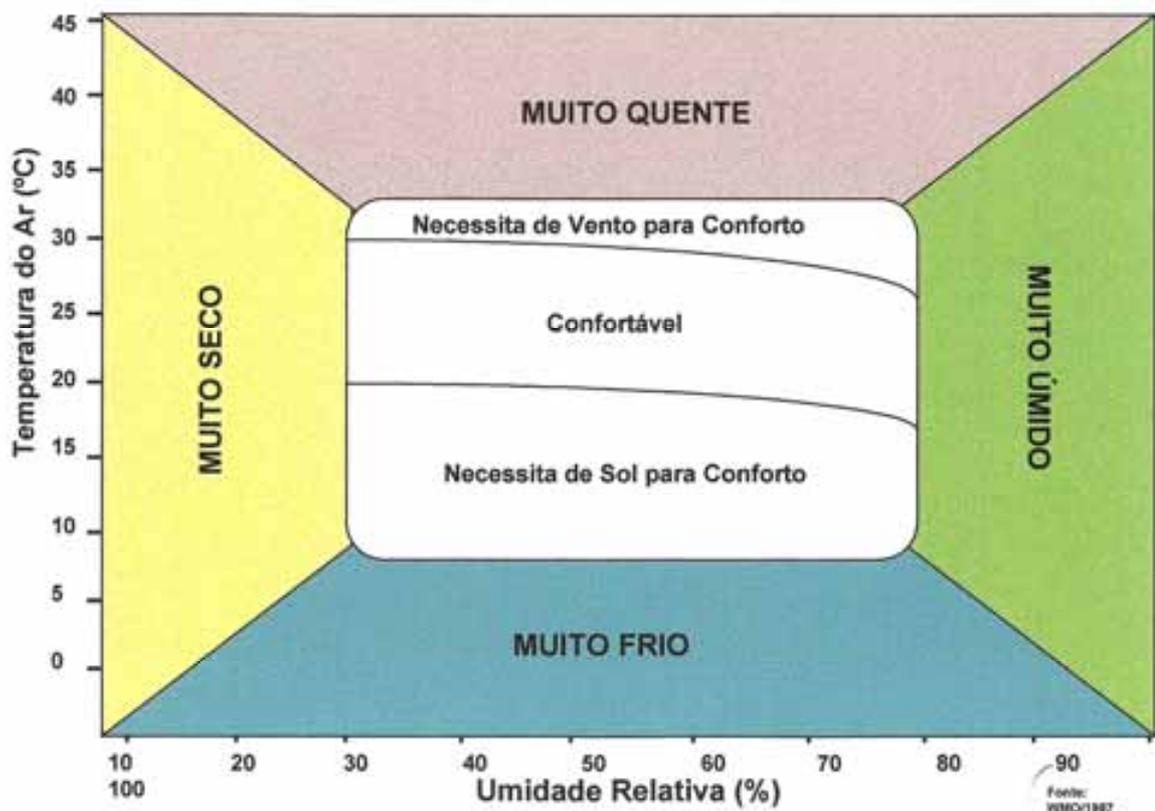


Figura 20 – Diagrama de conforto humano. Fonte: INMET (2007).

Para análise de desempenho da habitação utilizaremos o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, onde são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamentos de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados como dia a NBR 15220 que apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto.

De acordo com a NBR a Carta Bioclimática utilizada é a sugerida por Givoni, e não trata dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, os quais podem ser elaborados através de cálculos, de medições *in loco* ou de simulações computacionais.

O Zoneamento Bioclimático divide o Brasil em oito zonas conforme pode ser visto na Fig. 21, e, para a formulação das diretrizes construtivas em cada uma das oito zonas são seguidos os parâmetros como tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

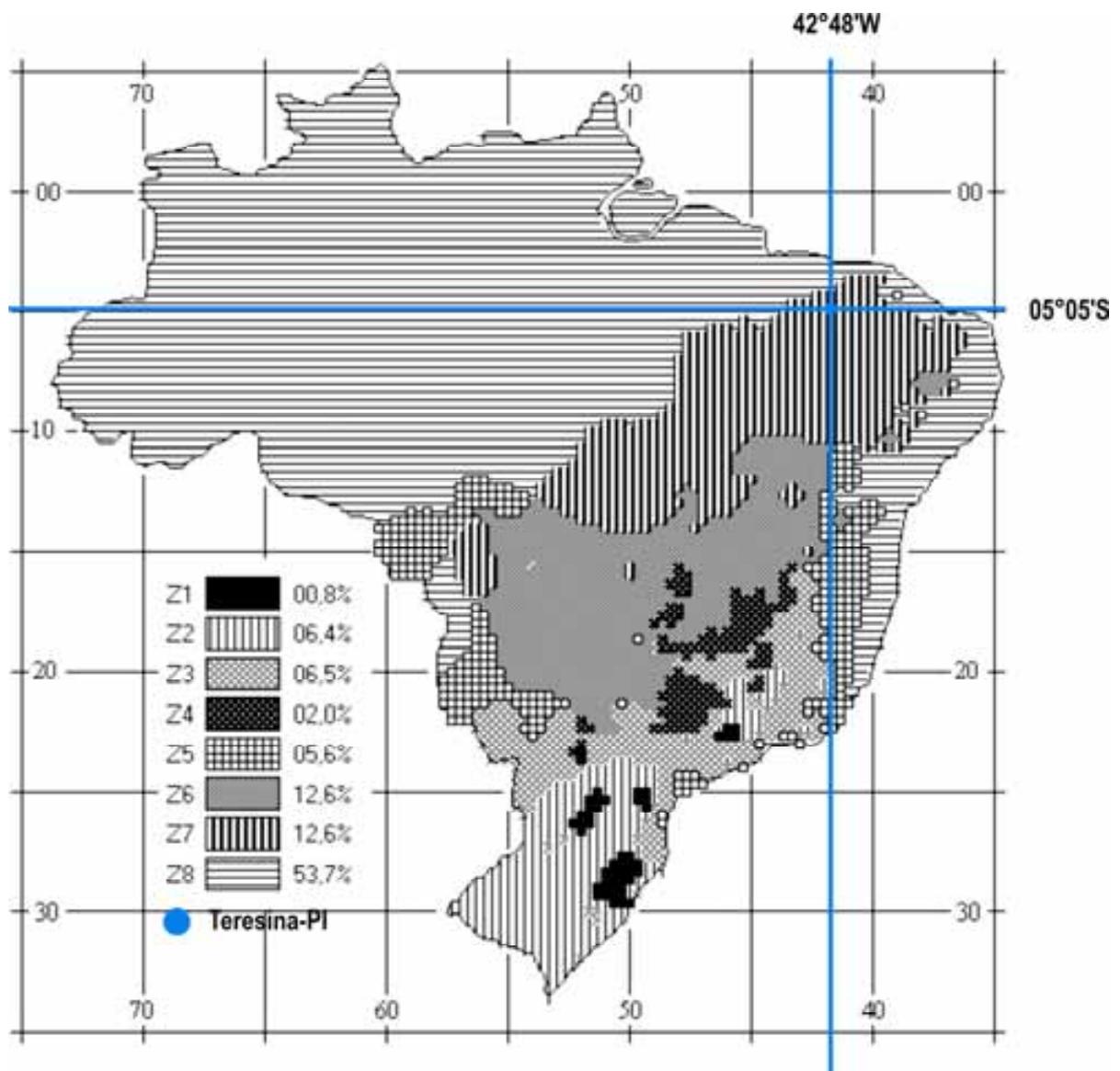


Figura 21 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Fonte: NBR 15220 (2005).

Segundo a NBR 15220 (2005) a Zona Bioclimática, a qual o estado do Piauí está inserido é a Z7<sup>15</sup> e suas diretrizes são estabelecidas conforme quadro 5:

Elementos	Diretrizes
Aberturas para ventilação	• Pequenas e sombreadas
Vedações (paredes e coberturas)	• Pesadas
Estratégias - Verão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condicionamento passivo</li> <li>• Resfriamento evaporativo</li> <li>• massa térmica para resfriamento</li> <li>• ventilação seletiva (quando a temperatura do ar do espaço interno &gt; temperatura do ar do espaço externo)</li> </ul>

Quadro 5 – Diretrizes para a Zona Bioclimática Z7. Fonte: NBR 15220 (2005).

A Fig. 22 apresenta a Carta Bioclimática de Givoni apresentada para a cidade de Teresina obtida pelo *software* AnalysisBIO da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC-2007).

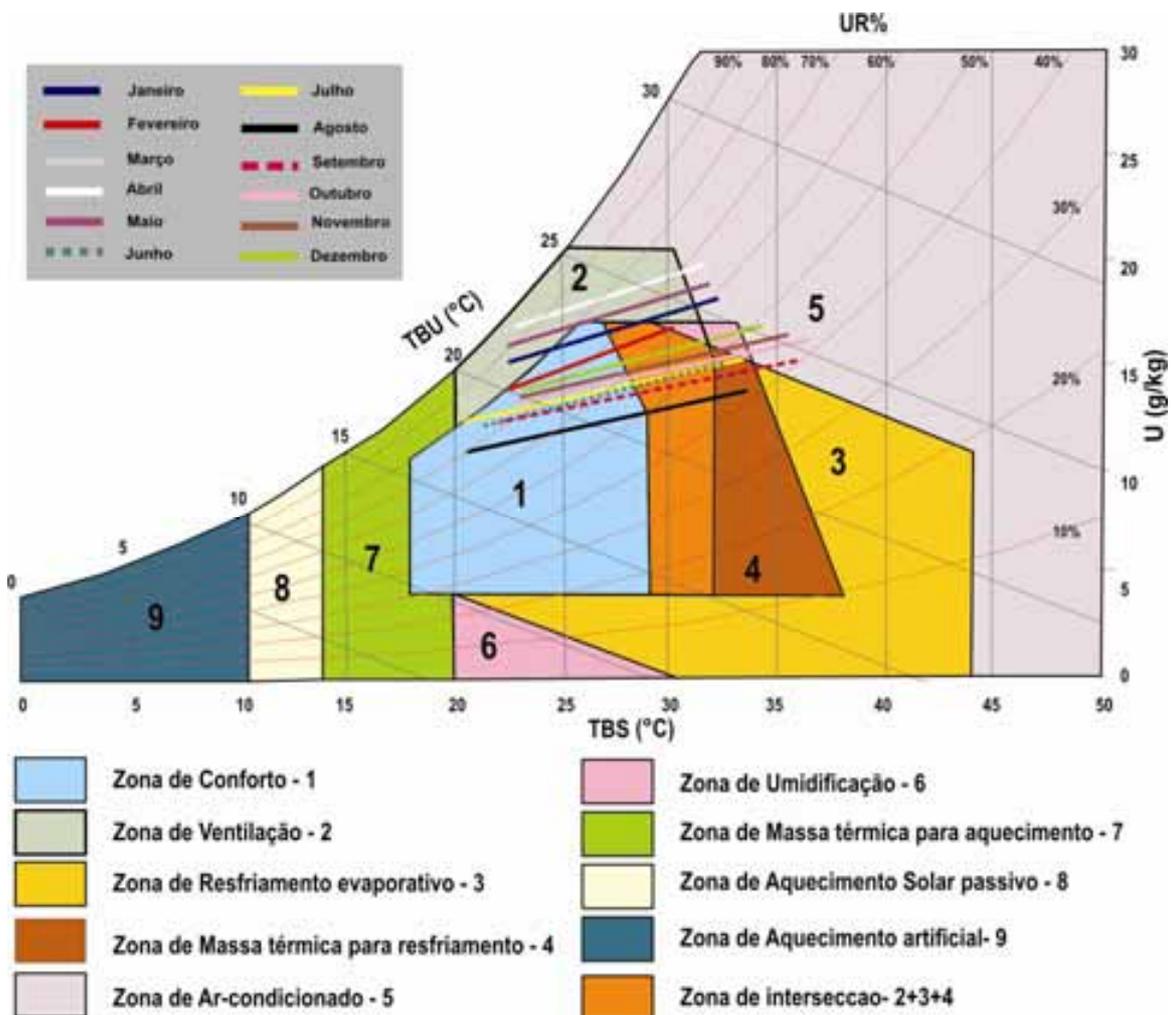


Figura 22 – Carta Bioclimática de Givoni. Fonte: UFSC (2007).

<sup>15</sup> Z7 – Zona Bioclimática 7.

Ainda Segundo a NBR 15220 (2005) são apresentadas outras estratégias de condicionamento térmico para a cidade de Teresina como:

- As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes;
- Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar;
- Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem;
- O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.

Trabalhos como o de Olgyay, o diagrama de conforto dado pela WMO e a Carta Bioclimática sugerida por Givoni estabelecem uma zona de conforto para o ser humano e o seu conhecimento proporciona adequação dos ambientes para as demandas de conforto humano.

## 2.4 ADEQUAÇÃO BIOCLIMÁTICA NA ARQUITETURA E NO DESENHO URBANO

O desprezo pelos fatores climáticos nos projetos urbanísticos e arquitetônicos acarreta problemas pós-implantação, como o desconforto climático, os problemas estruturais de erosão e os alagamentos por desconsideração do caminho das águas pluviais, bem como, o aumento dos custos da obra.

### 2.4.1 Na arquitetura

A adequação bioclimática na arquitetura deve ser utilizada a fim de organizar um espaço para adequar o homem ao meio ambiente.

Mas o que é arquitetura, senão a construção concebida com o propósito de organizar e ordenar plasticamente o espaço e os volumes decorrentes, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica, de um determinado programa e de uma determinada intenção. (COSTA, 2002, p.21)

Ou, em outros termos, como diz Costa (2002, p.23):

Arquitetura é coisa para ser *exposta à intempérie*;  
 Arquitetura é a coisa para ser concebida como um todo *orgânico e funcional*;  
 Arquitetura é coisa para ser pensada, desde o início, *estruturalmente*;  
 Arquitetura é coisa para ser encarada na medida *das idéias e do corpo do homem*;  
 Arquitetura é coisa para ser sentida em termos de *espaço e volume*;  
 Arquitetura é coisa pra ser *vivida*.

Gouvêa (2008)<sup>16</sup> ainda completa que a:

Arquitetura é coisa para ser concebida com o clima e a vegetação, o sítio e a cultura local.

O homem necessita adequar-se ao meio ambiente por meio da adequação bioclimática, que para essa pesquisa, será tratada como adequação da arquitetura, a habitação, ao meio ambiente devido às mudanças climáticas que ocorrem diariamente.

As mudanças climáticas ocorrem pelo processo de urbanização das cidades, com alteração do relevo, da impermeabilização da superfície do solo, das edificações projetadas inadequadamente ao clima local que aumentam a temperatura do ar e desencadearam um intenso processo de aquecimento global.

Mudanças na forma de organizar a cidade como uma concepção de arquitetura baseada nas necessidades do meio ambiente local, como a observação e a internalização do clima local como partido arquitetônico e urbanístico aumentam as chances de melhorar a qualidade do meio ambiente e, portanto, aumentar a qualidade de vida das pessoas.

Para Gouvêa (2002, p.68) trata-se da Biocidade “[...] idéia de uma cidade densa, complexa, dinâmica e equilibrada com a natureza tropical, em suma “viva” (ecológica e culturalmente) e diversificada como é a sociedade brasileira”.

Os fatores que caracterizam o meio devem ser abordados para uma adequada conformação bioclimática entre homem e natureza, espaço construído e espaço natural e/ou arquitetura e paisagem, estando na paisagem inclusos todos os elementos e fatores climáticos.

#### 2.4.2 No Desenho Urbano

No desenho urbano, como na arquitetura, devem-se buscar condições climáticas ideais para o meio natural e o construído interagirem com o homem, criando uma cidade equilibrada

---

<sup>16</sup> Informação fornecida pelo Profº Dr. Luiz Alberto Gouvêa, o Jacaré. Fev/ 2008.

e sustentável, capaz de reestruturar um ecossistema, através da utilização do ambiente externo natural a seu favor.

Reduzir as partículas impuras suspensas no ar proporciona um mesoclima e um microclima mais ameno. Tais medidas aplicam o princípio estabelecido pelo relatório *Brutland – Our common future* – nosso futuro comum.

Os princípios da sustentabilidade e da bioclimatologia exigem um maior conhecimento do local, através do estudo de seu clima e sua vegetação, para sua melhor empregabilidade. Neste trabalho averigua-se a aplicabilidade destes princípios na capital do Piauí, Teresina.

Os principais problemas dos grandes centros urbanos, onde a própria forma da malha da cidade proporciona ambientes que aumentam a rigidez estrutural da cidade são o aumento dos gastos com energia, a formação das chamadas ilhas de calor, pelo excessivo revestimento do solo, a concentração de gases poluentes e o aumento da temperatura pela reduzida difusão do calor.

Essas situações são amenizadas pela presença considerável de vegetação, que auxilia na evaporação e diminui temperaturas altas, favorecendo uma melhor saúde física e mental da população. Isto, no caso de Teresina, é fundamental para uma melhor qualidade de vida.

#### 2.4.3 A Paisagem modificada: a vegetação

A vegetação é vista como um elemento de “salvação” climática urbana, através da arborização da paisagem arquitetônica, fornecendo vantagens como a formação de sombras, principalmente em cidades de clima quente e rigoroso como Teresina, além de frescor, composição estética, amplitude do espaço e despoluição visual e do ar. O elemento vegetal tem a capacidade de filtrar as impurezas do ar, bem como barrar a poluição sonora, tão presente nos centros urbanos, além de direcionar os ventos em um determinado espaço.

Compreende-se que a preservação ambiental é necessária para que haja um equilíbrio entre o homem e a natureza e assim diminuir os efeitos do processo de urbanização.

A urbanização produz espaços de aspectos áridos, como os conjuntos habitacionais nas cidades ou mesmo um espaço rural transformado para a atividade agrícola (extensão da urbanização). Torna-se necessária uma estratégia global para resolução das dificuldades impostas pela urbanização, através da disposição harmoniosa no território de sistemas diversificados com uma redução do aporte químico, reduzindo assim problemas causados pela ação antrópica, ou seja, uma “solidariedade ecológica”.

Há uma tentativa de reorganizar o espaço “artificialmente”, incluindo a vegetação no espaço urbano, a fim de reestruturar o meio ambiente. A vegetação é aporte para melhoria da qualidade de vida, corroborando a necessidade desta simbiose para o funcionamento adequado do planeta Terra.

Nas cidades, a implantação ou preservação da vegetação deve ser cada vez maior, pois sua eliminação leva à processos de substituição por áreas “duras” com microclimas insuportáveis em alguns casos.

As áreas “duras” aqui consideradas incluem um solo revestido, impermeabilizado e permitindo um processo intenso de trocas térmicas, as quais muitas vezes promovem um clima desconfortável.

Sabe-se que o revestimento do solo tem um papel fundamental na influência do microclima local. Oke (1987, p.12) apresenta um quadro propriedades radiantes de materiais naturais, aqui relacionado no quadro 6, incluindo os que revestem o solo e o espaço arquitetado, ficando claro a relação do solo com as trocas térmicas que produzem o microclima.

<b>Superfícies</b>	<b>Observações</b>	<b>Albedo (<math>\alpha</math>)</b>	<b>Emissividade (<math>\epsilon</math>)</b>
Solo	Escuro, úmido	0.05	0.98
	Claro, seco	0.40	0.90
Deserto		0.20 - 0.45	0.84 - 0.91
Grama	Longa (1,00m)	0.16	0.90
	Curta(0,20m)	0.26	0.95
<i>Agricultural crops. tundra</i>		0.18 - 0.25	0.90 - 0.99
<i>Orchards</i>		0.15 - 0.20	
Floresta decídua	<i>Bare</i>	0.15	0.97
	<i>Leaved</i>	0.20	0.98
Floresta conífera		0.05 - 0.15	0.97 - 0.99
Água	Ângulo zenital pequeno	0.03 - 0.10	0.92 - 0.97
	Ângulo zenital grande	0.10 - 1.00	0.92 - 0.97
Neve	Antiga(caída a dias)	0.40	0.82
	Fresca (recém-caída)	0.95	0.99
Gelo	Mar	0.30 - 0.45	0.92 - 0.97
	Gracial	0.20 - 0.40	

Quadro 6 – Propriedades radiantes de materiais naturais.Fonte: Oke (1987, p.12)

SBAU<sup>17</sup> comenta que a vegetação tem propriedades positivas quando inseridas nas zonas urbanas das cidades e a qualifica como elemento fundamental na paisagem da urbe.

<sup>17</sup> SBAU – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana.

Lamas (2000, p. 106) esclarece que a vegetação, principalmente na figura da arborização, é o melhor elemento para organizar, definir e conter espaços, ainda que a estrutura verde não tenha a mesma “dureza” ou permanência que as partes edificadas da cidade.

A vegetação também pode ser representada no revestimento do solo, por meio de forrações, ajudando a diminuir o processo das trocas térmicas por radiação solar refletida e absorvida. Este é um cuidado a se ter, principalmente, próximo às edificações e na passagem de pedestres. Os materiais utilizados para revestir o solo não podem em excesso refletir ou absorver a radiação solar, influenciando o microclima local negativamente, principalmente em climas úmidos, onde no período noturno o calor absorvido é devolvido tanto para o meio exterior como para o interior da edificação.

A adequação bioclimática na arquitetura e no desenho urbano são fundamentais para existência de conforto humano nos espaços, por meio da aplicação dos princípios sustentáveis e a observação dos elementos e fatores climáticos nos espaços para um projeto adequado ao local.

A preocupação com a vegetação e o clima se deve ao fato de serem capazes de promover um espaço urbano de grande qualidade ambiental.

### 3 TERESINA

Neste capítulo, inicialmente, apresenta-se um panorama da evolução da cidade de Teresina, a formação dos loteamentos são analisados sob a concepção em projeto de clima e vegetação. Os dados climatológicos de Teresina são analisados para apresentação das características do clima no período de medição do objeto de estudo desta pesquisa.

#### 3.1 A ORIGEM DA CIDADE

Teresina se localiza a 5° 05' 12'' latitude Sul e 42°48'42'' de longitude Oeste, próximo a linha do equador, no Meio-norte do Brasil. A cidade é a capital do Estado do Piauí (Fig. 23).



Figura 23 Localização do Piauí e Teresina (PI) no mapa do Brasil.

Fonte: [www.pt.wikipedia.org/wiki/](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/) Imagem:Piauí\_Munip\_Teresina.svg. acesso: 06/07/2007

A data de fundação da capital do Piauí é de 1852. Com 43,00 km<sup>2</sup> de extensão a malha urbana de Teresina foi projetada no formato tradicional das cidades coloniais, como um tabuleiro de xadrez, distribuída em 18x12 quadras de 100,00m linear, hoje é área compreendida como parte do Centro da cidade de acordo com a planta da cidade datada de 1855, Fig. 24. (FAÇANHA, 1998, p. 51).

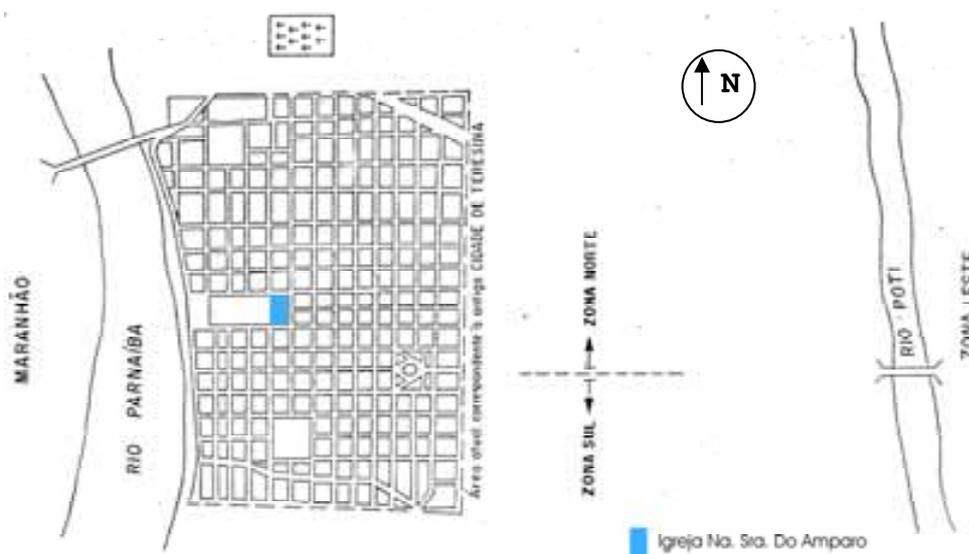


Figura 24 – Mapa datado de 1855, inauguração da cidade de Teresina.  
Fonte: PMT (1997) in: Façanha (1998, figura 04, p. 53).

De acordo com Chaves (1998, p. 39), a nova capital, que em 1851 contava com 49 habitantes, já na década de 1860, chegou a uma população de 8 mil habitantes e, segundo Façanha (1998, p. 61) de 21.692 em 1872, para 31.520 habitantes em 1890.

Como nova sede administrativa, os serviços de saúde, educação e comunicação logo se desenvolveram, o que contribuiu para o aumento da urbanização da capital, fato observado com o contínuo crescimento da população, para 45.316 habitantes em 1900, 48.614 habitantes em 1910, e 57.500 habitantes em 1920. Em 2000, a população era de 715.360 habitantes (TERESINA, PMT, 2005), e com o crescimento populacional, surgiram novas habitações tanto de forma ordenada (legal) como de forma caótica (ilegal).

Nascimento (2002, p.136) aborda que, com o crescimento da cidade após a Revolução de 1930, havia uma questão que já preocupava o Diretor de Obras da Prefeitura Municipal, o engenheiro Luís Pires Chaves. Teresina, que se aproximava dos 100 anos de existência, não possuía ainda um “Plano regulador da Cidade”. A capital necessitava de melhorias para progredir e de um plano de ações para ser seguido.

Na intenção do engenheiro Luis Pires Chaves, Teresina deveria ser dotada de avenidas largas e arborizadas. A dúvida seria como intervir no traçado urbano, que para ele não deveria ser complexo e tampouco deveria onerar as finanças do Município.

O traçado em formato tabuleiro xadrez permitiu não houvesse grandes alterações e assim prejuízos para o plano original de Teresina. Contudo, mudanças vieram sem seguir os mesmos padrões das quadras do plano inicial da cidade, pois este formava cruzamentos muito próximos e tornava inviável o novo plano.

Dessa forma, foi organizado o Código de Posturas datado de 1939, que propunha a arborização e o alargamento de ruas e passeios, como descreve Nascimento (2002, p. 139).

Pires Chaves ainda se preocupou com os espaços na cidade destinados às praças e parques, que no primeiro plano da cidade eram áreas pouco expressivas. Assim, ele determinou que 7,65% de área da zona urbana de Teresina fossem destinados a espaços livres, fato considerado para época insuficiente, devido ao clima quente e temperatura média de 28°C, como elucida Nascimento (2002, p. 144).

Na década de 1940, quando a população de Teresina chegou aos 67.491 habitantes, houve o início da transformação espacial da cidade, de acordo com Façanha (1998, p. 69), houve uma expansão no sentido Norte e Sul da capital.

A dinamização da urbanização, a partir da década de 1950, aconteceu não só no contexto regional como também nacionalmente, porém, em um ritmo mais lento. Façanha (1998, p. 68) descreve que no mesmo período a população urbana brasileira chegava a 36,6%, em Teresina, 56,6% de seus 90.723 habitantes já se encontravam na zona urbana. Essa concentração da população na cidade mostrava a necessidade de mudanças na urbanização.

Nas décadas seguintes, de 1960 e 1970, a população urbana de Teresina era de 68,90% e 82,10% respectivamente. Mas o processo de urbanização em Teresina, como explicita Façanha (1998, p. 72), nas décadas de 1950 e 1960, foi fundamental para a configuração espacial urbana.

As maiores transformações na cidade acontecem a partir da intensificação da migração no sentido campo-cidade, à procura de emprego e melhores condições de vida. Em 1950, um crescimento vertiginoso da população aumentou a demanda por habitações. Em alguns momentos de desenvolvimento econômico na área da construção civil não foram suficientes para abarcar a mão-de-obra abundante. Neste contexto, a construção civil desenvolveu-se através da construção dos conjuntos habitacionais dirigidos as classes de menor renda, um dos agentes formadores do espaço.

Houve em Teresina um momento de crescimento econômico em relação às indústrias do setor da construção civil e de bebidas que não satisfizer a crescente demanda por empregos, pois a mão-de-obra crescente era desqualificada para as indústrias, gerando desemprego e um considerável déficit habitacional.

De acordo com Façanha (1998, p. 72-73) os anos de 1950 são considerados um divisor de águas, com transformações visíveis na malhada urbana da cidade. De acordo com Nascimento (2002, p.140), houve uma reformulação do traçado original da cidade, dando lugar à arborização urbana. Nas décadas de 1950 e 1960, há uma expansão nos sentidos Leste-nordeste e sul da cidade.

Em 1970, Teresina apresentava uma população urbana de 82,10%. Na década de 1980, a expansão da capital era marcada pela transposição do Rio Poti, através da ponte JK. Inicialmente a região é caracterizada por uma área residencial de alto poder aquisitivo e também por conjuntos habitacionais.

Devido a um crescente fluxo migratório da zona rural para a urbana de Teresina, houve uma ocupação inicial não planejada, produzindo um mercado da especulação imobiliária, espaços urbanos não ocupados, extensão desnecessária da malha urbana e o surgimento de áreas residuais, aumentando os custos de infra-estrutura da cidade.

O relevo contribuiu para a expansão da cidade no sentido Norte – Sul. Porém, devido ao obstáculo natural, o rio Poti, a zona sul se desenvolveu mais em um primeiro plano, marcada pelo crescimento do setor secundário e o surgimento de áreas residenciais, por meio da implantação de conjuntos habitacionais. A Fig. 25 apresenta o mapa da ocupação da cidade em ordem cronológica e a localização do objeto de estudo desta pesquisa.

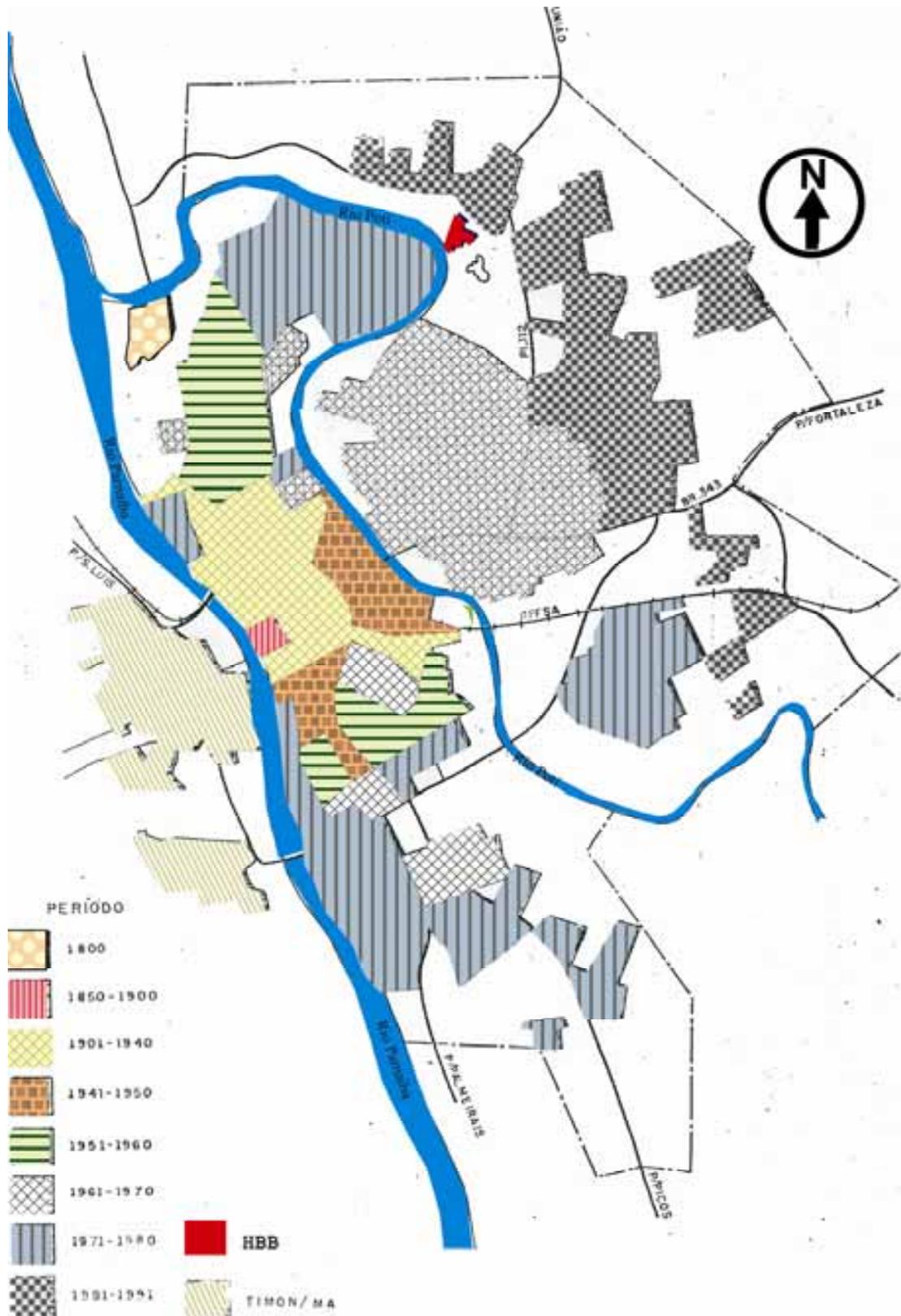


Figura 25 – Mapa de evolução da ocupação do perímetro urbano de Teresina - PI.  
 Fonte: Adaptação figura 11. Façanha – sem escala (1998, p.83)

O rio Poti não freou o crescimento da cidade para o sentido norte, nordeste, leste e sudeste. Mas foi a zona Leste que mais cresceu a partir da década de 1970, considerada área nobre e atraindo a população de alto poder aquisitivo. Neste momento as políticas públicas entraram em ação, mais precisamente as políticas habitacionais, como esclarece Façanha (1998, p. 73).

Foi em direção à zona Sul que os primeiros conjuntos habitacionais foram introduzidos, seguidos pela Zona Norte, nos anos 90. O crescimento seguiu pela zona Leste por meio da construção da ponte JK, acompanhado da zona Sudeste, levando a um maior crescimento de moradias populares.

A política habitacional fez com que o tecido urbano se expandisse, criando espaços não ocupados em seu interior, encarecendo os serviços de infra-estrutura para os loteamentos situados, quase sempre, na periferia do perímetro urbano.

Neste contexto, o loteamento Habitar Brasil Bid (HBB) objeto de estudo desta pesquisa veio a ser implantado na periferia da malha urbana na zona leste, inicialmente inserido na zona administrativa Centro/Norte através da Superintendência de Desenvolvimento Urbano Centro-Norte (SDU Centro/Norte), responsável pela implantação total do loteamento. Após nova distribuição administrativa passou a fazer parte da zona Leste (SDU Leste).

Em seguida serão expostos referenciais de ocupação do espaço urbano e sua relação com o clima, e a importância de internalizar as características climáticas e ambientais, bem como as variáveis arquitetônicas e urbanísticas como elementos de melhoria da qualidade de vida nas cidades, e em especial Teresina.

### 3.2 PANORAMA HABITACIONAL

A migração populacional de cidades de pequeno porte e de áreas rurais para a Teresina é causa do aumento populacional da capital e contribuiu para a expansão geográfica do perímetro urbano de Teresina.

A partir dessa evolução demográfica e geográfica apresentamos neste item um panorama da habitação em Teresina, como um formador da malha urbana, expandindo a cidade com a construção de conjuntos habitacionais, com uma breve justificativa da necessidade de adoção do clima e da vegetação como partido urbanístico.

O IBGE (2006) expõe o crescimento populacional em Teresina entre os anos de 1970 e 2000, quando passou de 220 mil habitantes para 714 mil habitantes.

A Secretaria Municipal de Planejamento de Teresina (SEMPPLAN) aponta para uma metropolização regional de Teresina devido ao fluxo migratório dos pequenos municípios, sob raio de influência da capital de 100 quilômetros, que totaliza aproximadamente uma população de um milhão e trezentos mil habitantes (TERESINA, PMT, 2002).

A expansão populacional leva a expansão geográfica, Façanha (1998) expõe sobre a expansão em Teresina ocorreu no sentido Norte-Sul, a partir da década de 1960, e seu maior agente formador do espaço foi o setor secundário, da construção civil, com a construção dos conjuntos habitacionais, seguida por uma expansão no sentido Leste-Sudeste. Na década de 1970, foram os grandes conjuntos habitacionais para a população de menor renda, que expandiu a cidade no sentido Leste-Sudeste, como os Conjuntos Itararé I, II e III.

À procura por emprego e renda para melhorar a qualidade de vida fez de Teresina o pólo concentrador da população dos municípios sob sua influência.

Neste contexto, o setor secundário da construção civil absorveu a oferta de mão-de-obra nas décadas de 1960, 1970 e 1980, período em que se concentrou a construção de conjuntos habitacionais para baixa renda.

É importante salientar que a atividade do setor secundário foi um grande agente formador do espaço de Teresina, mas foi a atividade do setor terciário, principalmente do comércio informal, que gerou trabalho, atraindo a população que migrou do campo para a cidade com atividades precárias e com baixa remuneração.

Tal processo de urbanização sobrecarregou a capacidade da infra-estrutura urbana de Teresina, insuficiente para atender a demanda populacional que ocasionou a expansão da pobreza urbana e a favelização. Nota-se que o IDH-renda de 1970 que apresentava um índice de 0,288, em 2000 passou para 0,695, mas os problemas sociais continuam na mesma proporção, com um número de favelas ainda maior.(TERESINA, PMT, 2005)

Os baixos valores do IDH demonstram a qualidade de viver da população. Assim, quanto menor a renda, menor é a qualidade de vida. O *status quo* é definido pelo padrão habitacional, pois a renda está diretamente relacionada à qualidade da habitação. O IDH-renda revela um quadro de baixa qualidade de vida em Teresina.

A partir de 1970, na tentativa de conter a expansão da cidade não planejada, houve a iniciativa pública de gerar políticas habitacionais para estabelecer critérios de ocupação urbana, incorporando áreas antes esquecidas.

Teresina (PMT, 2001, p. 31) acrescenta:

Importante enfatizar que o poder público passou a desempenhar um papel fundamental nesse crescimento, cabendo mencionar, no contexto a partir dos

anos 70, a importância que se revestiu a política habitacional e a expansão da infra-estrutura a áreas até então não atendidas. Como aconteceu em todo o país, esse processo gerou situações e efeitos contraditórios. Assim, por exemplo, à medida que iam sendo implantados os conjuntos habitacionais em áreas mais distantes, os investimentos em infra-estrutura adicionavam valor ao solo urbano em suas extensões elevando, por conseguinte, o seu preço. Uma tendência que se generalizou para todo o território acabando por atingir, inclusive, as zonas rurais mais próximas do perímetro urbano. Além de estimular uma desenfreada especulação imobiliária, esse processo passou também a dificultar, enormemente, o acesso à moradia por parte da população não beneficiada pelos programas habitacionais. Conseqüentemente, os contingentes de níveis de renda mais baixos, que em Teresina constituem uma grande maioria, foram sendo afastados gradativamente para áreas menos valorizadas e ainda mais distantes do centro. Isso, mais os incessantes fluxos migratórios verificados durante os anos 70 e 80, somados aos elevados níveis de desemprego, ocasionaram e mesmo agravaram uma série de problemas sociais, destacando-se, dentre eles, a expansão desordenada do sítio urbano e a proliferação de aglomerados habitacionais irregulares e de baixa renda.

Um processo especulativo teve início com a implantação de conjuntos habitacionais com grandes espaços entre eles, aumentando os custos com a urbanização e dificuldade de estabelecer conectividade da malha urbana e invasão/ocupação inadequada destes espaços, iniciando um processo de favelização.

As habitações populares em vilas e favelas, de 1991 a 1999, representavam 20% da população urbana. Mais de 70% destes domicílios foram construídos em áreas públicas ou de domínio público, dos quais 88,6% dos terrenos se situavam em áreas consideradas normais e os 11,4% restantes ocupavam áreas de risco, leitos de ruas e regiões alagadiças (FAÇANHA, 1998).

Diante do processo de favelização algo necessitava ser feito, e muitas favelas citadas foram removidas para áreas destinadas a programas de políticas habitacionais. Observou-se que estas remoções das favelas ocorreram para conjuntos habitacionais produzidos pelas políticas públicas, que se localizavam nas zonas mais periféricas da cidade, como uma forma de segregação sócio-espacial, como pode ser observado na Fig. 26.

Outros programas foram realizados através da iniciativa pública municipal, efetivadas com recursos do governo Federal como o Habitar Brasil que recebeu recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) a partir de 1999.

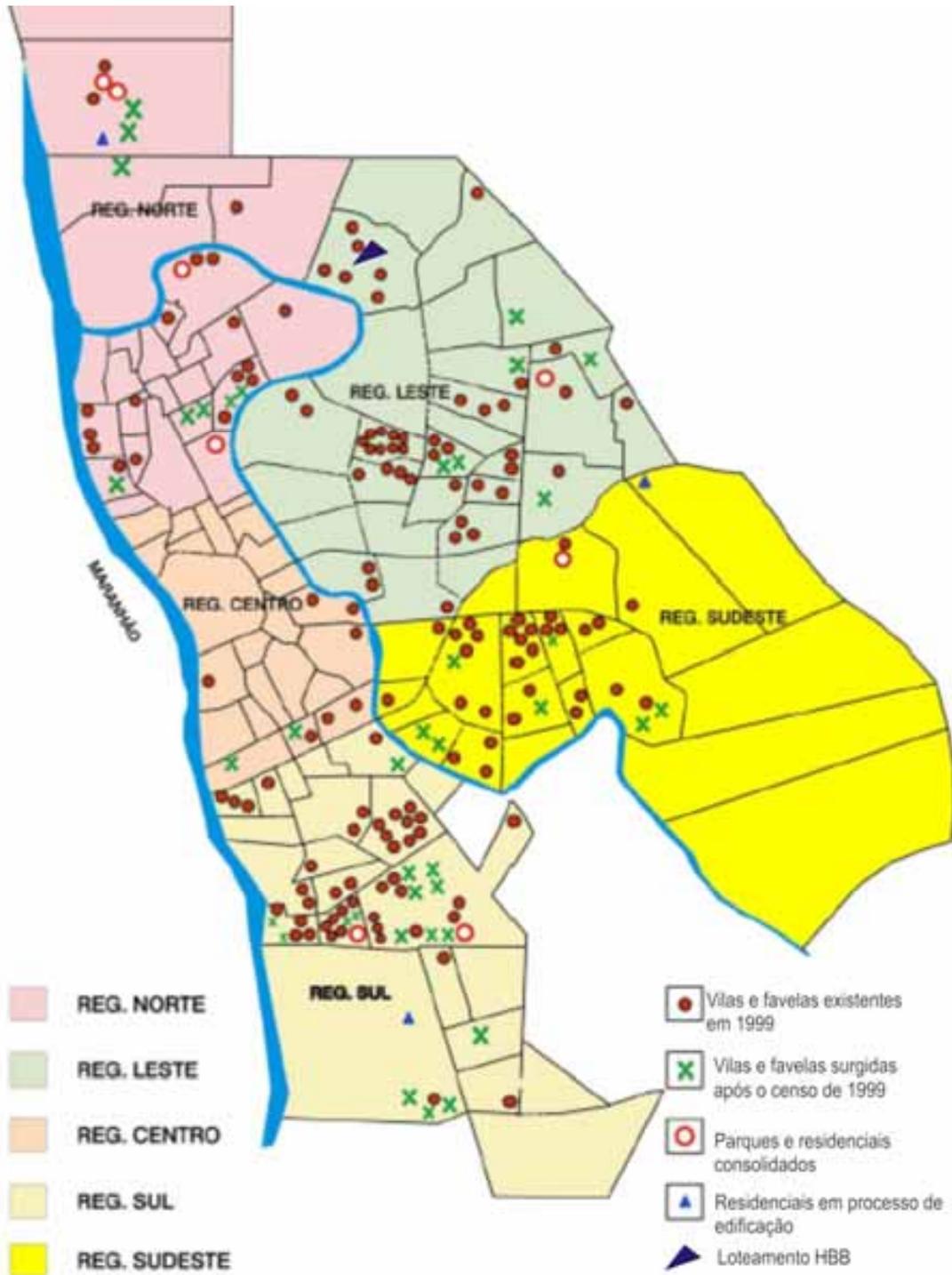


Figura 26 – Localização dos assentamentos habitacionais de baixa renda em Teresina. Fonte: Adaptação do Mapa das Vilas (TERESINA, PMT, 2000a), SEMPLAN (TERESINA, PMT, 2005a) in: RODRIGUES NETO (2005, p.41).

Os programas e quantitativos habitacionais apresentados referem-se a unidade habitacional, e pouco ou quase nada se fala da questão da qualidade de vida ligada a qualidade ambiental. Conceitos de qualidade ambiental vinculados ao conforto humano ainda é um costume que deve ser implantado nos projetos sócio-ambientais e físico-culturais do mundo

contemporâneo. Assim como a política habitacional que deve estar relacionada a todas as questões ambientais.

Em TERESINA, a Lei nº 2.264 de 16 de dezembro de 1993, define diretrizes para a ocupação do solo que tem como objetivo, além de procurar a melhor forma de adensar, estruturar e melhorar o desempenho das funções urbanas e também estabelecer melhorias das condições de conforto ambiental, garantindo um nível adequado de bem-estar à população, posto à prova com as medições no loteamento HBB.

#### 3.4.2.4 O CLIMA DE TERESINA

A avaliação do clima, o qual a cidade de Teresina está inserida, deve-se as alterações dos parâmetros meteorológicos pela qual a cidade passa ao longo dos anos para assim se obter um parâmetro de avaliação para o objeto de estudo desta pesquisa.

Conforme a classificação de Köppen, o clima de Teresina é do tipo Aw', Tropical megatérmico, caracterizado por apresentar o mês mais frio com mais de 18° C e o mês mais seco com precipitação menor que 60 mm, com chuvas atrasando para o outono (EMBRAPA, 2004) com dois períodos distintos, um quente e úmido, entre os meses janeiro a julho e outro quente e seco, entre os meses de agosto a dezembro.

Mendonça (2007, p.160) apresenta a classificação de domínios climáticos do Brasil, com Teresina situada no Clima tropical-equatorial, com seis meses secos (podendo se prolongar até oito meses) e os outros seis meses chuvosos. Os índices térmicos mais baixos se concentram nos meses de fevereiro e julho e o índice térmico mais elevado no mês de outubro (Tabela 2).

	Média Compensada (° C)		Média das Máximas (° C)		Média das mínimas (° C)		Absoluta (° C)
	Anual	Mensal	Anual	Mensal	Anual	Mensal	
	26,5		33,1		22,1		
Máxima		29,0 Outubro		36,4 Outubro		23,1 Dezembro	40,3 04/03/83
Mínima		23,6 Fevereiro		30,1 Fevereiro		20,4 Julho	15 27/07/76

Tabelas 2 - Temperatura do ar em Teresina (PI) período de 1961-1990. Normais Climatológicas do Brasil, 1961-1990. Fonte: Mendonça (2007, p.160) Tabela 6.7.

O clima Tropical-equatorial. associa-se à vegetação de transição entre a floresta amazônica e a caatinga, denominada mata de cocais, presente no Piauí como a presença da

caatinga. Essa associação reflete a expressiva variabilidade pluviométrica do domínio climático que apresenta tanto com índices elevados quanto com índices poucos expressivos.

A temperatura apresenta variação espacial e temporal, mesmo que a área situe-se totalmente no clima quente. Além da influência do relevo e da expressiva continentalidade, apresenta quatro subtipos climáticos, no qual um deles constitui o clima tropical –equatorial com 6 meses secos onde se inclui Teresina.

Entre 1980 e 1999, os relatórios da EMBRAPA mostram que o valor médio das máximas de temperatura do ar anual é de 33,8°C e o valores médios das mínimas de temperatura do ar anual é de 22,1°C (EMBRAPA, 2000).

No ano de 2000, esses valores foram de 33,2°C e 22,4°C respectivamente. Em 2001, o valor médio das máximas de temperatura do ar anual foi de 33,3°C e os valores médios das mínimas de temperatura do ar anual foi de 22,2°C (EMBRAPA, 2001; EMBRAPA, 2002).

No ano de 2002, os valores foram de 34,1°C e 23,2°C, e em 2003, de 33,8°C e 23,1°C o para o valor médio das máximas de temperatura do ar e para os valores médios das mínimas de temperatura do ar respectivamente (EMBRAPA, 2003).

As temperaturas médias das máximas e mínimas apresentadas pela EMBRAPA entre 1980 e 2001 não tiveram alterações significativas acima de 1°C, fato observado nos anos seguintes de 2002 e 2003 onde ocorreu a variação para mais de 1°C.

Embora essa variação que pareça pequena é bastante perceptível aos seres vivos, podendo causar desconforto, lembrando que essa variação pode aumentar ao longo dos anos se o agente geológico, homem, continuar a explorar os recursos naturais sem se preocupar com o efeito estufa, a camada de ozônio e a visão ecossistêmica.

Em Teresina, com clima tropical com dois períodos definidos, quente e úmido e quente e seco, os problemas com a mudança do tempo são execráveis para a população, como temperaturas do ar elevadas e um período de 6 a 8 meses e estiagem de chuvas (MENDONÇA, 2007, p.160).

Conforme Castelo Branco (2003, p.15) as temperaturas médias variam entre 26,8°C, e 38,7°C e a umidade relativa do ar tem seu extremos:

[...] diferenças marcantes nos valores de umidade relativa do ar, que apresenta valor médio anual de 70%, sendo essa média de 85% nos meses chuvosos, e de 50% nos meses mais secos, fazendo com que Teresina possua a peculiaridade de apresentar características de clima quente-úmido durante a estação das chuvas e de clima quente-seco durante a outra época do ano

Teresina apresenta os elementos e fatores climáticos descritos no quadro 7:

<b>Fatores climáticos</b>	<b>Característica em Teresina-PI</b>
Insolação	Fevereiro - 4,8h Setembro - 10,3 h Média anual - 8,0h
Radiação	Proximidade ao equador maior incidência solar
Latitude	5° 05' 12'' Sul
Altitude	Média - 72 m
Massas de água/ continentalidade	Teresina se distancia do mar, porém situa-se entre dois rios
Topografia/ relevo	Plano com suaves ondulações.
Vegetação	Vegetação nativa comprometida e área urbana com pouca vegetação.
Superfície do solo	Pouca cobertura vegetal
<b>Elementos climáticos</b>	
Temperatura (média)	Máxima anual - 33,8°C Mínima anual - 23,1°C Média anual - 28,5°C
Umidade relativa do ar (média)	Outubro - 57% Fevereiro - 86% Média anual - 71,9%
Precipitações	Total anual de 1.057 mm (meses de fevereiro, março e abril correspondem a 62,1% das chuvas do ano de 2003).
Movimento do ar - Velocidade (média)	Abril - 0,6 m/s Outubro - 1,0 m/s Média anual - 0,8m/s

Quadro 7 – Elementos e fatores climáticos em Teresina – PI. Fonte: EMBRAPA (2004) e Teresina (PMT, 2005).

Além dos fatores e elementos descritos no quadro 7 existem as massas de ar e frentes que interferem no clima, em Teresina as massas que atuam na região são as massas de ar quente e seca, de baixas latitudes (zona equatorial-tropical) sobre os continentes.

As frentes que são encontros de duas massas de ar diferentes, porém a proximidade com a linha do equador não são observadas expressivas variações térmicas entre as massas de ar que se encontram.

Assim de acordo com Mendonça (2007) as massas de ar que atuam na região de Teresina são: a Massa de ar Equatorial Continental (MEC) e a Massa de ar Equatorial do Atlântico Sul (MEAS).

A MEC é formada na região amazônica e produz elevadas temperaturas e elevada umidade. A MEAS é formada na região oceânica é atraída para o continente em função das diferenças de pressão entre a superfície continental e a oceânica, e tem características quente e úmida.

Observando o quadro 7, Teresina apresenta inconvenientes para se estabelecer o conforto térmico humano, com a proximidade da cidade a linha imaginária do equador, onde a

radiação solar é maior e, portanto, causa uma maior exposição solar, aumenta a temperatura da superfície e contribuem para aumentar a temperatura do ar e conseqüentemente diminuir a umidade relativa do ar estabelecendo um ambiente quente e seco, típicos do período de agosto a dezembro, quente e seco.

Já no período onde há uma maior umidade relativa do ar, onde as temperaturas são mais baixas, a insolação é menor deve-se a abobada celeste estar com maior nebulosidade impedindo a radiação solar direta e, portanto, diminuindo a insolação.

Teresina, com sua situação privilegiada, entre dois rios, mas a inexpressiva formação dos ventos na cidade em quase nada melhora o clima da cidade, com as prováveis melhoras ao amanhecer e ao anoitecer nas proximidades dos rios, mas a intensa impermeabilização do solo, por asfalto, próximo aos rios pode impedir a formação dos mecanismos de brisas ou a sua percepção pelo ser humano.

A cidade tem uma intensa impermeabilização do solo, observada pela expansão da cidade com grandes espaços não ocupados pela atividade urbana, desmatadas, que pode ser responsável por um aumento da temperatura do ar.

Com o conhecimento da dinâmica urbana de Teresina e do seu clima urbano de Teresina é possível um melhor entendimento do estudo de caso desta pesquisa como valores de referência e comparação para a análise das variáveis climáticas do loteamento HBB.

#### 4 ESTUDO DE CASO: O LOTEAMENTO HBB

O loteamento HBB foi escolhido para analisar a adequação bioclimática com princípios sustentáveis com base na Avaliação Pós-Ocupação do conforto ambiental.

O conjunto habitacional sem nome oficial e previamente chamado de Loteamento HBB, Loteamento Habitar Brasil Bid, devido ao *Programa Habitar Brasil BID*, desenvolvido pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, teve o intuito de incrementar à execução da política habitacional urbana no âmbito municipal, a fim de urbanizar os assentamentos subnormais em Teresina, mais especificamente, nas Vilas Nova, do Avião e Meio Norte.

De acordo com Teresina (PMT, 2001), o loteamento HBB se insere no bairro Pedra Mole, na Zona Leste de Teresina (Fig. 27), e limita-se às vilas Nova, do Avião e Meio Norte, considerados assentamentos subnormais conforme Fig. 28.

O programa do qual faz parte o Loteamento HBB tem, juntamente com o programa Vila Bairro, o objetivo principal de transformar as vilas confrontantes em espaços saudáveis e capazes de absorver e o excedente populacional instalados em áreas de risco urbano através de remoção e reassentamento pela Prefeitura.

A região escolhida situa-se na extremidade do perímetro urbano de Teresina, como observado no Fig. 27, com uma previsão inicial para construção de 499 casas, com lotes padrão de 8,00 x 20,00m, lotes de esquina de 10,00 x 20,00m e também lotes de formato irregular com dimensões maiores para compensar suas medidas fora de esquadro.

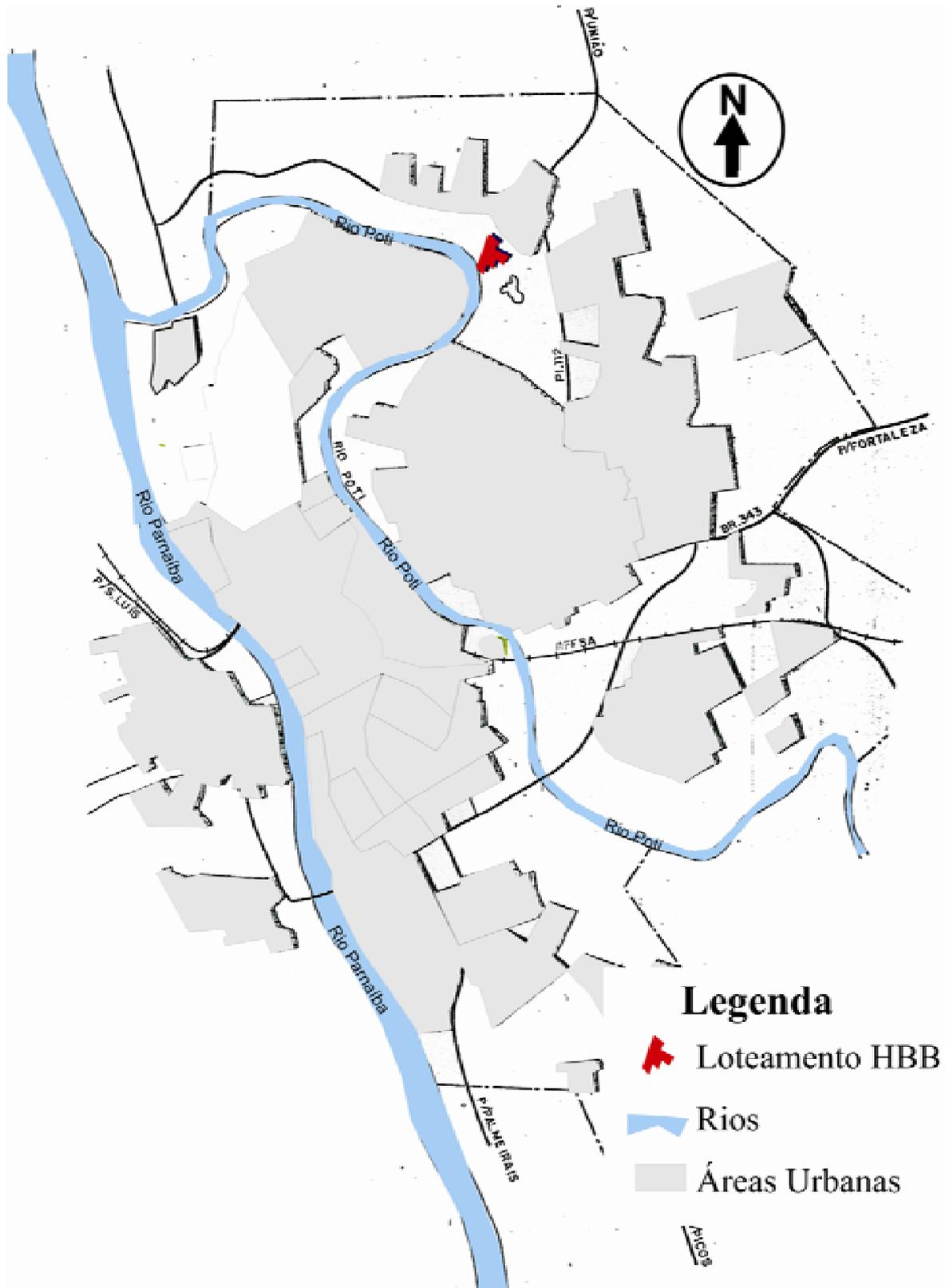


Figura 27 – Localização do Loteamento HBB em Teresina – PI.  
 Fonte: Adaptado de Façanha sem escala (1998)



Figura 28 – Localização do loteamento HBB entre as vilas Nova, Meio Norte e do Avião.  
 Fonte: Adaptação Teresina (PMT, 2001).

O Loteamento HBB incorporou as famílias em situação de risco que moravam de forma precária em sub-habitações no meio das ruas Anísio Brito, Amapá e Jarbas Martins no bairro Ilhotas, na região central da cidade, bem como absorveu as famílias excedentes das vilas vizinhas ao Loteamento HBB como a Meio Norte, do Avião e a vila Nova. Ainda incluiu as famílias instaladas próximas ao canal de águas pluviais das Favelas do Canal, das Vilas Carlos Feitosa, Padre Eduardo e da Favela do Papôco, consideradas em situação de risco, e as famílias das favelas situadas na Rua Piauí, Av. Campo Maior, da estrada PI 112, para desobstrução destas vias, além da favela do Socopo, conforme indica sucintamente a Fig. 29.

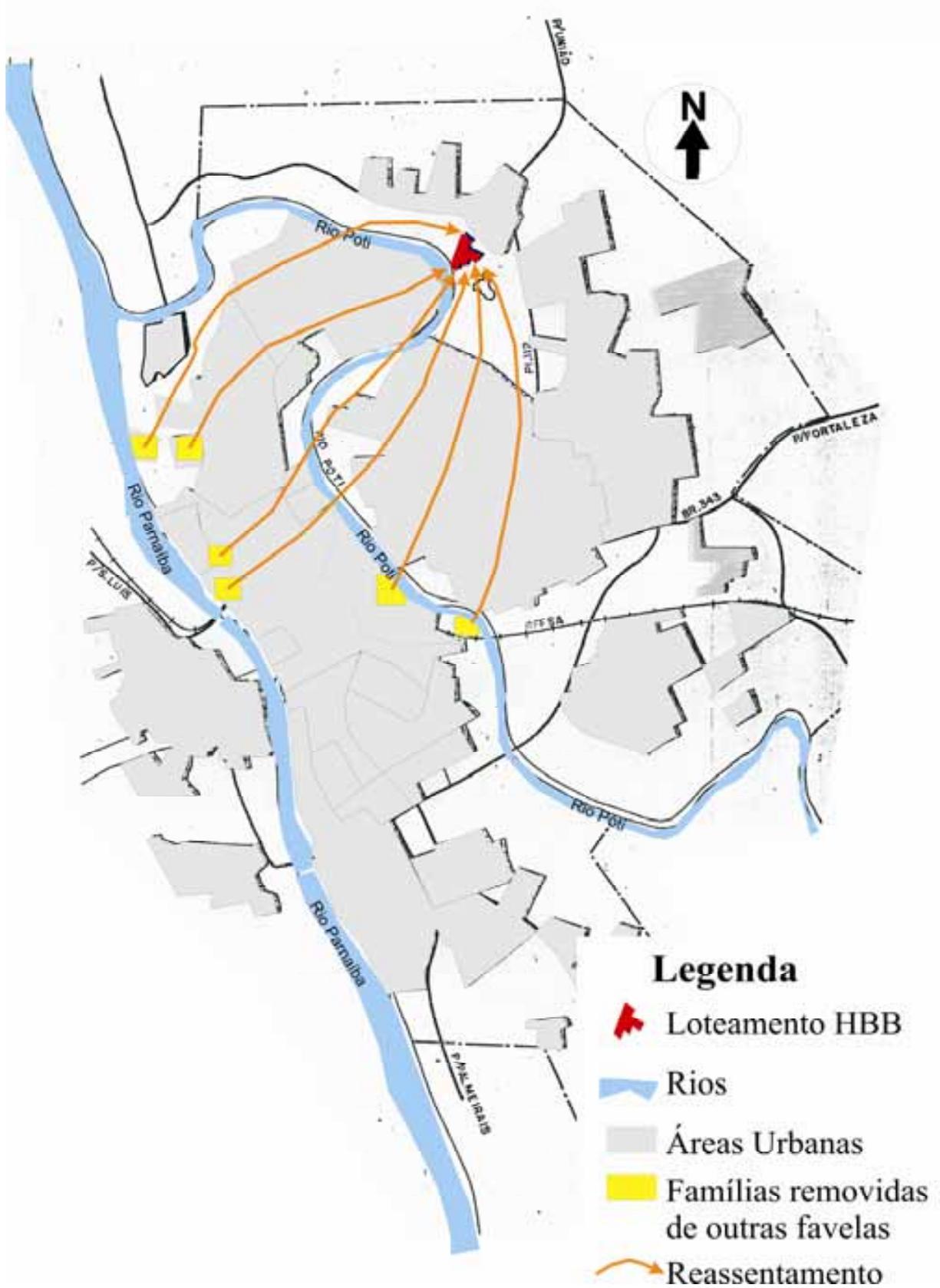


Figura 29 – Localização das favelas a serem removidas para a respectiva área de reassentamento, o loteamento HBB. Fonte: Adaptação Façanha Sem escala (1998).

## 4.1 DESCRIÇÃO DO LOTEAMENTO HBB

O loteamento Habitar Brasil Bid (HBB) caracteriza-se por ser baixa densidade, uso exclusivamente residencial, com casas de pavimento térreo. O HBB foi inicialmente desenhado para estabelecimento de 499 habitações/ lotes, no entanto, apenas 394 habitações foram executadas devido a declividade da região.

### 4.1.1 Solo/ Relevo

A formação do relevo no loteamento HBB, bairro Pedra Mole, na zona leste da cidade é classificado como Bacias e coberturas Sedimentares Fanerozóicas com compartimento de relevo do tipo patamares IBGE (2007) e Teresina (PMT, 2002) descreve:

As formas de relevo dessa bacia sedimentar apresentam uma topografia de topos tabulares e sub-horizontais, apresentado cerca de 900 m de altitude no limite com o Ceará, e descendo, de forma escalonada, pelo desdobramento da cuesta em planaltos e depressões interplanálticas, para cerca de 200 metros ao chegar no município de Teresina. No entorno da cidade esses baixos planaltos são individualizados pelos grandes rios Poti e Parnaíba e recortados pelos seus afluentes de menores dimensões, formando no Sul deste município as Serras do Longá, Cantinho, Jatobá, Peladinho e Grajaú. Os platôs e colinas mais baixos desse interflúvio Poti/ Parnaíba, ocupados pela urbanização inicial da cidade, eram chamados de *Chapada do Corisco*, chegando até próximo da foz do Poti no Parnaíba, onde seu topo apresentase com apenas 90 metros de altitude, na área do Parque da Cidade e arredores, tendo um nível de base local de cerca de 55m, na barra do Poti.

Teresina (PMT, 2002) apresenta a geologia da capital do Piauí como Bacia Sedimentar Paleozóica do Maranhão-Piauí, sob o domínio de duas formações geológicas: a Formação Piauí (datada do Período Carbonífero Superior) e Pedra de Fogo (datada do Período Permiano). A formação, a do Piauí aflora ao longo do eixo Principal do Rio Parnaíba.

A Formação Pedra de Fogo é tipicamente constituída por uma alternância de silexitos, arenitos e siltitos, que afloram com freqüência nos topos dos baixos planaltos e nas encostas mais escarpadas do relevo local, principalmente a nordeste da cidade, incluindo a zona de estudo desta pesquisa , o bairro Pedra Mole.

Apresentam solo predominantemente Latossolo Vermelho – Amarelo e o Podzólico Vermelho – amarelo (Fig. 30).

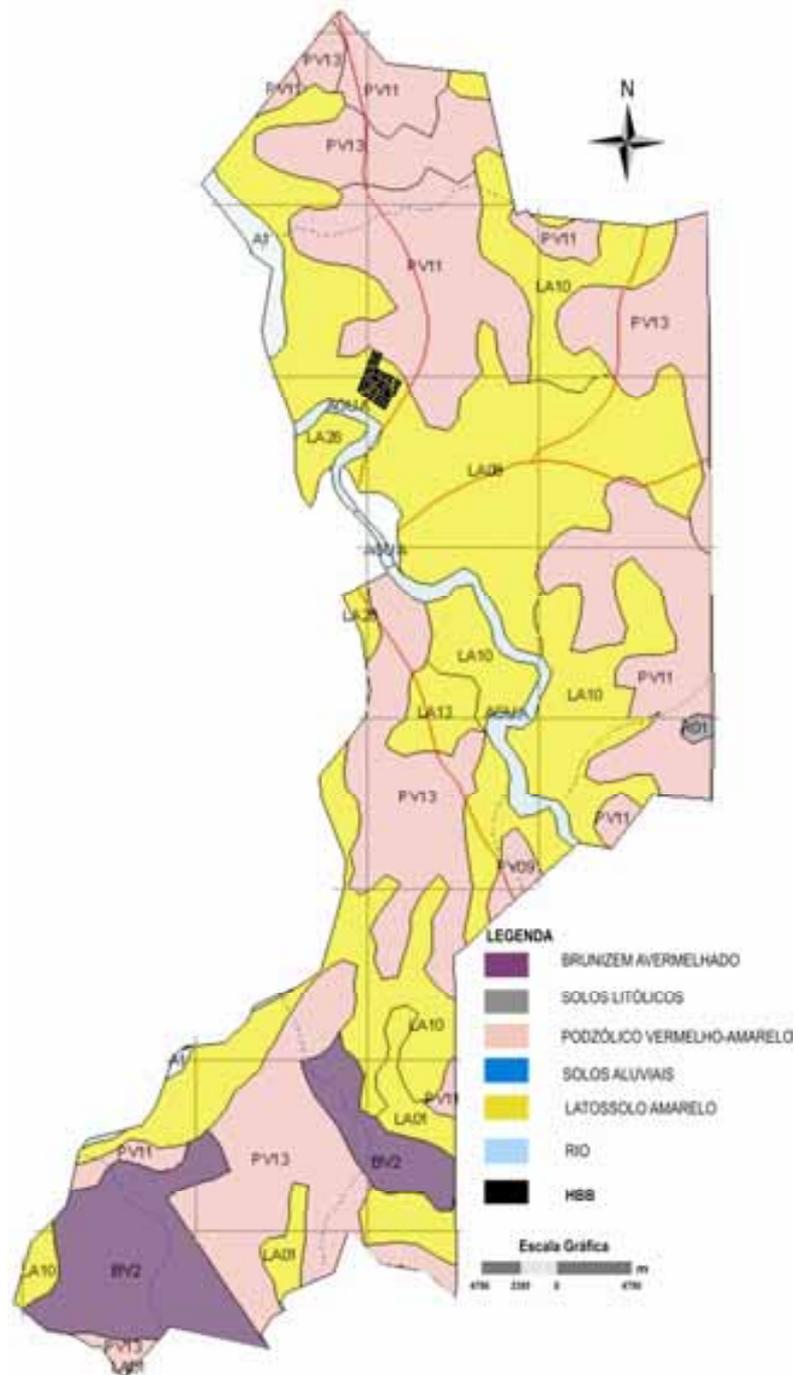


Figura 30 – Solo de Teresina e do Loteamento HBB.  
Fonte: EMBRAPA/SUDENE- IBGE (2007)

O Podzólico Vermelho-amarelo apresenta-se na região do loteamento HBB, está associado a situações de relevo mais movimentado, onde os processos de erosão são acentuados, conforme Fig. 31 e Fig. 32. São solos<sup>18</sup> rasos, de fertilidade baixa, com acidez elevada e presença de alumínio tóxico.

<sup>18</sup> Solo - material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres, o que se refere à superfície é chamado de *Solum*. (IBGEa, 2007)



Figura 31 – Erosão acentuada no HBB. Fonte: Luana Kallas. Data: 11/01/2006



Figura 32 – A superfície do solo no HBB. Fonte: Luana Kallas. Data: 11/01/2006

#### 4.1.2 Declividade/Topografia

Apesar de Teresina apresentar altitudes baixas, caracterizando-a como relevo plano e suaves ondulações, na região em que está inserido o Loteamento HBB apresenta-se com declividade acentuada, chegando entre 15% ou 17% de inclinação em alguns pontos do loteamento, como mostra a Fig. 33 e apêndice A.

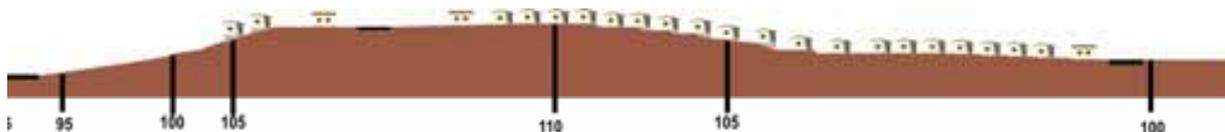


Figura 33 – Perfil altimétrico do Loteamento HBB, parte com maior declividade.  
Fonte: Luana Kallas, perfil a partir do mapa com curvas de nível, SEMPLAN (2002)

Esta topografia acarreta inconvenientes para implantação do loteamento, como a diminuição do número de habitações de 499 para 394 unidades habitacionais, exposição da superfície do solo à possíveis erosões e aumento de custos com a infra-estrutura da urbanização.

#### 4.1.3 Áreas verdes

A vegetação no Piauí apresenta exemplares da Caatinga, Mata de Cocais e Cerrado. Em Teresina, encontra-se com maior frequência a vegetação da Mata de Cocais, como as palmeiras (babaquais e carnaubais).

Em Teresina (PMT, 2002):

O município de Teresina encontra-se numa faixa de contato das formações vegetais dos tipos floresta subcaducifólia, cerrado e caatinga. No sítio urbano predomina a floresta subcaducifólia mesclada de babaçu, que pode ser observada tanto nos parques ambientais do Mocambinho, Parque da Cidade e Zoobotânico, como em Santa Maria da Codipi, no entorno norte do sítio urbano. Nas matas-galeria ocorre uma grande variedade de espécies, representativas de áreas de transição, como as palmeiras de buriti e carnaúba, angico branco, angico preto, caneleiro, embaúba, pau d'arco, jatobá, juazeiro, pitomba, tamboril, unha de gato, violeta, etc.

O entorno do loteamento HBB apresenta espécies representativas das áreas de transição como a carnaúba, já que o loteamento em si não apresenta vegetação alguma.

De acordo com Sales (2007):

A Política Habitacional para a construção de imóveis residenciais aprova desmatamentos de áreas nativas com retirada de material de construção e para a localização dessas pequenas cidades satélites, muitas delas em áreas ribeirinhas e alagadiças da cidade, antes abandonadas, por serem insalubres.

Nos arredores do loteamento HBB, há alguns espécimes de palmeiras (Fig. 34), o que pode ser indício de sua prévia existência também na área do loteamento em questão, visto que sua implantação foi feita em utilizando a política de Terra Arrasada (Fig. 35), onde se retira toda a vegetação do local, para então incluir as unidades habitacionais.



Figura 34 – Vegetação ao fundo do loteamento, exemplares de palmeiras da Mata de Cocais (vegetação típica da região de Teresina, PI). Fonte: Luana Kallas (11/01/2006).

A implantação do loteamento deixou a superfície exposta e passível à erosão, assim como propiciou condições para a geração de microclimas diferenciados, como pode ser visto no capítulo 7, pois a vegetação tem qualidades que amenizam o desconforto climático.



Figura 35 – Imagens de satélite mostram o antes (2000) e o depois (2005) da implantação do HBB.  
Fonte: Teresina (PMT, 2006).

A vegetação apresenta qualidades que propiciam um melhor conforto térmico no ambiente urbano, tais como, o sombreamento, barreira contra a radiação solar, filtragem e barreira contra os ventos e os ruídos. Diminui a poluição visual, ajuda no processo hidrológico, possibilita amenização da temperatura, e mantém o equilíbrio ecológico e, juntamente com o formato do desenho urbano, possibilita uma melhor adequação bioclimática para o homem.

Quando se utiliza a vegetação nativa, tais qualidades são ainda maiores, pois há um equilíbrio ecológico e sustentável. O emprego de espécies da vegetação nativa na arborização de parques, praças, jardins e passeios urbanos parece ser uma prática desejável, com importantes ganhos ambientais, estéticos e culturais para as cidades.

A prática da “terra arrasada” aniquila qualquer forma de vegetação, deixando uma superfície passível de erosão, como na Fig. 36. No solo local, do tipo Latossolo amarelo, o processo de erosão se acentua devido a movimentação de terra, formando solos rasos, de fertilidade baixa. A vegetação nativa é essencial para o equilíbrio desse solo de difícil constância.



Figura 36 – Imagem do loteamento sem vegetação presente. Fonte: Luana Kallas. Dia: 11/01/2006.

Para uma melhor exemplificação foi criada uma escala para esta pesquisa que estabelece o nível de vegetação no loteamento e seu entorno, conforme Fig. 37. Em uma

escala de 0 a 5, onde 0 é a inexistência de vegetação e coincide com a área do loteamento. A numeração subsequente estabelece a presença do verde, descrito abaixo:

- 0 – Inexistência de verde – coincide com os limites do loteamento HBB;
- 1 – alguns poucos exemplares de vegetação exótica como mangueiras (*Mangífera Indica*);
- 2 – Maiores quantidades de vegetação, exótica e vegetação rasteira;
- 3 – Vegetação secundária, rasteira;
- – Vegetação secundária, rasteira e exótica (grande quantidade de mangueiras – *Mangífera Indica*);
- – Vegetação primária, nativa – Inexistente no loteamento e entorno.



Figura 37 – Escala da vegetação no Loteamento HBB e entorno.

Fonte: baseado em imagens de satélite (TERESINA, PMT, 2006) e observação *in loco*.

#### 4.1.4 Desenho Urbano

O *tipo morfológico* das construções do loteamento HBB são basicamente habitações horizontais de pavimento térreo.

Os *espaços públicos* se resumem a uma área considerada mirante no ponto mais alto do loteamento, de pouco valor visual, devido a falta de identidade com o lugar, a presença de

uma caixa d'água, sem presença de praças construídas ou áreas destinadas ao convívio das pessoas da comunidade local, há um escasso sombreamento e uma inexistência de vegetação no loteamento.

A *circulação* do loteamento, 31% da área é destinada a circulação viária, sendo que o ideal são 20% de área de circulação viária e as áreas de circulação de pedestres (calçadas) são inexistentes.

A *orientação solar* do loteamento indica que 37,5% das habitações têm suas fachadas frontais voltadas para leste e 37% voltada para oeste e apenas 12,5% voltadas para sudoeste e 12,5% para nordeste, sendo que orientação mais adequada são aquelas fachadas voltadas para Sul e Norte.

De acordo com a planta baixa da habitação padrão, 75% das habitações recebem maior incidência solar nas fachadas da sala e dos quartos, devido a orientação da maior fachada da casa, orientada para o sentido leste/oeste, recebendo sempre maior incidência solar no período da tarde em um dos lados da casa que coincidem com a maior fachada e de também dos cômodos de maior permanência da casa, enquanto que as áreas molhadas como banheiro, cozinha e área de serviço são poupadas da incidência solar do período da tarde, orientação não indicada, principalmente, para períodos de umidade elevada na cidade.

A situação mais adequada para orientação oeste seria para as áreas de menor permanência do usuário/morador como as áreas molhadas e tentando orientar as fachadas que se situam os cômodos de maior permanência para os sentido norte/sul que recebem incidência solar difusa em Teresina.

Os *ventos* dominantes no desenho do loteamento HBB, na escala macro e mesoclimático, são de direção Leste e devem se apresentam conforme Fig. 38, encontrando obstáculos como as habitações. No entanto, na escala microclimática, a condução dos ventos se apresentam sem uma direção definida devido aos obstáculos ao nível do homem como a vegetação e as habitações, no entanto ainda na presença de muros para barrar os ventos no loteamento.

O loteamento é bastante poroso devido a falta de muros e seu gabarito ser de apenas um pavimento, o térreo. No entanto a disposição topográfica do loteamento não favorece a distribuição e condução dos ventos.

O espaço se apresenta com bastante *rugosidade* devido a não existência de muros possibilitando também a boa *porosidade* do loteamento devido as habitações ainda não estarem contornadas por muros, permitindo a entrada dos ventos, mesmo que de forma irregular.



Legenda:  Quadras das habitações  áreas não ocupadas pelo homem  
 Área verde  outros loteamentos pouco densos

Figura 38 – características do Desenho urbano do loteamento HBB - ventos.  
 Fonte: De acordo com dados da EMBRAPA(2004).

O *espaçamento* do loteamento do HBB apresentado pela relação largura(caixa) das vias x altura do edifício tem configuração adequada, pois não há o sufocamento das vias por edifícios elevados o que levaria a um espaço oprimido e indesejável, pois pode piorar a situação dos ventos no loteamento.

A *permeabilidade do solo* deve-se ao fato de o loteamento ainda não ter passado pelo processo de pavimentação, sendo que 50% do loteamento tem pavimentação das vias é de paralelepípedo e os outros 50% ainda em terra, na área designada à pedestres há presença de terra pois ainda não há calçamento.

O desenho urbano do loteamento HBB segundo os princípios do bioclimatismo segue uma característica de passividade e simetria, nas quais as características físico-espaciais não apresentam qualidade do espaço.

## 5 O METODO APLICADO

Neste capítulo, apresenta-se a pesquisa desenvolvida no Loteamento Habitar Brasil Bid (HBB) em Teresina, capital do Piauí, zona leste da cidade, com o objetivo de analisar a implantação do loteamento HBB, baseado em uma avaliação pós-ocupação (APO), considerando-se aspectos de sustentabilidade e adequação bioclimática.

A disposição arquitetônica e urbanística de loteamentos estabelece a funcionalidade dos mesmos e assim formam as sensações térmicas dos usuários, a partir de condicionantes como o clima e os fatores físicos do lugar.

### 5.1 A PESQUISA DE CAMPO

O clima de Teresina tem dois períodos distintos, um quente e úmido e outro quente e seco. Portanto, para esta pesquisa de campo, foram realizadas duas medições, uma para cada período do ano de 2007. A pesquisa de campo foi realizada no loteamento HBB, na zona Leste da cidade de Teresina, em três dias consecutivos e três horários diferentes em cada período, em oito pontos distintos do loteamento.

#### 5.1.1 Equipamentos e Medidas

Para realização das medições das variáveis climáticas foram utilizados os equipamentos termo-higrômetro, anemômetro, bússola, biruta, polímetro, termômetro de superfície e sombrinha.

Para a medição da temperatura do ar e umidade relativa foram utilizados dois tipos de instrumentos. O primeiro foi termo-higrômetro da marca INSTRUTERM, modelo HTR-157 (Fig. 39). Tais medições eram levantadas em um intervalo de 5 minutos. Uma sombrinha era utilizada nos locais onde havia radiação solar direta, para proteger os equipamentos.



Figura 39 - Termohigrômetro.  
Fonte: Luana Kallas. Data 8/10/2007.

O segundo instrumento a medir temperatura do ar de bulbo seco e a umidade relativa foi o polímetro da marca Polymer *Fischer* (Fig. 40)



Figura 40 - Polímetro.  
Fonte: Luana Kallas. Data 1/02/2008.

Para medição da velocidade do vento foi o anemômetro da marca INSTRUTERM, modelo AD-145, do tipo digital com ventoinha (Fig. 41), registra quatro unidades. A unidade utilizada para esta pesquisa foi a metros por segundo (m/s).



Fig. 41 - Anemômetro.  
Fonte: Luana Kallas. Data 8/10/2007.

Para obtenção da direção do vento, utilizou-se da biruta elaborada por Silveira (2007). A biruta tem haste de aço inox, que se apóia em um pedestal de ferro também construído e com altura de 1,00 metro (Fig. 42). A leitura da direção do vento é obtida por meio de uma cartela com uma circunferência com divisões a cada 5° (cinco graus). A bússola serve para colocar a orientação da cartela para o norte magnético.



Figura 42 – Biruta .

Fonte: Caio Frederico. Data 8/10/2007.

A temperatura superficial dos materiais do solo revestido nos pontos medidos é dada por meio do termômetro de superfície, da marca LOGEN *Scientific* (Fig. 43).



Figura 43 - Termômetro de superfície.

Fonte: Luana Kallas. Data 8/10/2007.

A radiação solar direta não foi medida por não haver disponibilidade do equipamento radiômetro. O resultado dessa medição poderia auxiliar na caracterização da radiação do sol que, de acordo com Romero (2000, 24), é tão maior quanto maior é o ângulo que o sol faz com a superfície. Assim, como Teresina recebe a insolação em um ângulo próximo aos 90° (noventa graus), esta influencia diretamente na sensação térmica do usuário de qualquer espaço externo descoberto.

### 5.1.2 O Registro Escrito

O registro dos dados foi feito em dois tipos de planilhas. Uma para a coleta dos dados climáticos e outra para os parâmetros bioclimáticos de cada ponto medido no loteamento.

A planilha de coleta dos dados climáticos (apêndice B) era composta por uma tabela que continha o dia e os pontos a serem medidos, a temperatura superficial, temperatura de

bulbo seco e umidade relativa (polímetro), temperatura do ar e umidade relativa (termohigrômetro), a velocidade do vento, a direção do vento, a nebulosidade, o revestimento do solo e observações (insolação). E também a sensação térmica do pesquisador para cada horário de medida (09h00min, 15h00min e 21h00min). Para cada dia foi usada uma tabela.

As temperaturas, do ar, de bulbo seco e de superfície, bem como, as umidades relativas, a velocidade e a direção do vento foram obtidas por meio dos equipamentos descritos no item 7.1.1 do Capítulo 7. Já a nebulosidade, o revestimento do solo e a insolação foram obtidas por meio de anotação do observador em cada ponto e em cada horário medido.

A nebulosidade foi determinada estabelecendo-se, pelo observador (o pesquisador) a divisão imaginária da abóbada celeste em dez partes iguais, e a proporção de ocupação de nuvens destas partes estabelecia o “grau” de nebulosidade<sup>19</sup>.

O revestimento do solo era descrito por materiais que eram conhecidos pelo pesquisador, bem como, a sensação térmica registrada em todos os pontos e horários, utilizando as seguintes sensações possíveis: agradável, quente e muito quente.

A insolação foi colocada na tabela como observação, verificada no momento de cada medição. O ponto medido se encontrava ao sol ou à sombra, ou ainda, se era noite.

### 5.1.3 Procedimento e Testes

Elaborada as planilhas, partiu-se para os procedimentos a serem realizados na pesquisa de campo, especificando um pesquisador que colocaria as sensações térmicas que serviriam de parâmetros. O pesquisador poderia sofrer permuta mediante treinamento prévio do substituto.

Antes da pesquisa de campo oficial foi realizado um pré-teste com os pesquisadores, no próprio loteamento, para testar as possibilidades de medições no Loteamento HBB, a instalação e uso dos equipamentos, as variáveis climáticas medidas e o cronômetro das medições registradas nas planilhas.

No dia 08/01/2007 foram medidos a temperatura do ar, umidade relativa, a velocidade do vento, e a direção dos ventos com os aparelhos descritos anteriormente e observada a nebulosidade de cada hora medida, nas horas padrão das estações meteorológicas (09h00min, 15h00min e as 21h00min).

Após análise dos dados obtidos no pré-teste, observou-se que seriam necessárias medições da temperatura de bulbo seco, pois as análises de conforto realizadas por Olgyay,

---

<sup>19</sup> Critério seguindo informação do meteorologista Raimundo Mainar de Medeiros, Mestre em Dinâmica e Sinótica da Atmosfera, Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Irrigação do Estado do Piauí.

cuja carta bioclimática foi utilizada para análise do sítio, são baseadas em temperatura de bulbo seco.

Na medição não obtivemos resultados relativos à radiação solar. No entanto, acrescentamos a temperatura superficial a fim de obter um resultado mais próximo das possíveis modificações e recomendações para o loteamento.

A observação da nebulosidade, que no pré-teste foi realizado de forma errada, foi corrigida após auxílio de um especialista.

As medições do pré-teste foram repetidas, algumas com modificações como a observação da nebulosidade, e foram acrescentadas a temperatura de bulbo seco e a medição da temperatura superficial.

Os equipamentos utilizados na pesquisa tinham certificados de calibração fornecidos pela INSTRUTERM e foram comparados periodicamente ao logo das medições.

#### 5.1.3.1 Execução e Pesquisa de Campo

As medições climáticas foram realizadas para avaliar o Loteamento HBB, a partir das variáveis climáticas, em dois períodos do ano. O primeiro período de medições ocorreu nos dias 25, 26 e 27 de abril de 2007, período quente e úmido, e, o segundo, nos dias 5, 6 e 7 de outubro de 2007, no período quente e seco, comprovadamente o mês mais quente do ano a partir de dados da EMBRAPA.

Devido ao formato irregular do terreno, foram selecionados 8 pontos no loteamento com características específicas a fim de permitir uma melhor demonstração da real situação climática da região.

As medições ocorreram em dias consecutivos, nos horários de 09h00min, 15h00min e 21h00min, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Foram medidas as temperaturas de superfície, temperatura do ar, com um termo-higrômetro e temperatura do ar de bulbo seco, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, para cada um dos 8 pontos.

Os pontos foram denominados de A, B, C, D, E, F e G, e as medições sempre começavam a partir do ponto G e seguem em ordem decrescente alfabética até o ponto A nos dois períodos do ano (apêndice C).

A escolha dos pontos foi determinado pelos parâmetros bioclimáticos, preferindo-se:

- Ponto sem barreiras nos cruzamentos de ruas – Ponto A;
- Ponto onde se recebe maior insolação, lado oeste e sul (parte do ano) - Ponto B;

- Ponto sem barreiras, no centro da rua – Ponto C;
- Ponto com barreiras, entre casas – Ponto D;
- Ponto descoberto, ao sol e com poucas barreiras – Ponto E;
- Ponto sombreado e com poucas barreiras, sob árvore – Ponto F;
- Ponto com barreiras e sombreado, massa vegetal – Ponto G;
- Ponto no interior da residência – Ponto H.

Os pesquisadores, munidos com os equipamentos de medição, planilha para o registro dos dados e a planta de situação dos pontos predeterminados realizavam a pesquisa nos dias predeterminados.

Em cada ponto, três pesquisadores realizavam as coletas, dois realizavam as medições e o terceiro era responsável pelas anotações nas planilhas:

O primeiro pesquisador realizava a leitura do termo-higrômetro, com a temperatura do ar e umidade relativa, esperando a estabilização dos medidores, do psicrômetro, com a medição da temperatura do ar de bulbo seco e a umidade relativa, como também realizava a leitura do termômetro de superfície, para medir a temperatura superficial;

O segundo pesquisador preparava a montagem do pedestal para a colocação da biruta, da cartela contendo a circunferência com os ângulos de 5 em 5° (cinco graus) e sua orientação com o norte magnético, onde a direção do vento era medida com a maior rajada dos primeiros 5 segundos, passado os 5 segundos e não havendo ventos, estes eram considerados zero ou nulo, a velocidade e a direção eram simultâneas, com a ajuda do terceiro pesquisador. Posteriormente, uma correção era feita nos valores medidos na biruta em relação ao norte verdadeiro, de 22,5° para Teresina.

O terceiro pesquisador realizava as anotações e auxiliava na leitura da direção e velocidade dos ventos que eram simultâneas, bem como, observava e anotava a nebulosidade, insolação e a sensação térmica do ponto.

Esse procedimento era realizado igualmente em todos os pontos e na mesma seqüência de medição dos equipamentos e o tempo estimado entre a primeira e a última medição era de aproximadamente 40 minutos.

Os aparelhos situavam-se a 1 metro do solo, as medições ocorreram em dias consecutivos, 25, 26 e 27 de abril de 2007 e nos dias 05, 06 e 07 de outubro de 2007, nos horários sinóticos de 09h00min, 15h00min e 21h00min, respectivamente nos períodos quente-úmido e quente-seco.

### 5.1.3.2 Incertezas experimentais

Possíveis erros de leitura e registro de medições, assim como algumas incertezas quanto às leituras realizadas poderiam ocorrer. Dessa forma, a presença da própria pesquisadora em todas as medições foi importante para que os possíveis erros de leitura fossem questionados e refeitos no momento, e quando impossíveis de refazer, retiradas.

Os dados de sensação térmica foram pessoais do terceiro pesquisador, presente em todas as aferições, havendo análise por gráfico para retirar qualquer dúvida a respeito.

A primeira (abril) e a segunda medição (outubro) não ocorreram com os mesmos pesquisadores, exceto pelo terceiro pesquisador, que fez o registro das medições.

Ao todo, foram medidos 8 (oito) pontos no Loteamento HBB levando-se em consideração a localização de orientação solar, cruzamento de ruas e sob árvores designados.

## 6 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, apresentam-se os dados climáticos coletados no Loteamento HBB, com uma estação móvel, e duas estações de referência com características diferenciadas, a do INMET localizada na sede da EMBRAPA em Teresina – PI.

Conforme Fig. 44 pode-se localizar as estações e o loteamento HBB. A estação da EMBRAPA está instalada em área verde e próximo ao Rio Poti.



Figura 44– Localização das estações meteorológicas em relação ao Loteamento HBB.  
Fonte: Modificação de Teresina (PMT, 2006).

Para análise estatística desta pesquisa, os dados coletados no loteamento foram inseridos em planilhas do Excel, dividido colunas com as variáveis climáticas e as linhas com os pontos medidos por hora, para cada dia uma planilha com os mesmos dados. A análise estatística dos dados foi realizada de forma manual, utilizando os gráficos do programa Excel.

Uma avaliação visando apenas o desempenho térmico do loteamento foi realizada baseada nos conceitos de Ornstein & Romero (2003) sobre a Avaliação Pós - Ocupação (APO), porém um estudo prévio sobre a APO foi determinante para selecionar o que seria estudado no loteamento a fim de se alcançar os objetivos pretendidos de analisar a

implantação do loteamento HBB, quanto aos aspectos climatológicos e ambientais, a vegetação.

A APO realiza levantamentos para relacionar os pontos negativos e positivos, estudo também realizado nesta pesquisa, para levantar os aspectos do sítio e do desempenho térmico do desenho urbano do loteamento, bem como, o desempenho térmico, de temperaturas, umidade e ventos de uma habitação, referência para saber como o desenho urbano pode influenciar na habitação.

Uma análise crítica inicial dos dados foi realizada a fim de detectar possíveis dados discrepantes seguidos de uma análise das variáveis climáticas e sua comparação com a morfologia do loteamento, para adequação climática.

Após o tratamento dos dados para avaliação do microclima do loteamento, os dados das variáveis climáticas foram analisados relacionando-os com as variáveis morfológicas do Loteamento HBB.

Antes da análise estatística dos dados coletados no loteamento, um exame do levantamento foi realizado a fim de detectar valores díspares dos dados. Todas as variáveis climáticas foram analisadas ponto a ponto, para se obter um valor estatístico por período, a isto se deve aos distintos períodos climáticos presentes em Teresina, quente e úmido, e, quente e seco.

A análise dos dados coletados no loteamento investiga o microclima na área externa do loteamento e como interfere no ambiente interno, a habitação, também estudada. O desempenho térmico do loteamento é investigado a fim de se detectar possíveis formações de ilhas de calor no espaço externo do mesmo, a partir da temperatura do ar, umidade relativa e da velocidade do vento.

Com a comparação entre os valores das estações meteorológicas da região e as medições *in loco* no loteamento é possível analisar se há formação de ilhas de calor, para isto, os pontos estrategicamente escolhidos foram medidos para se analisar possíveis pontos negativos no loteamento.

Outros elementos de análise foram escolhidos como avaliação do desempenho climático do loteamento, como a sensação térmica do pesquisador e a sensação térmica do morador da habitação, dados levantados nos períodos quente e seco, e, quente e úmido.

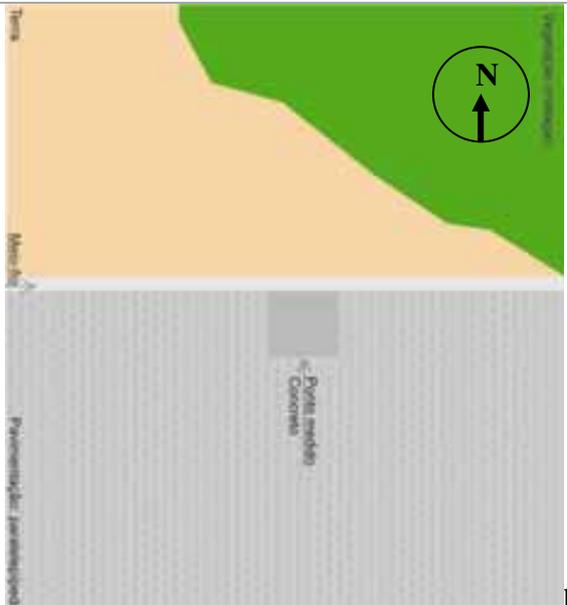
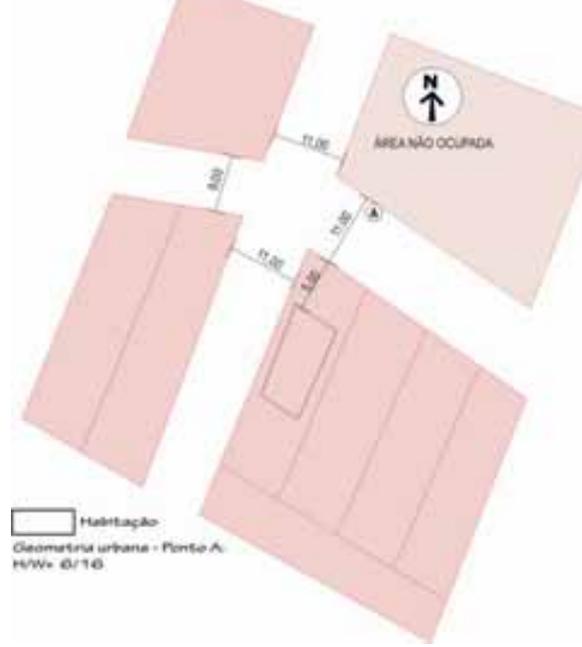
Nos apêndices (B e D) apresentam-se os dados das variáveis climáticas utilizadas nas medições e a tabela de registro da sensação térmica do morador, ambos coletados nos dois períodos do ano, quente – úmido e quente – seco, 1º e 2º semestre, respectivamente.



A seguir são apresentadas as medições realizadas em cada ponto e as suas características:

### 6.1.1 Ponto A

O quadro 8 apresenta as características do Ponto A.

<p>Ponto A</p>  <p>a</p>	<p>Entorno : Paralelepípedo/ Terra</p>  <p>b</p>
<p><b>Revestimento do solo:</b> Concreto</p>	<p><b>Emissividade:</b> 0,90</p>
<p><b>Topografia:</b> no nível da rua em uma pequena declividade em relação ao entorno imediato.</p>	
 <p>c</p>	 <p>d</p>

Quadro 8 - Apresentação do Ponto A.

Embora os ventos dominantes da cidade de Teresina sejam de direção Leste, esquematizado na Fig. c do quadro 8 para o loteamento HBB, as medições apresentadas para os pontos medidos não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas e W apresentou-se maior que H, conforme Fig. d do quadro 8, podendo levar a menores intensidade de ilha de calor.

De um período do ano para o outro, as temperaturas do ar e superficial aumentaram, as diferenças de temperatura do ar passaram de 3 a 7°C, no período quente e úmido, para 6 a 8°C, no período quente e seco, tabelas 3 e 4, respectivamente.

PONTO A	Temperatura do ar (Termohigrômetro)					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	27,9	32,6	28,7	32,8	35,1	34,2
15h00min	36	34,4	33,1	39,7	41,1	38,7
21h00min	25,8	26,4	26,3	29,3	33,6	31,8

Tabela 3: Temperatura do ar (°C) no Ponto A.

PONTO A	Temperatura Superficial					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	26,1	33,2	25,6	29,5	40,5	36,5
15h00min	43,8	44,1	38	42	51	50
21h00min	26,7	23	24,3	26,5	29,5	30

Tabela 4: Temperatura superficial (°C) no Ponto A.

A partir das tabelas 3 e 4 tem-se a relação entre a Temperatura do ar e temperatura superficial apresentada no gráfico 1.

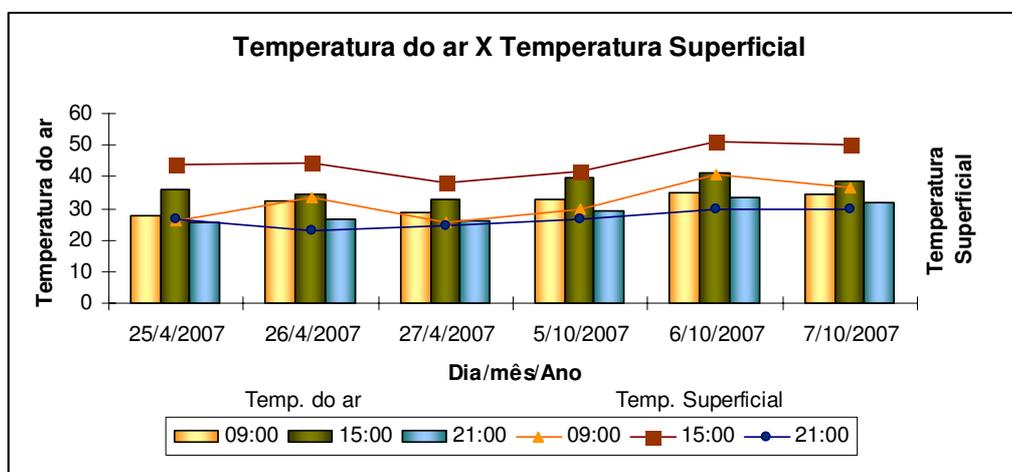


Gráfico 1 – Relação da Temperatura do ar e a Temperatura Superficial no ponto A.

Os ventos às 09h00min são de Oeste, medidos no período de abril e outubro. Às 15h00min são de Sudeste em abril, e irregular, em outubro. Às 21h00min os ventos têm direções irregulares em todos os períodos medidos.

Além da irregularidade da direção dos ventos, suas velocidades variaram de calmo, para leve, brisa leve e mais raramente brisa suave segundo a classificação de Beaufort, quadro 4, as velocidades de 0 m/s a 3,1 m/s, conforme a tabela 5.

PONTO A Horários	Velocidade dos ventos					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	1,3	1,1	0,4	0,4	1,4	2,5
15h00min	0,4	0,1	0	1,3	3,1	1,3
21h00min	0	0	0,7	0	0	2,3

Tabela 5: Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto A

Observou-se também que a relação entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar segue a ordem, quanto maior a temperatura do ar, menor a umidade relativa do ar, e, conseqüentemente quanto menor a temperatura do ar, maior é a umidade relativa do ar, apresentada no gráfico 2, resultada do cruzamento dos dados das tabelas 3 e 6.

PONTO A Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	78,2	36,5	79	65,5	50	58,1
15h00min	56,8	57,9	66,5	38,8	34,6	44,2
21h00min	93	93	93,4	77,2	61,7	65

Tabela 6: Umidade relativa do ar (%) no Ponto A.

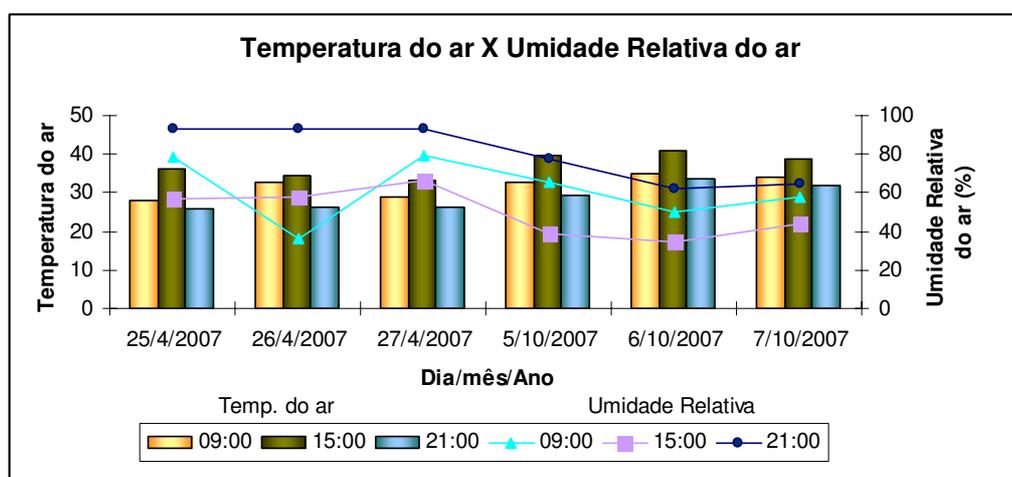


Gráfico 2: Relação entre a Temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

De acordo com o diagrama de conforto humano da WMO (2007), no Ponto A, os horários de 15h00min a sensação térmica apresentou-se muito quente, para os dois períodos, quente-úmido e quente-seco.

Nos horários de 09h00min, no período quente e úmido, a sensação térmica apresentou-se com necessidade de ventos para conforto, apesar da presença de ventos leves à brisa leves (classificação de Beaufort) são insuficientes, pois os ventos surgiam em rajadas de pouca velocidade e irregulares, alternados por calmarias, porém o pesquisador relatou uma sensação térmica agradável no horário.

Ainda no horário de 09h00min, no período quente e seco, a sensação térmica se apresentou, no diagrama da WMO, como muito quente, contudo, apesar da temperatura no horário de 09h00min do dia 5 de outubro, a sensação térmica apresentou-se no diagrama entre a região com necessidade de ventos para conforto e a região muito quente, e sensação térmica quente apresentada pelo pesquisador, conforme a tabela 7.

PONTO A	Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
	<b>09h00min</b>	NV	NV	NV	NV	MQ	MQ
	<b>15h00min</b>	MQ	MQ	NV	MQ	MQ	MQ
	<b>21h00min</b>	MU	MU	MU	NV	MQ	NV

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

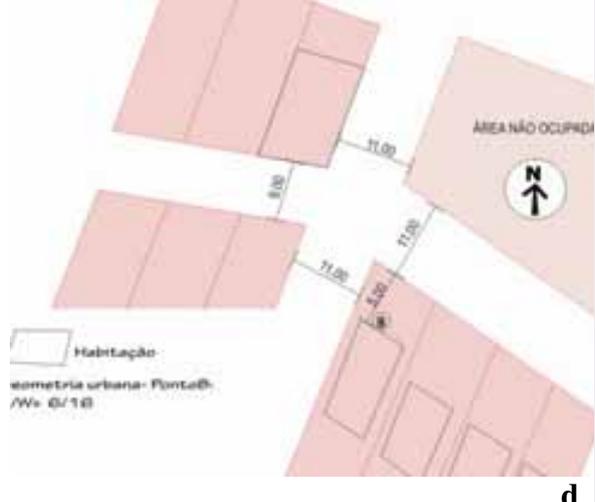
Tabela 7 – Conforto Humano segundo o diagrama de conforto.

A radiação direta, observada pela insolação do ponto medido e a temperatura superficial. A insolação é intensa e apresenta-se em todos os horários do dia, no Ponto A, para os dois períodos medidos, e a temperatura superficial apresentou amplitude térmica de 11,1°C, no período quente e úmido e de 21,5°C, no período quente e seco.

Nos dias e períodos medidos não são suficientes para relatar a ação da nebulosidade na interferência das demais variáveis climáticas.

## 6.1.2 Ponto B

O quadro 9 apresenta as características do Ponto B.

Ponto B	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	<p style="text-align: center;"><b>Ponto Medido</b></p>  <p style="text-align: right;">b</p>
<b>Revestimento do solo:</b> concreto	<b>Emissividade:</b> 0,90
<b>Topografia:</b> acima do nível da rua	
 <p style="text-align: right;">c</p>	 <p style="text-align: right;">d</p>

Quadro 9 – Apresentação do Ponto B.

Esquema dos ventos dominantes de Teresina no loteamento HBB Fig c do quadro 9, porém as medições apresentadas para o ponto B não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas e W apresentou-se maior que H, conforme Fig. d do quadro 9, podendo levar a menores intensidade de ilha de calor.

Para o primeiro período, quente e úmido, no mês de abril, as temperaturas do ar máximas não ultrapassavam os 36, 6°C e as mínimas chegavam a 23,3°C, uma amplitude térmica diária de aproximadamente, 10°C. Já no segundo período, quente e seco as máximas ultrapassavam a casa dos 36°C, chegando a 40,1°C,e, as mínimas subiram para 28,9°C, a amplitude térmica diária chegava a 10°C, como pode ser visto na tabela 8.

PONTO B	Temperatura do ar (Termohigrômetro)						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		25,5	36,1	29,2	33,3	35,3	35,6
15h00min		36,6	35,1	33,3	38,2	40,1	39,8
21h00min		25,3	26,3	25,5	28,9	32,6	31,1

Tabela 8 – Temperatura do ar (°C) no Ponto B.

A temperatura do ar aumenta com a o aumento da temperatura superficial às 9h00min e as 15h00min, tanto no período quente e úmido como no período quente e seco, conforme a tabela 9 e o gráfico 3.

PONTO B	Temperatura Superficial						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		24	40,1	27,4	27,5	40	42
15h00min		42,2	41,7	38,3	36	45	45,5
21h00min		23,2	23,7	24,8	27	26,5	28,5

Tabela 9 – Temperatura superficial (°C) no Ponto B.

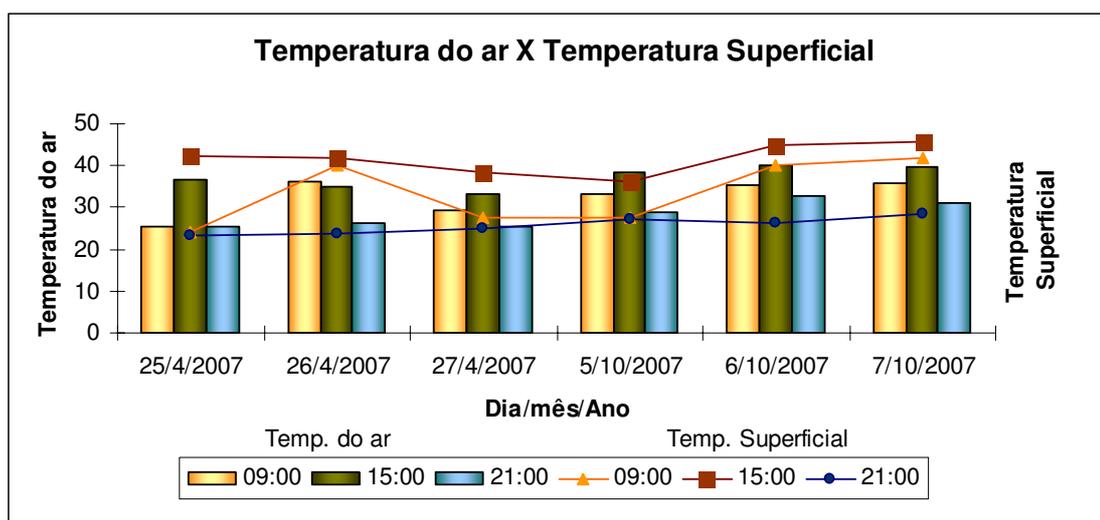


Gráfico 3: relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial no ponto B

Apesar de que o ponto medido estar localizado na porta de uma habitação (barreira), os ventos atuam como se não houve barreiras, ou melhor, como atuam nos outros pontos, de forma irregular, sem velocidade e orientação constante, a tabela 10 mostra a velocidade dos

ventos, existência de calmarias à brisas suaves, de acordo com a classificação de Beaufort (quadro 4).

PONTO B Horários	Velocidade do vento					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	0	2,3	0	2	3,4	1,9
15h00min	0,4	0	0,8	0	0,3	1,3
21h00min	3,5	0	0,8	0,7	0	1,8

Tabela 10 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto B.

A umidade relativa, no período quente e úmido, tem valores absolutos de umidade elevada principalmente, às 9h00min e às 21h00min e diminui um pouco às 15h00min (tabela 11) quanto a temperatura do ar eleva. Já no período quente e seco, a umidade cai até 39% quando a temperatura do aumenta, conforme pode ser visto no gráfico 4.

PONTO B Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	86	57,2	79,6	65,8	43,9	52,6
15h00min	52	60,3	67,4	44,4	39	43,4
21h00min	94,9	93	96,7	76	63,9	66,4

Tabela 11 – Umidade relativa (%) no Ponto B.

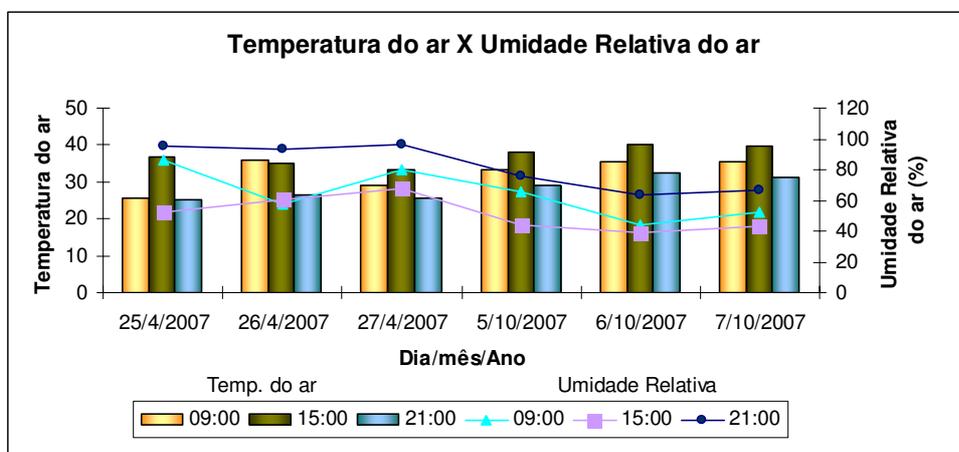


Gráfico 4: Relação de temperatura do ar e umidade relativa do ar

O ponto B é um ponto bastante desconfortável segundo a Tabela de conforto da WMO, no primeiro semestre o desconforto é causado pela necessidade de ventos no local, e no período noturno é muito úmido, já no segundo semestre quase em todos os horários é muito quente, apenas no dia 05 de outubro, às 9h00min a sensação encontrada foi muito úmido, deve-se a isso a ocorrência de chuva na noite anterior, conforme a tabela 12.

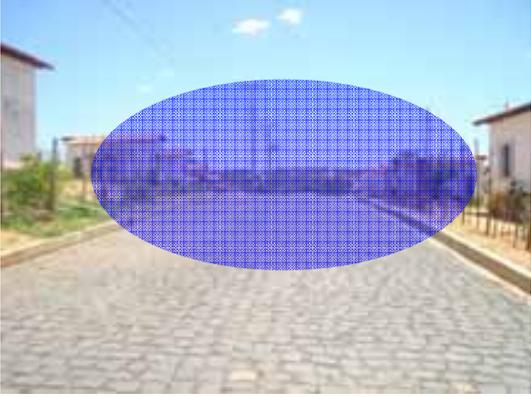
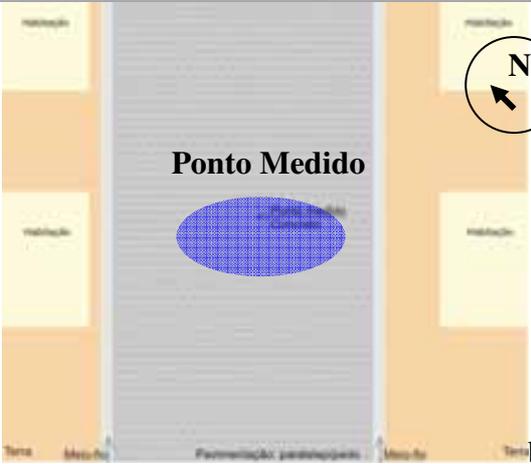
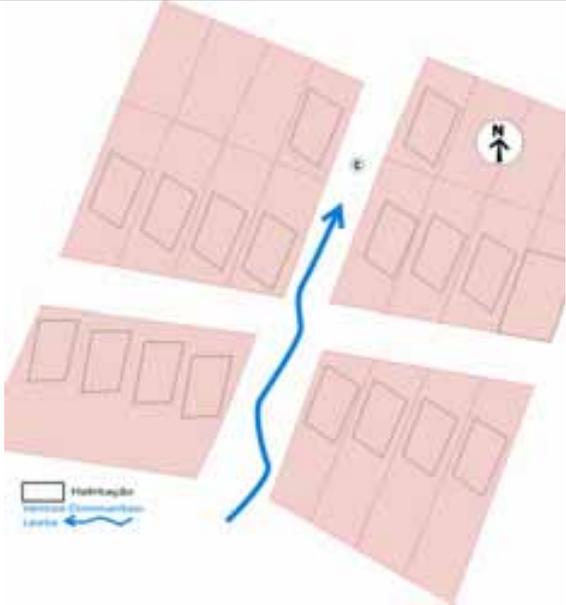
PONTO B	Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	MU	NV	MU	MU	MQ	MQ
15h00min	MQ	NV	NV	MQ	MQ	MQ
21h00min	MU	MU	MU	NV	MQ	MQ

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 12 –Conforto Humano segundo o diagrama de conforto.

### 6.1.3 Ponto C

O quadro 10 apresenta as características do Ponto C.

<p>Ponto C</p>  <p>a</p>	<p>Entorno do ponto</p>  <p>b</p>
<p><b>Revestimento do solo:</b> paralelepípedo</p>	<p><b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b>0,98</p>
<p><b>Topografia:</b> plana com poucas barreiras, solo escuro.</p>	<p>Obs. Insolação intensa durante todo o dia.</p>
 <p>c</p>	 <p>d</p>

Quadro 10 – Apresentação do Ponto C.

Esquema dos ventos dominantes de Teresina no loteamento HBB conforme Fig c do quadro 10 porém as medições apresentadas para o ponto B não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas e W apresentou-se maior que H, conforme Fig. d do quadro 10, podendo levar a menores intensidade de ilha de calor.

As temperaturas do ar são superiores no período quente e seco, que no período quente e úmido, com amplitudes térmicas diárias de 8°C no período quente e úmido, e, de 10°C no período quente e seco, conforme tabela 13.

A temperatura superficial aumenta proporcionalmente com a temperatura do ar (gráfico 5), a temperatura superficial apresenta uma variação térmica da pedra (paralelepípedo) de 20°C no período quente e úmido, e, 24,5°C no período quente e seco (tabela 14), a pedra tem uma emissividade entre 0,85 e 0,90, de acordo com o quadro 6, das propriedades radiantes de materiais e superfícies urbanas.

PONTO C	Temperatura do ar (Termohigrômetro)						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		32,2	34,8	29,6	31,7	35	34,2
15h00min		34,9	34,1	33,7	39,1	40,6	38,5
21h00min		26,1	26,5	25,5	29,3	34,3	32

Tabela 13 –Temperatura do ar (°C) no Ponto C.

PONTO C	Temperatura Superficial						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		36,2	45,1	32,2	48,5	49	48,5
15h00min		40	45,1	44,9	56,5	54,4	56,5
21h00min		28,1	25	27,2	32	32,5	32

Tabela 14 –Temperatura superficial (°C) no Ponto C.

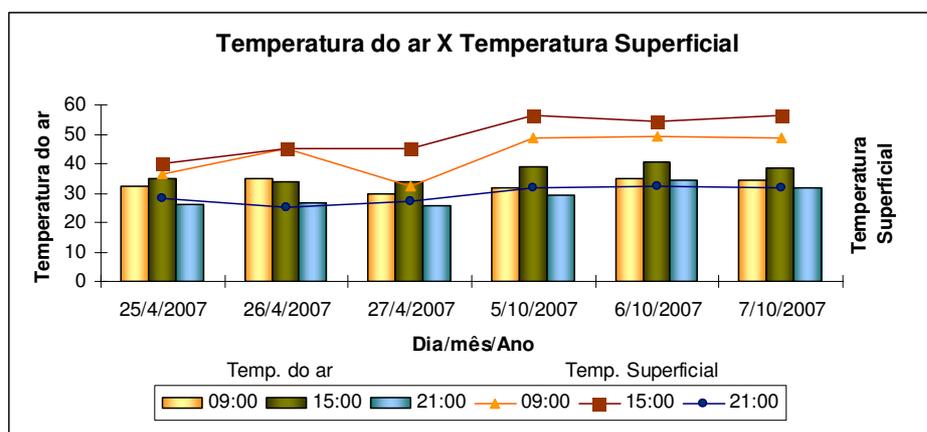


Gráfico 5 – Relação da temperatura do ar (°C) e a temperatura superficial (°C).

No primeiro semestre, às 9h00min os ventos são provenientes do sul, às 15h00min os ventos são mais irregulares, não se estabelecendo uma direção dos ventos e às 21h00min são mais constantes a sudeste.

No segundo semestre, às 9h00min os ventos são provenientes do leste, às 15h00min os ventos são irregulares, e às 21h00min são de sudeste.

A velocidade desses ventos (tabela 15) embora alguns irregulares, são de acordo com a classificação de Beaufort, de calmo à brisas suaves.

PONTO C Horários	Velocidade do vento					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	0,6	0,8	0	1,8	1,4	1,5
15h00min	0,6	0,3	0	1,2	-	1,1
21h00min	0,5	0,8	0,7	1,2	0	3,4

Tabela 15 –Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto C.

A umidade relativa do ar é elevada no período quente e úmido, e, no período quente e seco a umidade chega a 36,2% , no dia 5/10/2007 às 9h00min a umidade é alta devido a pluviosidade do dia anterior (4/10/2007), conforme tabela 16.

PONTO C Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	62,4	62,9	78,3	87,8	45,4	55,9
15h00min	60,4	67,9	66,5	40	36,2	44,4
21h00min	87,1	43	96,2	73,6	59,7	65,9

Tabela 16 –Umidade relativa do ar (%) no Ponto c.

A relação da temperatura do ar e a umidade relativa apresentam com temperatura do ar alta, umidade baixa, conforme o gráfico 6.

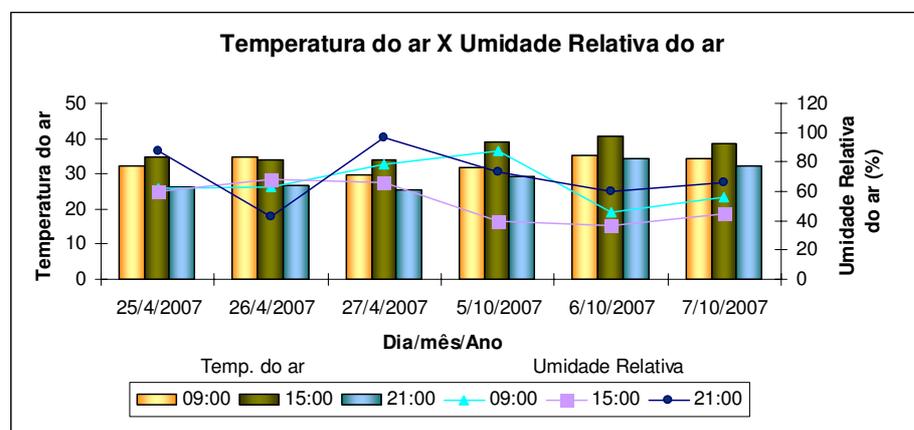


Gráfico 6 Relação entre temperatura do ar e a umidade relativa do ar no ponto C.

No ponto C, o conforto humano segundo o diagrama da WMO não foi diferente em relação ao ponto B, segundo a tabela 17 o primeiro semestre apresentou-se muito quente durante o dia e no período noturno apresentou-se muito úmido devido, com umidade elevada, mas sem ocorrência de chuvas. No segundo semestre apresentou-se muito quente durante todos os horários e dias medidos, porém no dia 05 de outubro às 9h00min apresentou-se muito úmido devido a ocorrência de chuva na noite anterior.

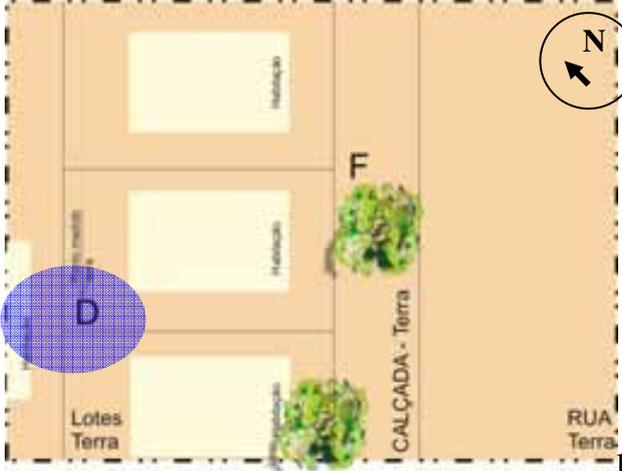
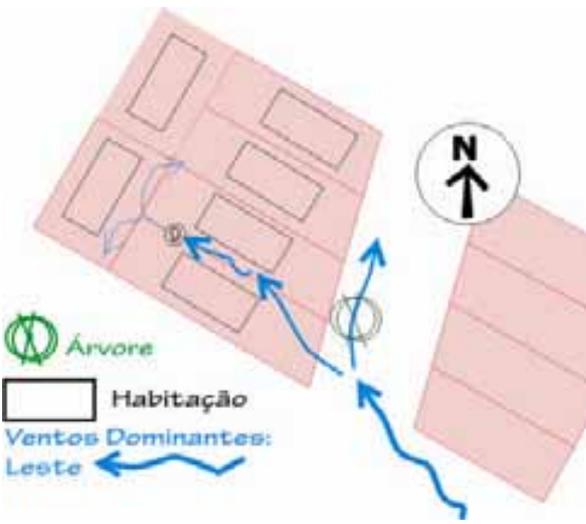
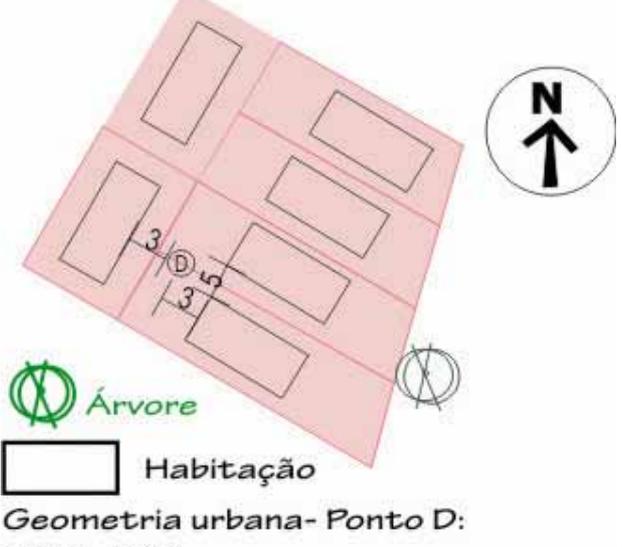
<b>PONTO C</b>	<b>Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano</b>					
<b>Horários</b>	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
<b>09h00min</b>	MQ	MQ	MU	MU	MQ	MQ
<b>15h00min</b>	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ
<b>21h00min</b>	MU	MU	MU	MQ	MQ	MQ

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 17 –Conforto Humano segundo o diagrama de conforto.

## 6.1.4 Ponto D

O quadro 11 apresenta as características do Ponto D.

Ponto D	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	 <p style="text-align: right;">b</p>
<p><b>Revestimento do solo:</b> Terra</p>	<p><b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b> 0,85 – 0,90</p>
<p><b>Topografia:</b> plana com muitas barreiras.</p>	
 <p style="text-align: right;">c</p>	 <p style="text-align: right;">d</p>

Quadro 11 – Apresentação do Ponto D.

Embora os ventos dominantes da cidade de Teresina sejam de direção Leste, esquematizado na Fig c do quadro 11, as medições apresentadas para este ponto não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas apresentou W igual a H, conforme Fig. d do quadro 11.

O ponto D está localizado entre três habitações, as temperaturas do ar e superficial são proporcionais, a medida que a temperatura do ar aumenta, há um aumento da temperatura superficial.

Nas quais as medições da temperatura do ar tem amplitude térmica diária mínima de 5°C e máxima de 6°C, no período quente e úmido, e, amplitude térmica diária mínima de 8°C e máxima de aproximadamente 9°C, no período quente e seco, conforme tabela 18. a tabela 19 mostra a amplitude térmica diária do material da superfície do solo no ponto D, com valores de 11°C no período quente e úmido e 13,5°C no período quente e seco. O gráfico 7 mostra a relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial.

PONTO D	Temperatura do ar (Termohigrômetro)					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	30,8	27,2	28,3	28,6	32,3	34,8
15h00min	30,9	32,8	30,2	36,3	39,4	39,2
21h00min	25,5	26,2	27,4	33,5	31,1	30,9

Tabela 18 –Temperatura do ar (°C) no Ponto D.

PONTO D	Temperatura Superficial					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	27,8	31	27,6	26,5	29	29,5
15h00min	34,9	36,2	32,4	35	41,5	36
21h00min	23,4	27	27,4	26	28	27,5

Tabela 19 - Temperatura superficial (°C) no Ponto D.

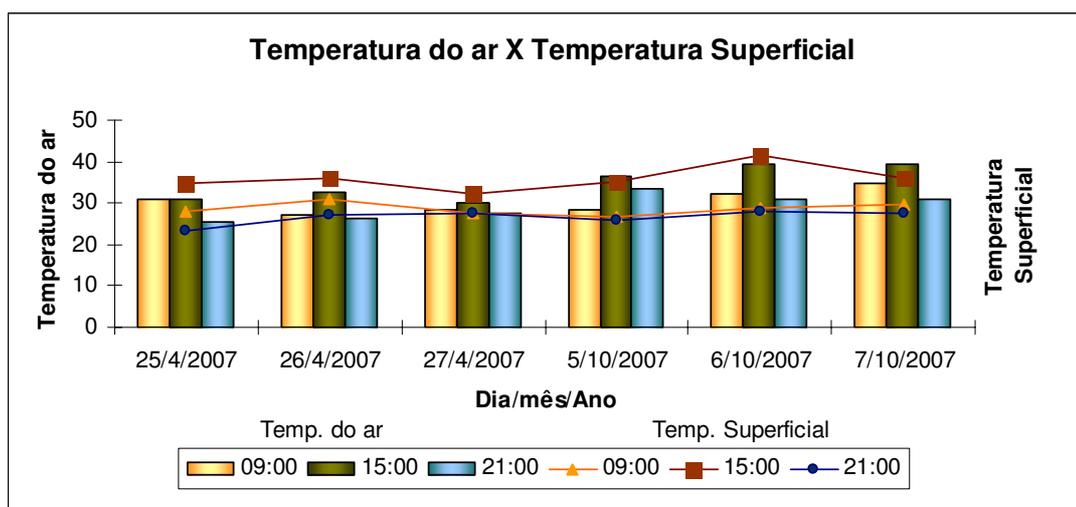


Gráfico 7 - Relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial no ponto D.

No ponto D, apesar da proximidade das habitações, pode formar uma canalização dos ventos e aumentar a velocidade, mas a velocidade dos ventos (tabela 20) não são superiores

aos outros pontos, localizados em situações em que os ventos não encontram barreiras como o centro da rua, ponto C, ou ponto A, também em situação de ampla ventilação.

De acordo com a classificação dos ventos de Beaufort, os ventos vão de calmarias à ventos leves, a direção dos ventos são tão irregulares como nos outros pontos medidos, porém, com uma maior constância em algumas direções como no primeiro período com direção nordeste às 9h00min, sul às 15h00min e a leste às 21h00min

PONTO D Horários	Velocidade do vento					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	1,5	0,5	0	1,2	2,3	3
15h00min	0	0,5	1,4	0,4	1,1	1
21h00min	1,6	0	1	0	1,3	1,9

Tabela 20 - Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto D.

Quanto a relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, tabelas 18 e 21, estabeleceu-se gráfico 8, bastante característico, temperatura do ar elevada e umidade relativa baixa, e , temperaturas do ar menores, umidades relativas maiores.

PONTO D Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	71	84,3	83,4	82,1	56,7	52,1
15h00min	69,8	61,5	71,1	45,5	38,7	43,6
21h00min	93,8	90,7	85,6	62,5	72,7	66,5

Tabela 21 - Umidade relativa do ar (%) no Ponto D.

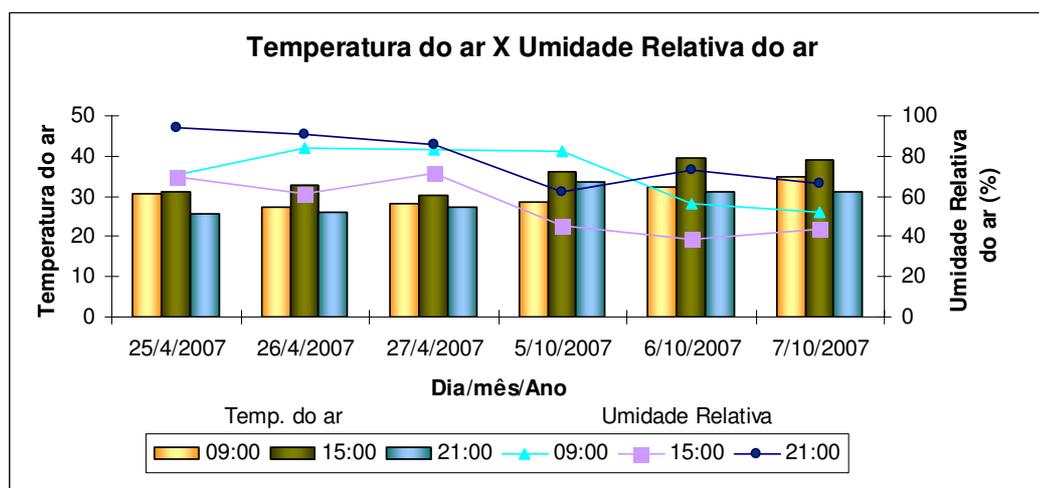


Gráfico 8 - Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar no ponto D.

Neste ponto, no período quente e úmido, a insolação apresentou-se intensa e constante, já no período quente e seco, a insolação apresentou-se intensa às 09h00min e às 15h00min o

ponto se encontrava com a superfície sombreada pela habitação, o que não alterou a temperatura superficial do local.

No ponto D, o diagrama da WMO de conforto humano mostrou conforme tabela 22 que no primeiro semestre uma variação para muito úmido e necessidade de ventos, onde a terra, revestimento da superfície do solo neste ponto mantém-se úmida por mais tempo que o concreto e o paralelepípedo que se aquecem rapidamente. No segundo semestre apresentou-se no muito quente em todos os períodos, exceto no primeiro horário de medição do dia 05 de outubro devido à ocorrência de chuva na noite anterior mantendo a terra úmida.

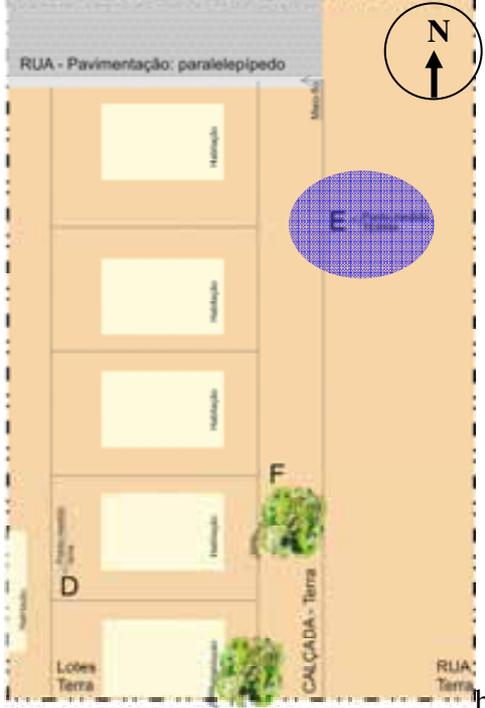
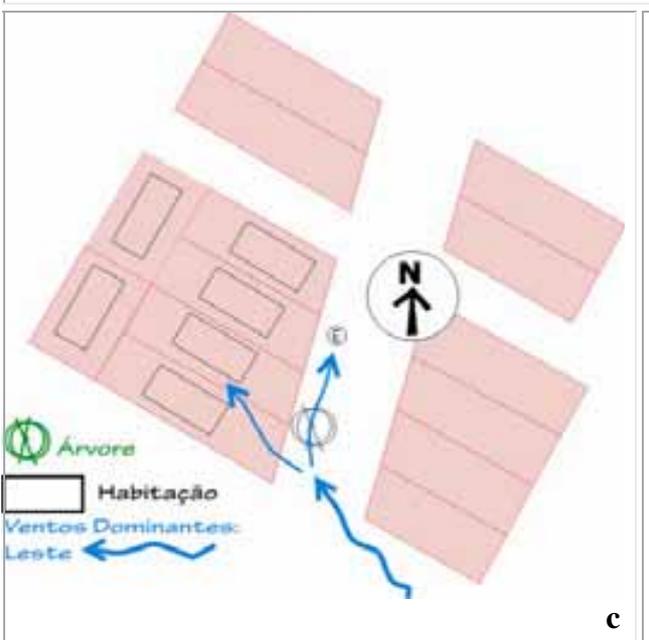
<b>PONTO D</b>	<b>Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano</b>					
<b>Horários</b>	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
<b>09h00min</b>	NV	MU	MU	MU	MQ	MQ
<b>15h00min</b>	MU	NV	MQ	MQ	MQ	MQ
<b>21h00min</b>	MU	MU	MU	MQ	MQ	MQ

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 22 –Conforto Humano segundo o diagrama da WMO(2007)

## 6.1.5 Ponto E

O quadro 12 apresenta as características do Ponto E.

Ponto E	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	 <p style="text-align: right;">b</p>
<p><b>Revestimento do solo:</b> Terra</p>	<p><b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b> 0,85 – 0,90</p>
<p><b>Topografia:</b> plana sem barreiras em um raio de 5 metros.</p>	
 <p style="text-align: right;">c</p>	 <p style="text-align: right;">d</p>

Quadro 12 – Apresentação do Ponto E

O ponto E, localizado a oeste na rua, recebe insolação durante todo o dia, pois não há barreiras (muros) que possam proteger o local, seu entorno é aberto.

Embora os ventos dominantes da cidade de Teresina sejam de direção Leste, conforme Fig c do quadro 12, as medições apresentadas para não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas apresentou W bem maior que H, levando à ilhas de calor de menor intensidade, Fig. d do quadro 12.

As condições normais da temperatura do ar no período quente e úmido são menores que no período quente e seco, bem como, a temperatura superficial com valores proporcionais aos da temperatura do ar, pois a medida que a temperatura do ar se eleva, a temperatura superficial também se eleva, conforme a tabelas 23 e 24 e sua respectiva relação no gráfico 9.

PONTO E Horários	Temperatura do ar (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	29,6	29,1	28,4	30,4	33	34,7
15h00min	34,1	34,3	32,2	37,3	38,2	38
21h00min	25,6	26,1	26,4	30,9	31,5	30,7

Tabela 23 – Temperatura do ar (°C) no Ponto E.

PONTO E Horários	Temperatura Superficial					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	27,6	35,9	28,2	31,5	40	39,5
15h00min	38,4	46	35,4	38	43,5	49
21h00min	23,7	27,1	26,6	27	30	29

Tabela 24 – Temperatura superficial (°C) no Ponto E.

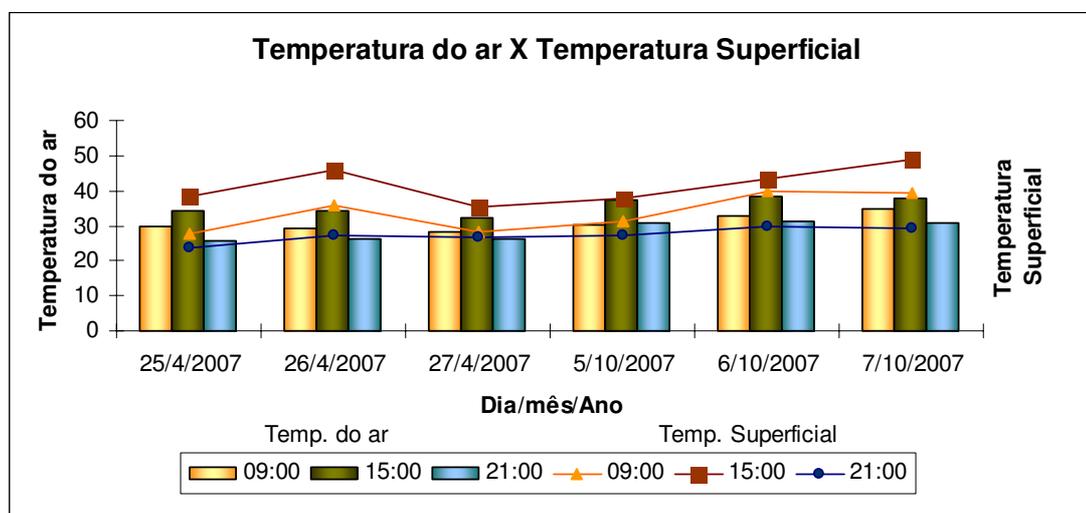


Gráfico 9 – Relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial no ponto E.

No período quente e úmido, às 9h00min não há uma regularidade na direção dos ventos, apesar de se apresentar ventos leves, às 15h00min os ventos são provenientes de Oeste, e às 21h00min de sudeste, apresentam-se calmarias à brisas suaves, ver tabela 25

No período quente e seco, às 9h00min os ventos são provenientes do sudoeste, às 15h00min de oeste e às 21h00min de leste.

PONTO E	Velocidade do vento						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		1,2	0,6	1,3	0,4	0,5	1,7
15h00min		0,5	2,6	1,7	0,6	2,3	4,3
21h00min		0,2	0	1,5	0	0,3	1,4

Tabela 25 – Velocidade do vento (m/s) no Ponto E.

Em condições normais a umidade relativa no primeiro período, quente e úmido é mais elevada, e, no período quente e seco diminui a 40,2%, como na tabela 26.

PONTO E	Umidade Relativa (Termohigrômetro)						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		82,9	75,7	79,7	77,3	54,3	53,8
15h00min		55,1	56,9	65,5	44,1	40,2	47,5
21h00min		94,5	90,9	92,4	75,6	68,2	68,1

Tabela 26 - Umidade relativa do ar (%) no Ponto E.

O gráfico 10 apresenta a relação da temperatura do ar, dado pela tabela 23, e a umidade relativa do ar, dada pela tabela 26, e mostra que com a elevada temperatura a umidade tende a cair, e, quando a temperatura diminui, a umidade tende a se elevar.

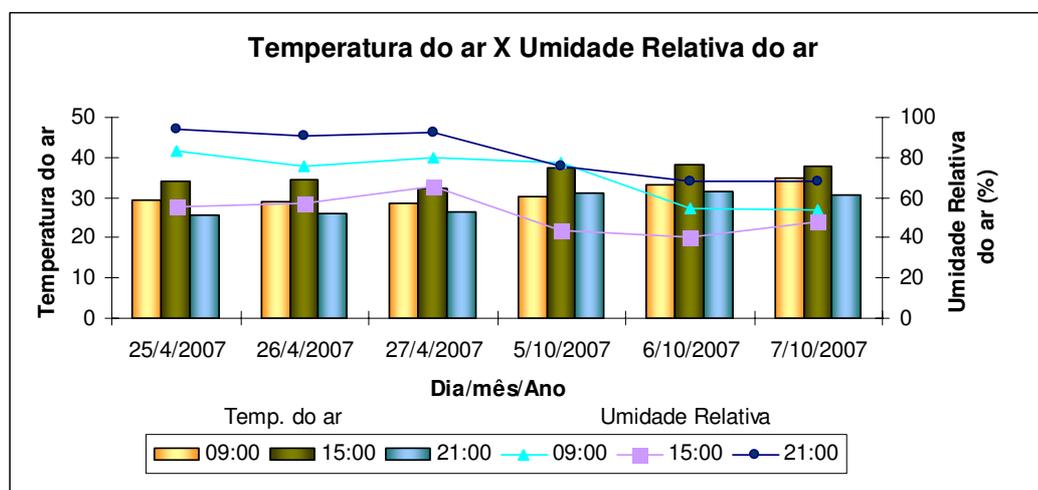


Gráfico 10 – Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa no ar no ponto E.

No ponto E apresentou-se de acordo com o diagrama da WMO de conforto humano na tabela 27 que no primeiro semestre uma variação para muito úmido e necessidade de ventos, onde a terra, também revestimento da superfície do solo neste ponto mantém-se úmida nos horários da manhã, aquecendo-se no horário de 15h00min apresentando uma sensação muito quente, já no horário de 21h00min a sensação é muito úmida. No segundo semestre apresentou-se no muito quente em todos os períodos, exceto no primeiro horário de medição do dia 05 de outubro devido a ocorrência de chuva na noite anterior mantendo a terra úmida.

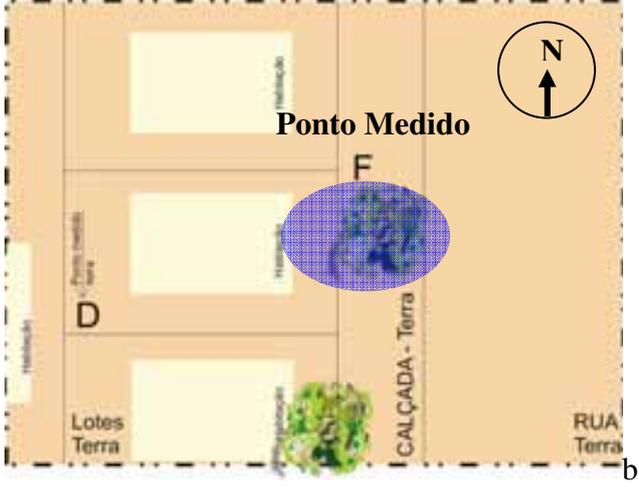
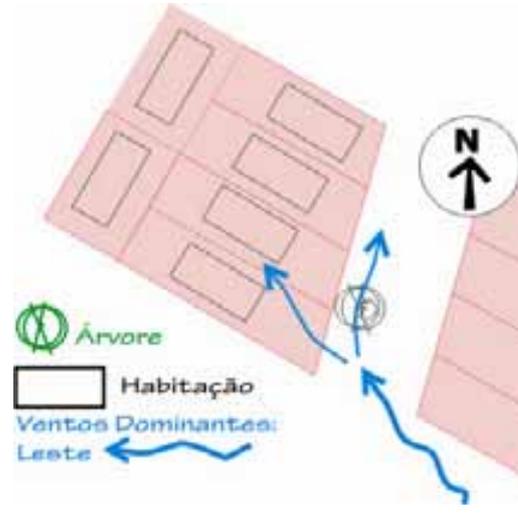
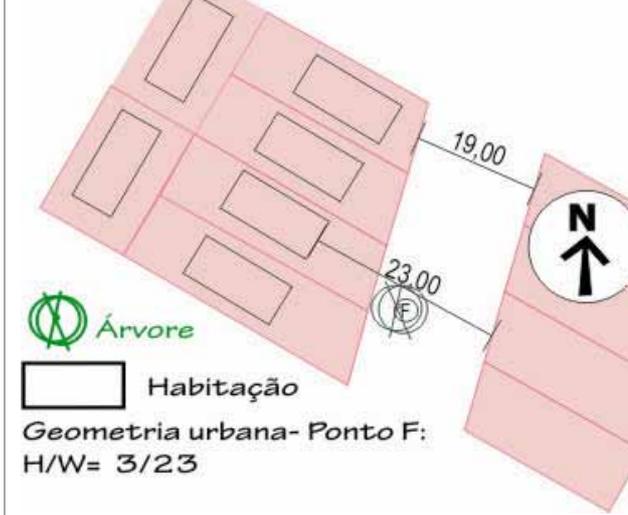
PONTO E Horários	Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	NV	MU	MU	MU	MQ	MQ
15h00min	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ
21h00min	MU	MU	MU	MQ	MQ	MQ

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 27 – Conforto Humano segundo o diagrama de conforto.

## 6.1.6 Ponto F

O quadro 13 apresenta as características do Ponto F.

Ponto F	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	 <p style="text-align: right;">b</p>
<b>Revestimento do solo:</b> Terra	<b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b> 0,85 – 0,90
<b>Topografia:</b> plana com poucas barreiras.	
 <p style="text-align: right;">c</p>	 <p style="text-align: right;">d</p>

Quadro 13 – Apresentação do Ponto F.

Embora os ventos dominantes da cidade de Teresina sejam de direção Leste, conforme Fig c do quadro 13, as medições apresentadas para não tem direção certa.

A geometria urbana, relação de H/W, onde H é a altura dos edifícios e W é a largura das ruas apresentou W bem maior que H, levando à ilhas de calor de menor intensidade, Fig. d do quadro 13.

Temperaturas do ar menores no período quente e úmido e maiores no período quente e seco, conforme a tabela 28 a presença da vegetação sobre o ponto não diminui os valores da temperatura do ar em relação aos outros pontos.

PONTO F	Temperatura do ar (Termohigrômetro)					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	30,5	30,7	28,7	31,8	33,4	35,4
15h00min	36	35,2	32,7	37,7	39,5	39,3
21h00min	25,6	26	26,4	31,4	30,8	30,6

Tabela 28 – Temperatura do ar (°C) no Ponto F.

A temperatura superficial apresenta leves diferenças de temperatura em relação aos pontos expostos ao sol, como o ponto E, na tabela 24, onde a temperatura do dia 6/10/2007 apresentou-se 4°C a menos durante o dia em relação a tabela 29.

PONTO F	Temperatura Superficial					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	26,4	32	27,2	30	34	41
15h00min	30,4	34,5	35	32,5	39	46,5
21h00min	23,6	26	25,1	25	28	28,5

Tabela 29 – Temperatura superficial (°C) no Ponto F.

A relação temperatura do ar e temperatura superficial apresentada no gráfico 11, os as normais da temperatura superficial é aumentar à medida que a temperatura do ar aumenta.

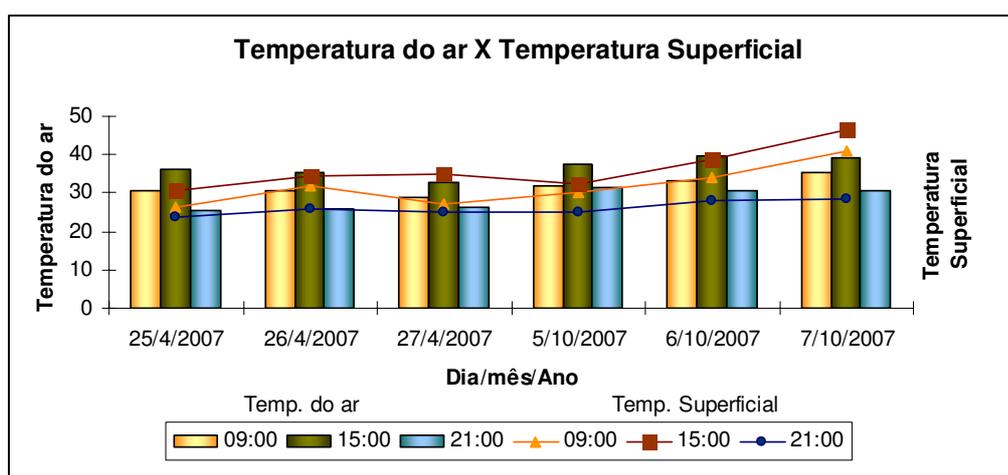


Gráfico 11 – Relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial no ponto F.

No primeiro período, quente e úmido, a direção dos ventos às 09h00min é de Oeste, e nos horários de 15h00min e 21h00min se apresentam bastante irregulares. No segundo período, quente e seco, têm direções de Sudoeste em todos os horários, e também de Sul nos horários de 15h00min e 21h00min.

PONTO F	Velocidade do vento					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	0,4	0,2	0	1,5	1,8	1,5
15h00min	0,2	0,4	0,7	0,8	0,3	1,3
21h00min	0	0	0,4	0	0,1	3,3

Tabela 30 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto F.

A umidade relativa do ar no primeiro período, quente e úmido, apresenta elevada umidade, já no segundo período, quente e seco, chega a 39,8%, como mostra a tabela 31.

PONTO F	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	72,6	71,9	80,4	72,7	52	54,8
15h00min	56	56,3	66,1	44,6	39,8	41
21h00min	94,7	92,7	93,3	72,6	71,8	68

Tabela 31 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto F.

O gráfico 12 apresenta a relação resultante da tabela 26 e 29, temperatura do ar e umidade relativa, respectivamente.

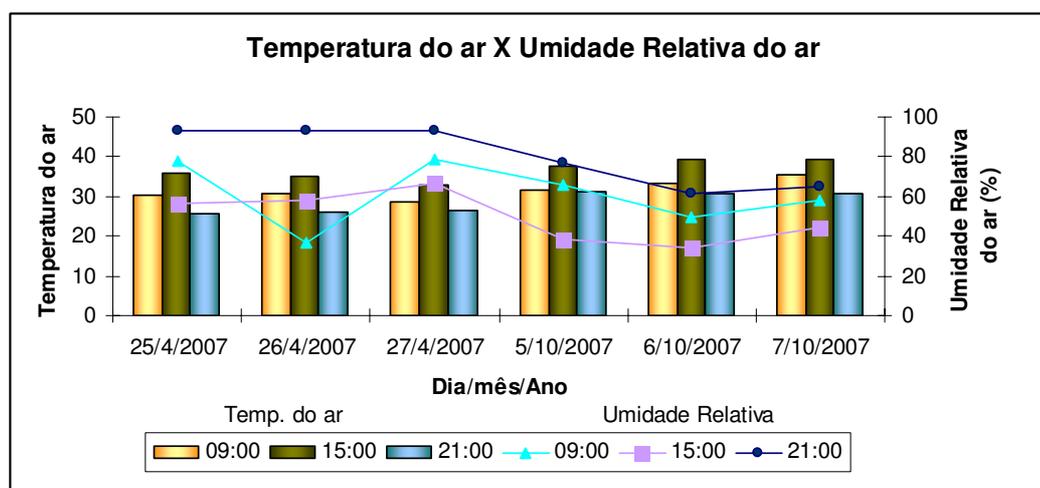


Gráfico 12 – Relação entre a temperatura do ar e umidade relativa do ar

O desempenho térmico do ponto, pelo diagrama de conforto humano da WMO, apresentado na tabela 32, mostra que no período quente e úmido, há necessidade de ventos para o conforto pela manhã e muito quente às 15h00min, confirmado pela sensação do pesquisador, no horários das 09h00min e 21h00min, quente, exceto no dia 27 de abril, às 09h00min apresentava-se uma sensação agradável pelo pesquisador.

No período quente e seco, os horários de 09h00min e 15h00min se encontravam muito quente, e a sensação do pesquisador, quente. Exceto no dia 5 de outubro, pois houve precipitação na noite anterior, estabelecendo-se características como superfície úmida,

diminuindo a temperatura superficial, e, portanto, a temperatura do ar em relação aos outros dias medidos do período quente e seco.

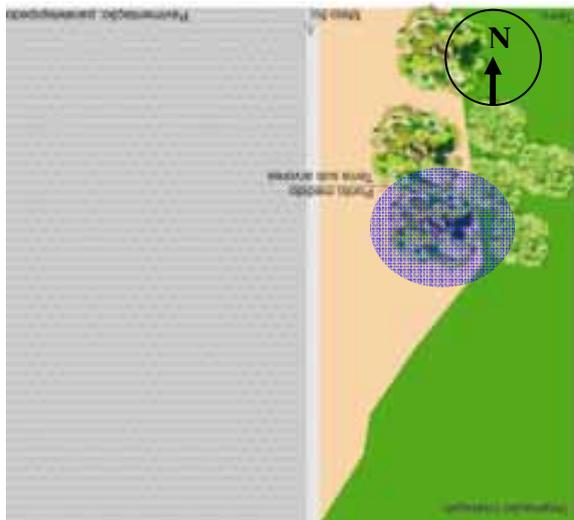
PONTO F Horários	Tabela de conforto humano segundo o diagrama de conforto humano (WMO, 2007)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	NV	NV	MU	NV	MQ	MQ
15h00min	MQ	MQ	NV	MQ	MQ	MQ
21h00min	MU	MU	MU	NV	NV	NV

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 32 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto.

### 6.1.7 Ponto G

O quadro 14 apresenta as características do Ponto G.

Ponto G	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	 <p style="text-align: right;">b</p>
<b>Revestimento do solo:</b> Terra úmida /grama curta	<b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b> 0,95
<b>Topografia:</b> superfície plana, bloqueada pela vegetação para ação de ventos.	

Quadro 14 – Apresentação do Ponto G.

Para o ponto G, região de massa vegetal é possível encontrar temperatura superficial menor, em relação ao outros pontos medidos, porém a temperatura do ar elevada, como pode ser visto nas tabelas 33 e 34 apresentado no gráfico 13.

PONTO G	Temperatura do ar (Termohigrômetro)					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	32,2	33,8	31,1	31,6	35,4	33,1
15h00min	34,1	33,3	35,1	37,8	40,1	37,7
21h00min	27,5	28,5	25,6	30,2	35,3	34,8

Tabela 33 – Temperatura do ar (°C) no Ponto G.

PONTO G	Temperatura Superficial					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	23,7	27,9	25,6	24	24,5	26,5
15h00min	27,4	27,9	27,9	26,5	28	33
21h00min	23,4	23,1	21,6	25	25,5	24,5

Tabela 34 – Temperatura superficial (°C) no Ponto G.

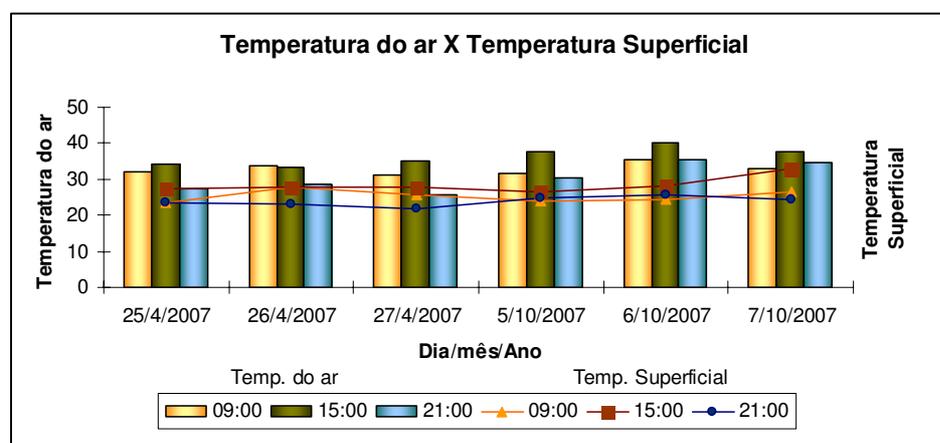


Gráfico 13: Relação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial no ponto G.

Os ventos são bastante irregulares, leves com alternância de calmarias, insuficientes para momentos de necessidade de vento para o conforto humano, a tabela 35, mostra a velocidade dos ventos em todos os horários dias e períodos. Há irregularidade na direção dos ventos, com possibilidade de ocorrer situações como as apresentadas nas Fig. 45 e 46.

PONTO G	Velocidade do vento					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	0	0,5	0,1	1,1	0	2,1
15h00min	0,1	0,8	0,4	0,2	1,7	0,3
21h00min	0	0	0,6	0	0	1,1

Tabela 35 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto G.

A tabela 36 mostra os níveis de conforto humano de acordo com o diagrama do conforto humano da WMO (2007), no período quente e úmido, para se estabelecer conforto necessita de ventos nos horários de 09h00min e 15h00min, mesmo no horário de 15h00min do dia 25 de abril, se apresentou muito quente, e de acordo com a sensação térmica do

pesquisador, agradável devido às irregulares rajadas de vento, possibilitou sentir no local uma agradável sensação térmica.

No período quente e seco em quase todos os dias e horários a sensação térmica apresentada foi muito quente, para o pesquisador a sensação térmica nos horários de 9h00min e 15h00min foi agradável e às 21h00min, quente em relação aos outros pontos medidos no mesmo horário.

PONTO G	Tabela de conforto humano segundo o diagrama de conforto humano (WMO, 2007)					
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007
09h00min	NV	NV	NV	NV	MQ	NV
15h00min	MQ*	NV	MQ	MQ	MQ	MQ
21h00min	MU	MU	MU	NV	NV	MQ*

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007. \* os valores se apresentam próximos ao limite com a região do diagrama de conforto humano que necessita de vento para conforto.

Tabela 36 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano.

A vegetação pode bloquear os ventos, quando não são observadas as suas características evitando que o local tenha um desempenho menor do que o esperado com a utilização da vegetação.

No entorno do ponto G é possível observar que a vegetação, tem características apresentadas conforme a situação da Fig. 46, não aproveita os benefícios dos ventos, mesmo que leves alternados por calmarias, formando uma área abrigada que poderia ter um melhor desempenho térmico.

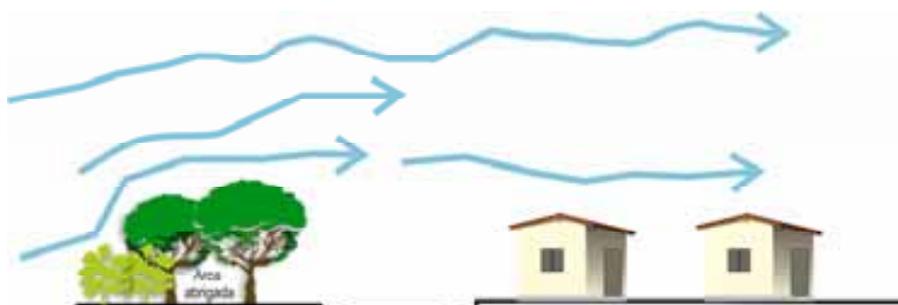


Figura 46 – Apresenta a situação no ponto G, pode ocorrer no período quente e úmido.  
Fonte: Luana Kallas

No ponto G, pode ocorrer a situação dos ventos demonstrados na Fig. 47 devido a irregularidade da direção dos ventos.

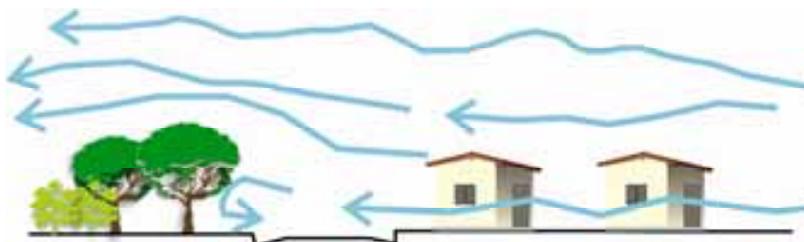


Figura 47 – Apresenta a situação no ponto G, no período quente e seco.  
Fonte: Luana Kallas.

Qualquer que seja a direção dos ventos, no ponto G, podem surgir um confinamento do ar quente e apresentar um microclima desagradável, tanto no período quente e úmido, como, principalmente, no período quente e seco, o mais crítico do ano.

A umidade do ar no ponto G tem valores parecidos com um ambiente que recebe insolação direta, como o ponto C, tabela 37, apresenta irregularidade nos valores da umidade, pois há momentos em que os valores são maiores que um ambiente desprovido de vegetação, e há momentos em que a umidade é menor, às 21h00min em qualquer período a umidade é semelhante ao ponto C.

PONTO G Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	67,8	62,8	67,8	72,1	45,9	58,9
15h00min	63,3	71,8	56	41,2	36,3	47,7
21h00min	84,7	85	96,1	74	59,7	58

Tabela 37 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto G.

A relação temperatura do ar e umidade relativa (gráfico 14) apresenta-se de forma característica quanto maior a temperatura do ar menor é a umidade relativa, problema acentuado no período quente e seco, que chega a 36,3% de umidade e temperatura do ar de 40,1°C, no dia 6 de outubro as 15h00min.

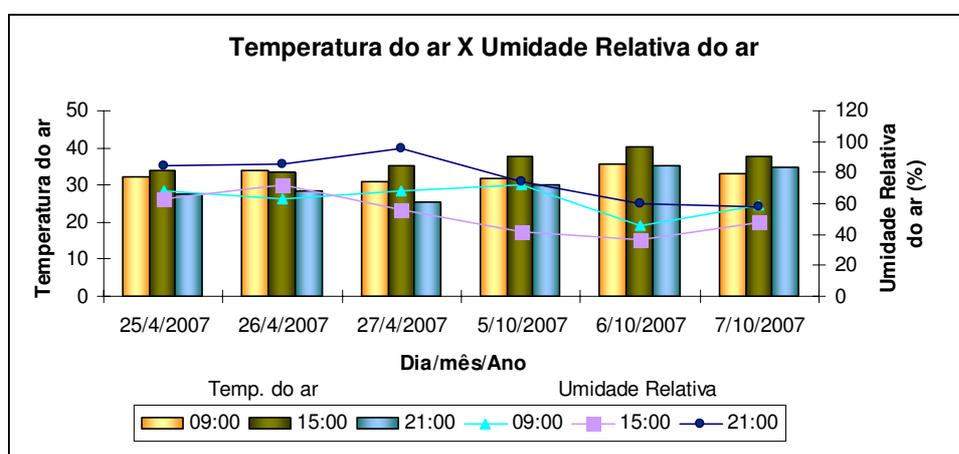
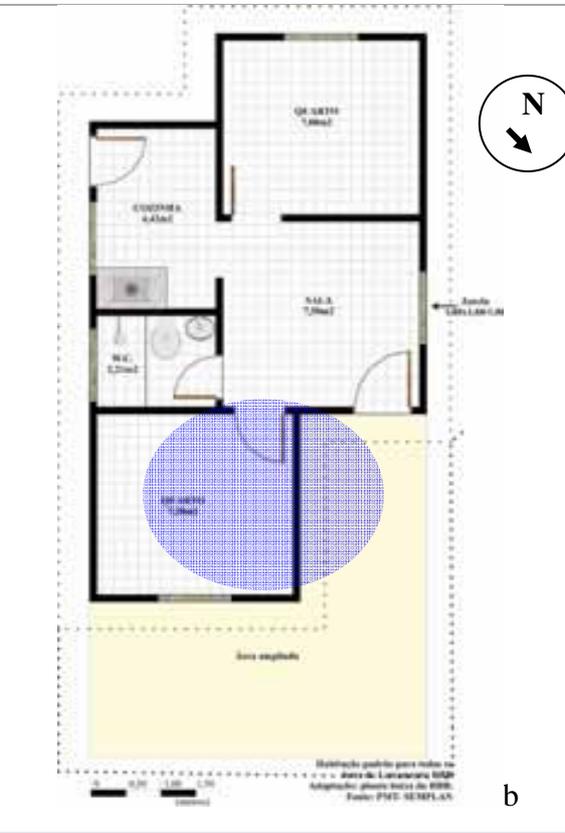


Gráfico 14 – Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar no ponto G.

## 6.1.8 Ponto H

O quadro 15 apresenta as características do Ponto H.

Ponto H	Entorno do ponto
 <p style="text-align: right;">a</p>	 <p style="text-align: right;">b</p>
<b>Revestimento do solo:</b> cerâmica	<b>Emissividade (<math>\epsilon</math>):</b> ---
<b>Características do entorno:</b> paredes em alvenaria, sem forro, telha de barro.	

Quadro 15 – Apresentação do Ponto H.

No Ponto H, as temperaturas do ar são muito próximas as levantadas em outros pontos do loteamento.

A tabela 38 apresenta a temperatura do ar, com amplitudes térmicas diárias de 8°C, no período quente e úmido. No período quente e seco, a amplitude térmica diária chega a 9,6°C.

PONTO H	Temperatura do ar (Termohigrômetro)						
	Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
	09h00min	*	34,4	29,7	32,4	35,7	35,7
	15h00min	37	34,5	33,1	38,1	39,5	39,6
	21h00min	25,6	26,3	25,6	28,5	32,4	31,1

\* valor não coletado.

Tabela 38 – Temperatura do ar (°C) no Ponto H.

A temperatura superficial, no Ponto H, apresenta valores parecidos com a temperatura superficial no Ponto G, a diferença está no material que recobre a superfície do solo, o albedo e as características do entorno, pois no ponto H, a superfície do solo é cerâmica, e, no ponto G, a superfície do solo é terra úmida.

A amplitude térmica da temperatura superficial, no período quente e úmido, varia entre os 3,9 e 4,8°C, com temperatura máxima de 28,5°C, e, no período quente e seco, a amplitude térmica da temperatura superficial varia entre 3 e 3,5°C, com máxima de 31°C, como pode ser visto na tabela 39.

PONTO H	Temperatura Superficial					
Horários	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	24,1	28,2	25,7	25,5	27	28
15h00min	28	28,5	28,1	29	30,4	31
21h00min	25,8	23,7	24,2	28	29	29,5

Tabela 39 – Temperatura superficial (°C) no Ponto H.

No gráfico 15, relação da temperatura do ar e a temperatura superficial, apresentou um desempenho parecido com o gráfico 13, referente ao ponto G, onde as temperaturas superficiais não acompanham na mesma proporção o aumento da temperatura do ar.

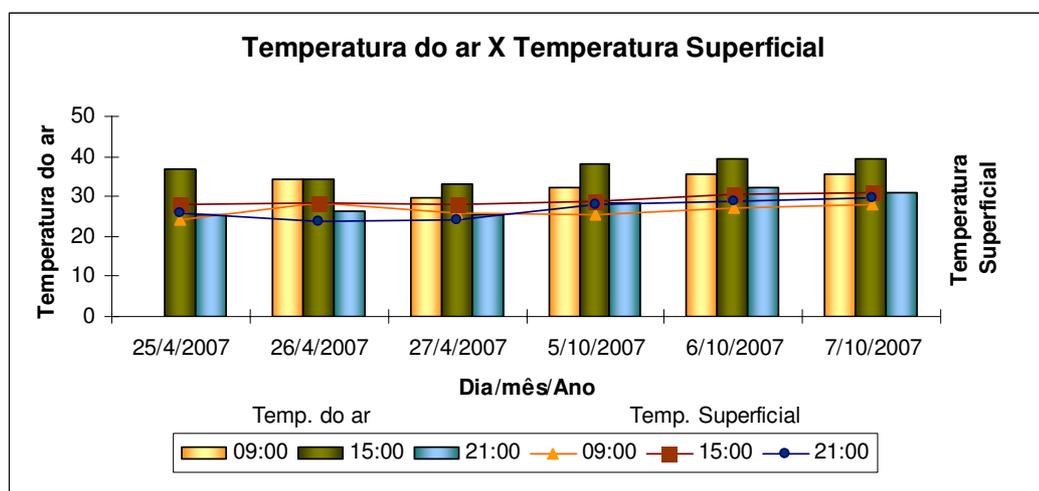


Gráfico 15 – Relação da temperatura do ar e temperatura superficial no ponto H.

O desempenho da habitação é praticamente nulo no que se refere aos ventos, com todas as portas e janelas abertas, como pode ser visto na tabela 40, a orientação da casa não é favorável a entrada dos ventos, e mesmo com a presença de ventos (irregulares) e de baixa velocidade, ainda não são capazes de melhorar o conforto na habitação, apesar de que a sensação térmica do morador, nos períodos de 9h00min e 21h00min, tenha sido agradável.

PONTO H Horários	Velocidade do vento					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	*	0	0,4	0,2	*	0
15h00min	0	0	0	0	0,6	0
21h00min	0	0	0	0	0	0

\* valores não medidos.

Tabela 40 – Velocidade dos ventos (m/s) no Ponto H.

O que pode ser visto pela tabela 41, na habitação, de acordo com o diagrama de conforto da WMO (2007), a sensação térmica é muito quente em quase todos os horários e períodos. Porém, a sensação térmica do morador e do pesquisador agradável para a maioria dos horários e períodos.

PONTO H Horários	Tabela de conforto humano segundo o diagrama de conforto humano (WMO, 2007)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min	-	MQ	MU	NV	MQ	NV
15h00min	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ
21h00min	MU	MU	MU	NV	NV	NV

Legenda: MU – muito úmido; MQ – muito quente; e NV- necessita de vento para o conforto. Fonte: WMO, 2007.

Tabela 41 – Conforto humano segundo o diagrama de conforto humano.

Para a umidade relativa os valores são apresentados na tabela 42 e a relação entre a umidade relativa e temperatura do ar é apresentada no gráfico 16 mostram umidades mais baixas para temperaturas mais altas.

PONTO H Horários	Umidade Relativa (Termohigrômetro)					
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
09h00min		62,3	79,4	69,8	46	51,8
15h00min	53,2	63,2	68,8	47,7	39,9	44
21h00min	96,4	93	97,6	81	67	67,8

Tabela 42 – Umidade relativa do ar (%) no Ponto H.

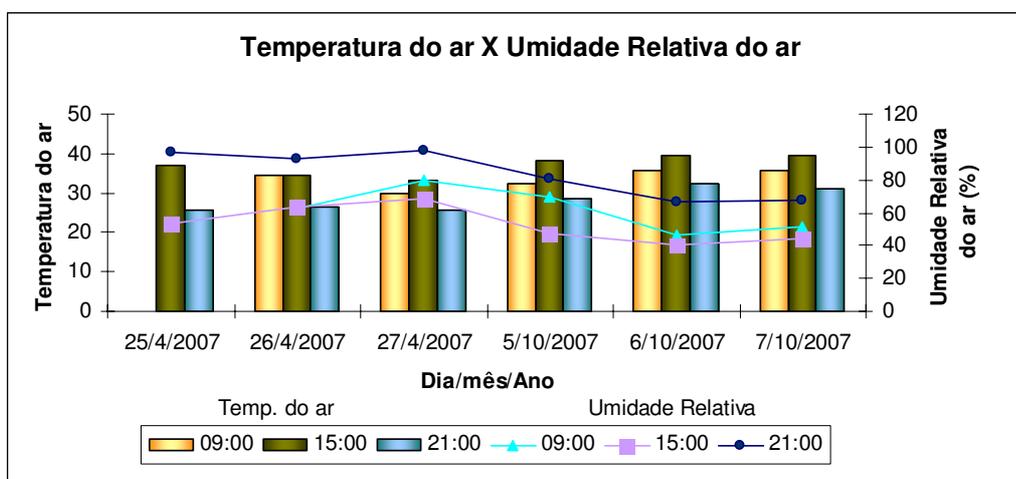


Gráfico 16 – Relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar no ponto H.

De acordo com a Carta Bioclimática de Givoni Fig. 48 no ponto H só se estabelece conforto utilizando-se de ar-condicionado para melhoria climática na habitação. A impressão do morador para sensação térmica é de conforto às 9h00min e às 21h00min para os meses de abril (período quente e úmido) e outubro (período quente e seco).

Quando as medições realizadas na habitação foram inseridas na Carta de Givoni, linhas pontilhadas da Fig. 47, mostrou-se a necessidade de utilização de ar condicionado para se alcançar o conforto (Zona 5).

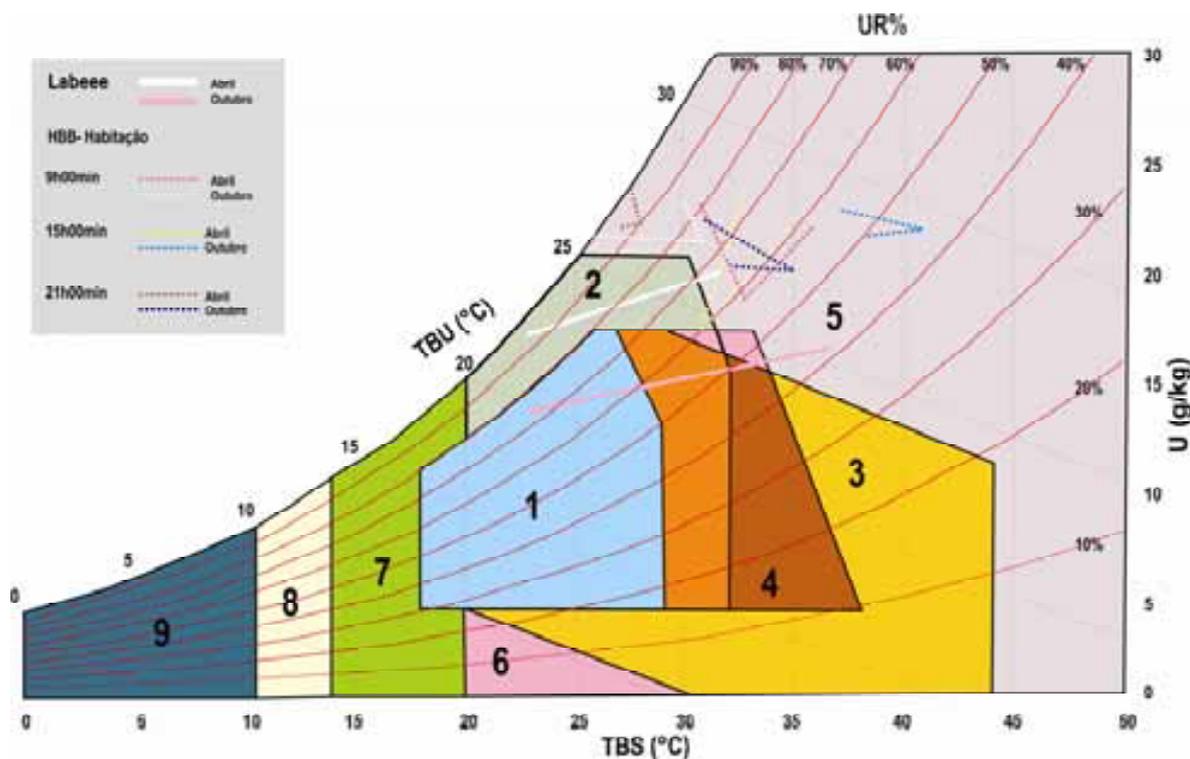


Figura 48 – Carta Bioclimática de Givoni adaptada medida no ponto H (Habitação).  
Fonte: UFSC (2007).

De acordo com a Fig. 48 mostrou-se que todas as medições realizadas no loteamento HBB se encontram fora da zona de conforto número 1; algumas medições na zona 2, que necessita de ventilação; e as demais medições na zona 5, que necessita de ar condicionado para se alcançar o conforto na habitação.

## 6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise das variáveis climáticas e da morfologia, ou, parâmetros bioclimáticos são suficientes para se obter resultados a respeito da implantação do Loteamento HBB.

Temperatura do ar, temperatura superficial, umidade relativa, direção e velocidade do vento foram analisadas separadamente, e depois, em grupo, para cada período do ano, assim foi possível caracterizar um microclima. Em cada ponto estudado do loteamento foram

levantadas as características morfológicas e dos materiais relacionado-as as variáveis climáticas. Todas as análises foram fundamentadas de acordo com as hipóteses relacionadas nesta pesquisa.

### 6.2.1 Ilhas de calor

Conforme descrito anteriormente, no capítulo 4, sobre o clima, as ilhas de calor podem ser evitadas, procurando o não adensamento das edificações, o aumento de áreas verdes, o albedo das superfícies, a geometria urbana permitindo a livre passagem dos ventos e evitando o confinamento do ar.

Para a avaliação das ilhas de calor no loteamento HBB foram usados os dados meteorológicos da estação da EMBRAPA (Apêndice E), que apresenta características rurais, e, portanto, podem apresentar valores mais característicos para as ilhas de calor.

Para o loteamento HBB, apesar de ser um desenho urbano não muito adensado, com geometria urbana onde  $W > H$ , menor seria o efeito das ilhas de calor, no entanto, como mostra as tabelas 43, 44, 45, 46, 47, 48 e 49 pontos A, B, C, D, E, F e G, respectivamente, onde as ilhas de calor chegam a intensidade muito forte, de acordo com a classificação de Gómez *et al*, tabela 1.

As ilhas de calor são maiores durante a noite, no horário das 21h00min, aproximadamente, em situações de ventos e céu descoberto, porém no HBB, ventos são irregulares para microescalas, de acordo com OKE (1987), e, portanto o microclima é bastante alterado, o céu nos dois períodos medidos, quente e úmido, e, quente e seco, apresentaram-se nublado para a classificação apresentada por Amorim (2006) onde o efeito deveria ser menor, no entanto, a intensidade apresentada chega a muito forte.

PONTO A						
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
Estação Móvel	25,8	26,4	26,3	29,3	33,6	31,8
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	-0,21	2,21	1,6	1,06	3,9	3,12

Tabela 43 - As ilhas de calor no ponto A (21h00min)

PONTO B						
	25/4/2007	26/4/2007	27/4/2007	5/10/2007	6/10/2007	7/10/2007
Estação Móvel	25,3	26,3	25,5	28,9	32,6	31,1
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	-0,71	2,11	0,8	0,66	2,9	2,42

Tabela 44 – As ilhas de calor no ponto B (21h00min)

<b>PONTO C</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	26,1	26,5	25,5	29,3	34,3	32
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	0,09	2,31	0,8	1,06	4,6	3,32

Tabela 45 – As ilhas de calor no ponto C (21h00min)

<b>PONTO D</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	25,5	26,2	27,4	33,5	31,1	30,9
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	-0,51	2,01	2,7	5,26	1,4	2,22

Tabela 46 – As ilhas de calor no ponto D (21h00min)

<b>PONTO E</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	25,6	26,1	26,4	30,9	31,5	30,7
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	-0,41	1,91	1,7	2,66	1,8	2,02

Tabela 47 – As ilhas de calor no ponto E (21h00min)

<b>PONTO F</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	25,6	26	26,4	31,4	30,8	30,6
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	-0,41	1,81	1,7	3,16	1,1	1,92

Tabela 48 – As ilhas de calor no ponto F (21h00min)

<b>PONTO G</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	27,5	28,5	25,6	30,2	35,3	34,8
Estação de Referência	26,01	24,19	24,7	28,24	29,7	28,68
Resultado	1,49	4,31	0,9	1,96	5,6	6,12

Tabela 49 – As ilhas de calor no ponto G (21h00min)

A cobertura vegetal também pode impedir as perdas noturnas de calor, do terreno para o céu; nos locais descobertos as perdas são maiores, como pode ser visto nos pontos A, B, C e E, espaços abertos, as ilhas de calor são menores. Já nos pontos D, F e G onde os espaços são fechados, com menor visão do céu, as ilhas de calor são maiores.

O resultado dos valores para ilhas de calor é mais intrigante, no ponto G, ponto de presença de vegetação, mas que apresentou uma intensidade muito forte para ilha de calor.

Outro fato intrigante é que de acordo com Silveira (2007, p.48) as ilhas de calor são maiores no durante a noite, no entanto, o efeito das ilhas de calor às 9h00min se apresentaram tão intensas quanto às 21h00min, conforme tabelas 50, 51, 52, 53, 54, 55 e 56.

<b>PONTO A</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	27,9	32,6	28,7	32,8	35,1	34,2
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	1,29	3,41	2,47	7,42	6	4,36

Tabela 50 – As ilhas de calor no ponto A (9h00min)

<b>PONTO B</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	25,5	36,1	29,2	33,3	35,3	35,6
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	-1,11	6,91	2,97	7,92	6,2	5,76

Tabela 51 – As ilhas de calor no ponto B (9h00min)

<b>PONTO C</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	32,2	34,8	29,6	31,7	35	34,2
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	5,59	5,61	3,37	6,32	5,9	4,36

Tabela 52 – As ilhas de calor no ponto C (9h00min)

<b>PONTO D</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	30,8	27,2	28,3	28,6	32,3	34,8
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	4,19	-1,99	2,07	3,22	3,2	4,96

Tabela 53 – As ilhas de calor no ponto D (9h00min)

<b>PONTO E</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	29,6	29,1	28,4	30,4	33	34,7
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	2,99	-0,09	2,17	5,02	3,9	4,86

Tabela 54 – As ilhas de calor no ponto E (9h00min)

<b>PONTO F</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	30,5	30,7	28,7	31,8	33,4	35,4
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	3,89	1,51	2,47	6,42	4,3	5,56

Tabela 55 – As ilhas de calor no ponto F (9h00min)

<b>PONTO G</b>						
	<b>25/4/2007</b>	<b>26/4/2007</b>	<b>27/4/2007</b>	<b>5/10/2007</b>	<b>6/10/2007</b>	<b>7/10/2007</b>
Estação Móvel	32,2	33,8	31,1	31,6	35,4	33,1
Estação de Referência	26,61	29,19	26,23	25,38	29,1	29,84
Resultado	5,59	4,61	4,87	6,22	6,3	3,26

Tabela 56 – As ilhas de calor no ponto G (9h00min)

As ilhas de calor às 21h00min registradas no HBB são maiores no período quente e seco (2º semestre) do que no período quente e úmido (1º semestre), de acordo com os dados levantados podemos afirmar que a determinante para a maior intensidade da ilha de calor de um período para o outro é exatamente a maior diferença de temperatura do ar entre o ponto medido e a estação de referência, fato também observado nas medições às 9h00min.

### 6.2.2 Conforto

Os dados das medições de todos os pontos foram inseridos na Carta bioclimática de Olgyay e no Diagrama de Conforto Humano. Na Carta Bioclimática foram encontradas as situações apresentadas na Fig.49, onde os pontos verdes representam as medições no mês de abril e os pontos vermelhos apresentam as medições no mês de outubro.

A situação encontrada no Loteamento HBB é de necessidade de ventos em todos os pontos, assim como, necessidade de sombra para se alcançar uma situação próxima ao conforto, pois de acordo com Frota & Schiffer (2000,p.146), em localidades onde a temperatura externa é superior ao limite do conforto humano de 28°C, não é possível garantir, dentro de construções, temperaturas na faixa de conforto humano utilizando apenas recursos naturais, porém, é possível adaptar a edificação para receber a menor insolação possível, para receber o menor ganho de calor solar mínimo.

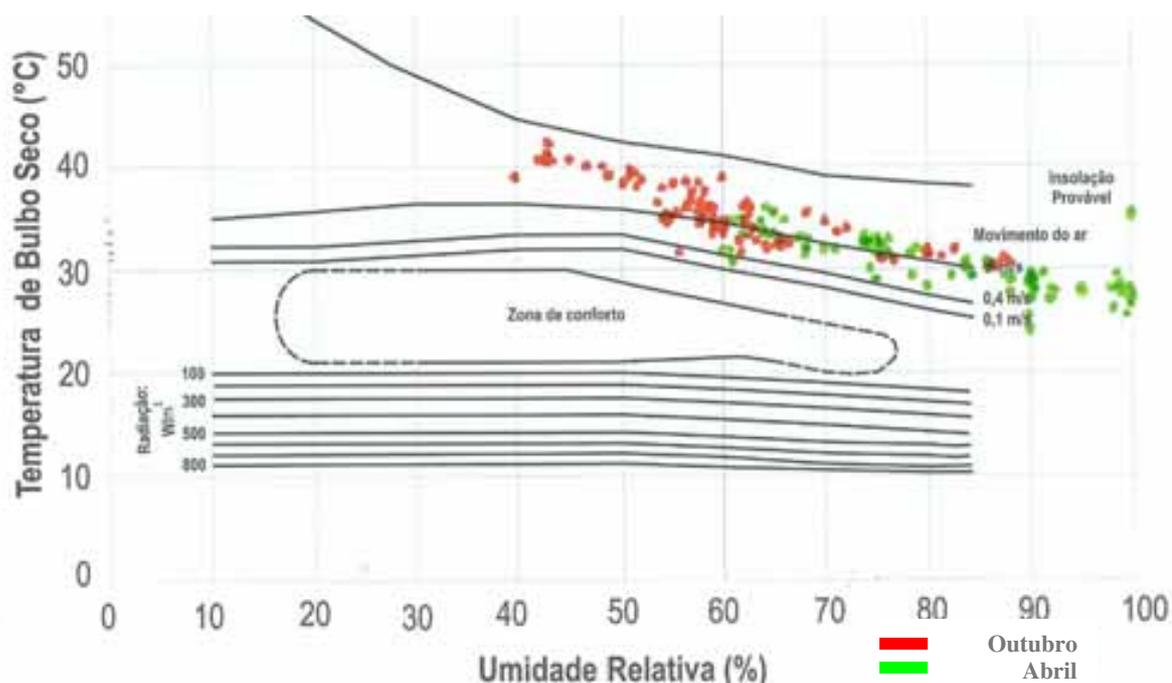


Figura 49 – As medições climáticas do HBB, nos meses de abril e outubro (todos os horários) inserido na Carta Bioclimática de Olgyay. Fonte: Frota & Schiffer (2000)

As tabelas apresentadas segundo o Diagrama de Conforto Humano, Fig. 50 não há conforto para em nenhum dos pontos analisados, embora a sensação do pesquisador e do morador discordem desses resultados do Diagrama, pois a sensação de conforto é caracterizada pela adaptabilidade do ser humano a um determinado clima, pois como descreveu Gouvêa (2002, p. 48) “[...] cada grupo social tem diferentes padrões de conforto, apesar do ser humano ter limites bem definidos. Entretanto, não é difícil imaginar as diferenças entre um alemão de Berlim e um pigmeu africano, ou de um tuaregue do deserto do Saara e um esquimó, pois seus hábitos alimentares, suas vestimentas e atividades são muito diferentes.”

A impressão registrada pelo pesquisador e pelo morador de uma sensação térmica agradável, levando-se em consideração a adaptação do corpo humano ao lugar, não é a mesma sensação registrada pelos resultados dos levantamentos climáticos aplicados na Carta Bioclimática e no Diagrama de conforto Humano, pois estes determinam necessidades de vento e sombreamento para se alcançar o conforto.

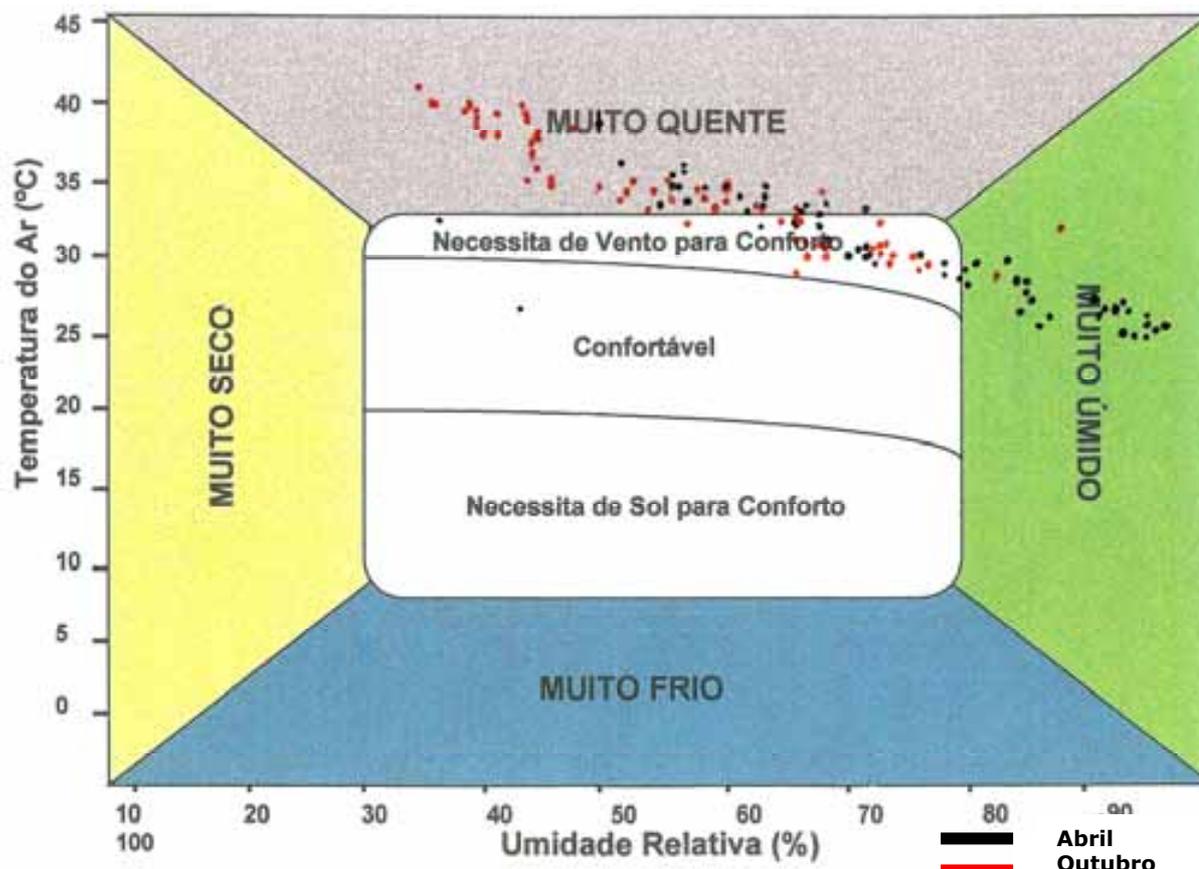


Figura 50 – Medições climáticas nos meses de abril e outubro inseridas no Diagrama de Conforto humano.  
Fonte: INMET (2007)

Para o sombreamento a utilização de sombras naturais como arborização, entretantes é importante salientar que a arborização deve ser de grande porte, frondosa para permitir a livre passagem dos ventos e não provocar confinamento do ar quente.

Para um melhor desempenho do loteamento em relação ao conforto térmico humano são necessárias a umidificação dos espaços no período quente e seco, o sombreamento natural, pois a utilização da arborização, além de sombrear também ajuda na umidificação dos espaços e ainda promove a canalização de ventos quando bem orientados em relação aos ventos dominantes.

### 6.3 ADEQUAÇÃO BIOCLIMÁTICA NA ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO LOTEAMENTO HBB

No desenho urbano, como na arquitetura, devem-se buscar condições climáticas ideais para o meio natural e o construído interagirem com o homem, criando uma cidade equilibrada e sustentável, capaz de reestruturar um ecossistema, através da utilização do ambiente externo natural a seu favor.

Os princípios da sustentabilidade e da bioclimatologia exigem um maior conhecimento do local, através do estudo de seu clima e sua vegetação, para sua melhor empregabilidade. Neste trabalho tem como objetivo a aplicabilidade destes princípios para avaliação do loteamento HBB.

Os cuidados com o estudo das variáveis climáticas, que determinam o microclima do loteamento, como a temperatura do ar, temperatura superficial, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, e aspectos ambientais como a topografia, a disposição do loteamento, a vegetação são relacionados para se obter o desempenho térmico do estudo de caso.

Em seguida, são apresentadas duas tabelas, tabela 57 e 58, a fim de sintetizar as principais características do desempenho térmico do loteamento.

De acordo com a tabela 57, média das variáveis climáticas para o mês de abril para todos os pontos do loteamento HBB, o ponto mais quente estabelecido às 9h00min foi o ponto C, situado na maior elevação do loteamento com poucas barreiras, com ventos leves. O ponto E apresentou maior intensidade de ventos, mas não o suficiente para se alcançar o conforto, apresentou-se como o ponto de menor temperatura do ar neste horário. O ponto G, embora com menor temperatura superficial, o que potencialmente diminuiria a temperatura do ar, no entanto, apresentou-se com maior temperatura do ar devido ao confinamento da vegetação existente.

Às 15h00min, as temperaturas superficiais e do ar foram maiores que às 9h00min, os ventos apresentou-se em menor quantidade e intensidade, exceto no ponto E, livre de barreiras. Neste horário, o ponto B apresentou-se uma maior temperatura do ar, e no ponto C a temperatura superficial apresentou-se maior. A umidade relativa tanto às 9h00min como às 15h00min apresentou-se entre 59,2 e 79,6%.

Nos horários de 21h00min, as temperaturas superficiais caíram abaixo de 27°C e as temperaturas do ar abaixo de 26,4°C, a umidade relativa do ar elevou-se bastante, tornando o ambiente muito úmido. Neste horário, no ponto G, a temperatura superficial e do ar em que são menores não foram suficientes para se estabelecer conforto pois a inexistência de ventos apresentou um ar muito úmido.

Em todos os horários medidos, não houve conforto estabelecido apresentado pelas cartas estudadas neste trabalho, os ventos foram classificados entre calmarias a brisa leve, insuficientes para se alcançar o conforto térmico humano. A umidade quase sempre elevada em quase todos os horários. A presença e a disposição atual da vegetação não foram suficientes para melhoria climática do ambiente, como apresentado no ponto G.

O ponto E, apesar de não possuir características adequadas foi o ponto que apresentou melhor desempenho, pois devido à inexistência de barreiras em um raio de 5 metros, situação oportuna para existência de ventos mais fortes, permitiu que neste ponto os ventos tivessem ocorrido com maior intensidade que em outros, exceto ao anoitecer, horário em que poucos ventos ocorreram no referido local. Embora o local estivesse exposto a radiação solar direta apresentou uma temperatura intermediária em relação às demais medições.

O ponto F, bastante semelhante ao ponto E, em características do entorno, apresentou-se com temperatura superficial menor, devido a situação do ponto F estar sob uma árvore, porém apresentou-se temperatura do ar maior que o ponto E, em todos os dias medidos do mês de abril de 2007.

<b>9h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	29,7	28,30	64,6	0,9	concreto
B	30,3	30,50	74,3	0,8	Concreto
C	32,2	37,83	67,9	0,5	Paralelepípedo
D	28,8	28,80	79,6	0,7	Terra
E	29,0	30,6	79,4	1,0	Terra
F	30,0	28,5	75,0	0,2	Terra
G	32,4	25,7	66,1	0,2	Terra/grama
H	32,1	26	70,9	0,2	cerâmica
<b>15h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	34,5	41,97	60,4	0,2	concreto
B	35,0	40,73	59,9	0,4	Concreto
C	34,2	43,33	64,9	0,3	Paralelepípedo
D	31,3	34,50	67,5	0,6	Terra
E	33,5	39,9	59,2	1,6	Terra
F	34,6	33,3	59,5	0,4	Terra
G	34,2	27,7	63,7	0,4	Terra/grama
H	34,9	28,2	61,7	0,0	cerâmica
<b>21h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	26,2	24,67	93,1	0,2	concreto
B	25,7	23,90	94,9	1,4	Concreto
C	26,0	26,77	75,4	0,7	Paralelepípedo
D	26,4	25,93	90,0	0,9	Terra
E	26,0	25,8	92,6	0,6	Terra
F	26,0	24,9	93,6	0,1	Terra
G	27,2	22,7	88,6	0,2	Terra/grama
H	25,8	24,6	95,7	0,0	cerâmica

Tabela 57 – Média do mês de abril em todos os pontos do loteamento HBB.

De acordo com a tabela 58, média das variáveis climáticas do mês de outubro em todos os pontos medidos no loteamento HBB, pode-se afirmar que os valores absolutos de temperaturas superficiais e temperaturas do ar são mais elevadas que no mês de abril para o horário de 9h00min.

O ponto G apresentou-se com menor temperatura superficial, devido a proteção natural da vegetação, no entanto, sua temperatura do ar não diminuiu, a umidade relativa do ar apresentou-se abaixo dos 60%, e somente com a presença de ventos o ambiente apresentou uma sensação térmica agradável, fato observado pelo pesquisador, mas como os ventos não são constantes o desconforto foi intenso. Os pontos expostos à radiação solar apresentaram temperaturas superficiais de 48,6°C, devido ao material escuro que possui emissividade maior que a de um material claro.

No geral, as temperaturas elevadas e a umidade baixa propiciam um ambiente desconfortável, como os ventos não ocorrem com frequência, não se é possível, no período quente e seco, esperar que os ventos ocorram para se alcançar o conforto.

Tabela 03 – Média do mês de outubro em todos os pontos do loteamento HBB.

<b>9h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	34,0	35,50	57,9	1,4	concreto
B	34,7	36,50	54,1	2,4	Concreto
C	33,6	48,67	63,0	1,6	Paralelepípedo
D	31,9	28,33	63,6	2,2	Terra
E	32,7	37,0	61,8	0,9	Terra
F	33,5	35,0	59,8	1,6	Terra
G	33,4	25	59,0	1,1	Terra/grama
H	34,6	26,8	55,9	0,1	cerâmica
<b>15h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	39,8	47,67	39,2	1,9	concreto
B	39,4	42,17	42,3	0,5	Concreto
C	39,4	55,80	40,2	1,2	Paralelepípedo
D	38,3	37,50	42,6	0,8	Terra
E	37,8	43,5	43,9	2,4	Terra
F	38,8	39,3	41,8	0,8	Terra
G	38,5	29,2	41,7	0,7	Terra/grama
H	39,1	30,1	43,9	0,2	cerâmica
<b>21h00min</b>					
<b>Ponto</b>	<b>Temperatura ar (°C)</b>	<b>Temperatura superficial (°C)</b>	<b>UR (%)</b>	<b>Ventos (m/s)</b>	<b>Material da superfície</b>
A	31,6	28,67	68,0	0,8	concreto
B	30,9	27,33	68,8	0,8	Concreto
C	31,9	32,17	66,4	1,5	Paralelepípedo
D	31,8	27,17	67,2	1,1	Terra
E	31,0	28,7	70,6	0,6	Terra
F	30,9	27,2	70,8	1,1	Terra
G	33,4	25	63,9	0,4	Terra/grama
H	30,7	28,8	71,9	0,0	cerâmica

Tabela 58 – Média do mês de outubro em todos os pontos do loteamento HBB.

Conforme os resultados deste trabalho podemos dizer que o objetivo geral foi alcançado com análise de implantação do loteamento HBB, baseado na avaliação pós-

ocupação de conforto ambiental, considerando aspectos de sustentabilidade e adequação bioclimática, utilizando-se das variáveis climáticas como temperaturas superficiais e do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos, a topografia, a radiação, a latitude, a presença de água, a vegetação.

Este trabalho propõe objetivos gerais como o diagnóstico decorrente do desenho urbano do loteamento para possíveis problemas de desconforto térmico. Podendo-se afirmar que a partir das medições realizadas no loteamento foi detectado um desconforto térmico em todas as localidades estudadas.

Em relação ao estudo da unidade habitacional em relação ao desenho do loteamento por meio de levantamento de dados climáticos, não se chegou a conclusão, pois a unidade habitacional de estudo encontrava-se em uma vertente inclinada no loteamento, sendo necessário estudos de outras unidades habitacionais com disposições diferenciadas para se obter parâmetros de análise.

Sendo assim, podemos ainda afirmar que o desenho estabelecido no loteamento HBB de declividade acentuada é inadequada para loteamentos habitacionais e deve-se tomar cuidado com a disposição da vegetação para não se formar barreiras contra os ventos.

Os materiais que recobrem a superfície do solo, como o paralelepípedo escuro tem elevada emissividade e contribui para um aumento de temperatura superficial e da temperatura do ar.

O desempenho térmico do loteamento pode ser melhorado adequando os espaços conforme os princípios da sustentabilidade e da bioclimatologia, que mesmo em regiões de clima quente como Teresina, difíceis de utilizar a climatização natural para se alcançar o conforto térmico humano, é possível amenizar o desconforto com introdução de sombras naturais, como vegetação, e água nos períodos de tempo quente e seco.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características físico-ambientais como a hidrografia, a topografia, o solo, o próprio clima, a vegetação, orientação solar e dos ventos podem possibilitar espaços climaticamente confortáveis quando incluídos na concepção dos desenhos urbanos.

Portanto, pode-se estabelecer que toda ação antrópica resulte em uma modificação climática, na qual a principal ou a mais evidente é a modificação vegetal, através dos desmatamentos, para o estabelecimento dos empreendimentos da urbanização, que ainda são realizados aos moldes coloniais, privando o desenho urbano de qualquer vestígio de vegetação.

Na urbanização da cidade, as relações do ambiente regional com os agentes modificadores do espaço e o fator social, que alteram toda a dinâmica dos elementos atmosféricos estabelecem o clima urbano.

Os aspectos ambientais e fatores ambientais devem ser levados em consideração para um desenho urbano adequado a cada região e clima, a fim de colaborar para um desenvolvimento saudável e sustentável das cidades e, portanto, uma melhor qualidade ambiental para Teresina.

Dividindo o clima em três níveis: macroclimático, mesoclimático e microclimático se estabelecem parâmetros para estudo. Assim consideramos para esta pesquisa o nível microclimático, pois estudamos sistemas ambientais particulares e a modificação dos elementos climáticos. É o nível que atua em áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão como o objeto de estudo desta pesquisa, o loteamento HBB.

No estudo do microclima podemos identificar os efeitos das ilhas de calor que podem ser evitadas observando o não adensamento das edificações, um aumento de áreas verdes e uma geometria urbana que permita a livre passagem dos ventos a fim de evitar o confinamento do ar.

Nesta pesquisa o estudo sobre as ilhas de calor se tornou fator importante para identificar aspectos negativos dos pontos analisados no loteamento e se ocorreram em maior intensidade durante a ocorrência de fenômenos climáticos.

No entanto, a descoberta de efeitos como ilhas de calor e dos fenômenos climáticos são necessários o conhecimento anterior dos elementos e fatores climáticos que serviram de base fundamental para o entendimento das diferenças climáticas entre regiões e, em especial, a região de estudo desta pesquisa, Teresina.

A ocorrência dos fenômenos climáticos, El Niño e La Niña podem acentuar o desconforto em Teresina, contudo, seus efeitos foram de baixa intensidade o que não identifica se existe maior desconforto durante uma atuação intensa dos fenômenos citados.

Os trabalhos como o de Olgyay, o diagrama de conforto da WMO e a Carta Bioclimática sugerida por Givoni estabelecem uma zona de conforto para o ser humano e o seu conhecimento pode identificar possíveis correções em momentos de desconforto.

Correções com adequação bioclimática na arquitetura e no desenho urbano podem proporcionar conforto humano nos espaços, por meio da aplicação dos princípios sustentáveis e a observação das variáveis climáticas para um projeto adequado à região.

A preocupação com a vegetação e o clima são, principalmente, os mais relevantes dentre todas as características climáticas, pois são capazes de promover um espaço urbano de melhor qualidade ambiental.

Com o conhecimento da dinâmica urbana de Teresina e do seu clima urbano é possível um melhor entendimento do estudo de caso desta pesquisa como valores de referência e comparação para a análise das variáveis climáticas do loteamento HBB.

No início deste trabalho foram lançadas algumas hipóteses, com a análise dos resultados chegamos a algumas conclusões a respeito como o desenho urbano do loteamento HBB não foi elaborado visando um ambiente urbano saudável, identificado com a análise dos pontos medidos e a inexistência de conforto térmico humano quesito fundamental para um ambiente saudável.

Outras hipóteses foram comprovadas como a inexistência de vegetação no loteamento colabora para um ambiente desconfortável aumentando a temperatura do ar no local, os materiais utilizados na infra-estrutura do loteamento, como no recobrimento da superfície do solo também contribuem para aumentar a temperatura do ar no local e aumentar o desconforto humano, e a existência do efeito de ilhas de calor confirmam que o desenho urbano do Loteamento HBB pode colaborar para aumentar a temperatura do ar no local e aumentar o desconforto humano.

Podemos confirmar que para melhorias tanto no desenho urbano, como na arquitetura, devem-se buscar condições climáticas ideais para o meio natural e o construído interagirem com o homem, criando uma cidade equilibrada e sustentável, capaz de reestruturar um ecossistema, através da utilização do ambiente externo natural a seu favor.

A intensa insolação que Teresina recebe pode ser observada a fim de se inserir elementos para bloquear a insolação, bem como evitar a inserção de habitações em vertentes inclinadas, pois estas recebem uma maior radiação solar.

Implantar cidades e edificações observando a orientação solar adequada e os ventos dominantes tirando partido dos mesmos, para reduzir a temperatura do ar, utilizar pilotis para aumentar a velocidade do ar e sombrear a cidade.

Mesmo a presença de superfícies de água em Teresina, com a presença de dois rios, não são suficientes para melhorar os problemas de secura do ar, principalmente, no período quente e seco. Mas também, não podemos afirmar que se não fossem a existência dos rios, talvez, Teresina estivesse com umidades relativas muito abaixo de 40% piorando o desconforto térmico humano.

A vegetação nativa em Teresina está bastante comprometida, principalmente, em áreas urbanas coletivas, a inclusão de vegetação arbórea em vias urbanas pode contribuir para diminuir a temperatura do ar, devido ao aumento da umidade relativa, muito importante no período quente e seco.

O ideal é implantar vegetações com alturas superiores à edificação, para sombrear e resfriar a habitação e permitir que os ventos passem na altura do indivíduo como na Fig. 51.



Figura 51 – O uso da vegetação correta no desenho urbano do loteamento HBB para um melhor conforto climático humano. Fonte: Luana Kallas. (2007)

Utilizar-se de fontes de água no período quente e seco e trabalhar edificações e a vegetação como elementos de “sombra urbana” utilizando os pilotis, as marquises, galerias, pergolados para protegerem o pedestre dos rigores do clima, apesar da dificuldade de se utilizar da climatização natural para se alcançar o conforto térmico humano em regiões de clima como o de Teresina.

No ambiente urbano do loteamento HBB, mostra-se árido devido à falta da vegetação, que de acordo com as medições apresentou-se sempre com temperaturas elevadas, no entanto, a presença da vegetação disposta adequadamente é possível impedir a formação de ilhas de calor e tornar o loteamento climaticamente confortável.

Outras observações podem ser feitas em relação às habitações inseridas no loteamento, como a utilização de coberturas ventiladas e inserção de vegetação no entorno podem melhorar o desempenho da edificação como na Fig. 52.



Figura 52 – O uso adequado da vegetação em regiões de tempo quente e úmido, e, quente e seco.  
Fonte: Luana Kallas (2007).

Além da utilização de sombras vegetais no desenho urbano do loteamento, pode-se lançar mão de sombras construídas e abertas, como pergulados em áreas de convívio da comunidade como praças e ao longo dos passeios, além da arborização das vias, considerando as questões do gabarito da arborização para não bloquear/ confinar os ventos e a utilização de água para no período quente e seco.

Para esta pesquisa não foi possível saber a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, visto que no período de medições da pesquisa eles ocorreram de forma enfraquecida, seria necessário, medições nos próximos períodos de sua ocorrência para comparação, até que ocorram os fenômenos de forma intensa.

Outros trabalhos a partir deste podem ser aprofundados como o estudo de várias unidades habitacionais a fim de se obter a relação do desempenho térmico da unidade habitacional e o desenho urbano.

Estudar quais as melhores vegetações para o espaço urbano, a partir de levantamentos climáticos, para um melhor desempenho do desenho urbano frente ao conforto térmico humano e a qualidade ambiental.

Para futuros empreendimentos do mesmo nível que o loteamento HBB deve-se levar em consideração espaços com pouca declividade, pois vertentes muito inclinadas recebem maior radiação solar e são espaços mais quentes que podem proporcionar desconforto.

Incluir na concepção de projeto a orientação solar, dos ventos dominantes, da água, a presença de vegetação e sua correta inserção no desenho urbano e um manejo ambiental das

áreas a serem loteadas, não fazendo uso da política de “terra arrasada” para não provocar impactos negativos no ambiente urbano.

A influencia do clima e da vegetação na cidade e na qualidade de vida das pessoas são propostas neste trabalho na forma de recomendações que podem ser utilizadas pelos arquitetos, urbanistas e profissionais da área a fim de incorporar princípios de sustentabilidade e da bioclimatologia no desenho urbano para a melhoria da qualidade ambiental das cidades.

## REFERÊNCIAS

ABIKO, Alex Kenya. ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social*. São Paulo: FAUUSP,2002. (Coletânea Habitare/FINEP,1).373p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Norma nº 15220: Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro; ABNT, 2005.

BRANDÃO. Ana Maria de Paiva Macedo. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. MENDONÇA, Francisco. *Clima Urbano*. São Paulo: Contextos, 2003.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. *Qualidade ambiental*. Disponível em: [http://www.abrasil.gov.br/avalppa/relavalppa2002/content/av\\_prog/182/prog182.htm](http://www.abrasil.gov.br/avalppa/relavalppa2002/content/av_prog/182/prog182.htm) Acesso em: Fevereiro. 2008.

BRUNDTLAND Bericht, *Our common future*. Oslo, 1987. 318 p. Disponível em:< [http://www.are.admin.ch/are/en/nachhaltig/international\\_uno/unterseite02330/](http://www.are.admin.ch/are/en/nachhaltig/international_uno/unterseite02330/). Acesso em: 13/07/2006.

CASTELO BRANCO, Aline Elvas. Urbanização e clima em Teresina. *Cadernos de Teresina*. ANO XV N° 35. Teresina: Fundação Cultural Monsenhor Chaves. Março/ 2003.

CHAVES, Monsenhor. *Obra completa*. Prefácio de Teresina Queiroz. 2ª edição. Teresina: Fundação Cultural Monsenhor Chaves, 1998. 639p.

COHAB-PI. Governo do Estado do Piauí. Relatórios. *Políticas habitacionais no Brasil*. 2007.

COSTA, Lúcio. *Arquitetura*. Rio de Janeiro: José Olympio, 2002.

DA SILVA, José de Fátima. *El Niño - O fenômeno climático do século*. Brasília : Thesaurus, 2000.139 p.

DEL RIO, Vicente. *Introdução ao desenho urbano no processo do planejamento*. São Paulo: PINI, 1990. 198 p.

EMBRAPA, Meio-Norte. *Dados agrometeorológicos para o município de Teresina, PI (1980-1999)*. 2000.

EMBRAPA, Meio-Norte. *Boletim agrometeorológicos do ano de 2000 para o município de Teresina, PI*. 2001.

EMBRAPA, Meio-Norte. *Boletim agrometeorológicos do ano de 2001 para o município de Teresina, PI*. 2002.

EMBRAPA, Meio-Norte. *Boletim agrometeorológicos do ano de 2002 para o município de Teresina, PI*. 2003.

EMBRAPA, Meio-Norte. *Boletim agrometeorológicos do ano de 2003 para o município de Teresina, PI*. 2004.

FAÇANHA, Antônio Cardoso. *Evolução urbana de Teresina: Agentes, Processos e formas espaciais da cidade*. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

FERNANDES, António Manuel C. P. *Clima, Homem e Arquitetura*. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006. (Coleção Sala de Aula- Arquitetura)

FOLHA ONLINE. *Suprir déficit habitacional custaria R\$ 461 bi até 2010, aponta estudo*. Disponível em > <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u302251.shtml>> Acesso em: 19/01/2008.

FRANCO, Maria A R.. *Desenho Ambiental*. São Paulo: Annablume Editora, 1997.

FROTA, Anésia Barros. SCHIFFER, Sueli Ramos. *Manual de Conforto Térmico*. 4ª Ed. São Paulo: Studio Nobel. 2000.

GOUVÊA, Luiz Alberto. *Biocidade: Conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto*. São Paulo: Nobel, 2002.

\_\_\_\_\_. *A cidade sustentável: Planaltina..* In: PAVIANI, Aldo. Gouvêa, Luiz Alberto de Campos. (orgs.). *Brasília: Controvérsias ambientais*. Brasília: Editora de Brasília, 2003. p. 301-316.

HOLANDA, Armando de. *Roteiro para construir no Nordeste: Arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Urbano. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1976.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Brasil em síntese*. Disponível em:< [http://www.ibge.gov.br/brasil\\_em\\_sintese/default.htm](http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/default.htm) >. Acesso em: 13/07/2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico de pedologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2007.

INMET. *Diagrama do Conforto térmico*. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=/html/clima/conforto\\_term/index.html](http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=/html/clima/conforto_term/index.html)> Acesso em: 20 de dezembro de 2007.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2000.

LAMBERTS, Roberto. DUTRA, Luciano. PEREIRA, Fernando O. R.. *Eficiência energética na arquitetura*. 2ª. Edição revisada. São Paulo: ProLivros, 1997.

MASCARÓ, Juan Luis. *Loteamentos Urbanos*. Porto Alegre: Luis Mascaro, 2003.

\_\_\_\_\_. YOSHINAGA, Mário. *Infra – estrutura urbana*. Porto Alegre: Luis Mascaro, 2005. 207 p.

MENDONÇA, Francisco. DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. *Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

\_\_\_\_\_. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológicos e estudos de caso. In: *Variabilidade e mudanças climáticas*. 1995. p. 167-191.

MOTA, Suetônio. *Urbanização e meio ambiente*. 3ª. Ed. Rio de Janeiro:ABES, 2003. 356 p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. MENDONÇA, Francisco. *Clima Urbano*. São Paulo: Contextos, 2003.

MATERIAL DIDÁTICO. AMORIM, Cláudia Naves. *Alguns dados climáticos para Brasília*. Disciplina: Ateliê de Tecnologia. UnB. 2006.

MATERIAL DIDÁTICO. BEZERRA, Maria do Carmo de Lima. *A questão urbana no contexto do desenvolvimento sustentável : O desafio da implementação de um planejamento estratégico e participativo*. Disciplina: Espaço e Meio Ambiente. UnB. 2006.

MATERIAL DIDÁTICO. ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Protótipo para Clima Tropical de Altitude*. Laboratório LaSUS. UnB. 2006.

NASCIMENTO, Francisco Alcides do. *A cidade sob o Fogo: Modernização e violência policial em Teresina (1937-1945)*. Teresina: Fundação Cultural Monsenhor Chaves, 2002. 299p.

OKE, T. R. *Boundary Layer climates*. Londres: Routledge, 1987.

\_\_\_\_\_. *Initial guide to obtain representative meteorological observations at urban sites*. Genebra: WMO, 2004.

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y clima - Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. 2ª Edição. Barcelona: Editorial Gustavo Gili SA, 2002.

ORNSTEIN, Sheila Walbe. ROMÉRO, Marcelo de Andrade. *Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social*. Porto Alegre :ANTAC, 2003.(Coleção Habitare)

RIBEIRO, Antonio Giacomini. *As escalas do clima*. Boletim de Geografia Teórica. Vol. 23(45-16): 288-294, 1993.

RODRIGUES NETO, Edmundo Ximenes. *Governo Municipal e Movimentos Sociais na Gestão da Moradia em Teresina: Um Exame das Experiências das Vilas Alto da Ressurreição*

*Irmã Dulce*. 2005. Dissertação (Mestrado em Políticas públicas) – Universidade Federal do Piauí. 2005.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano*. São Paulo, ProEditores, 2000, 128p.

\_\_\_\_\_. *Arquitetura Bioclimática do espaço público*. Brasília: UnB, 2001. 226p.

\_\_\_\_\_. A sustentabilidade ambiental do ambiente urbano da capital. In: PAVIANI, Aldo (orgs.). *Brasília: Controvérsias ambientais*. Brasília: Editora de Brasília, 2003. p. 241-265.

SALES, Maria do Socorro Teixeira Mello. *Educação Ambiental: A preservação do verde na zona urbana de Teresina-PI*. 2004. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento E Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí. 2004.

\_\_\_\_\_. *Consciência ambiental do teresinense: determinantes histórico-sociais*. Disponível em: <[www.ufpi.br/mesteduc/eventos/iiiencontro/gt14/conciencia\\_ambiental.pdf](http://www.ufpi.br/mesteduc/eventos/iiiencontro/gt14/conciencia_ambiental.pdf)>. Acesso em: 28 de dezembro de 2007.

S.B.A U. – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - *Boletim Informativo* – ANO XII- N° 01- 1° semestre 2004 – São Paulo- SP.

SEMAR. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Piauí. *Boletim de Informações Climáticas*. Teresina: SEMAR. 17/05/2007.

SILVA, José de Fátima da. *El Niño, o fenômeno climático do século*. Brasília: Thesaurus, 2000. 139 p.

SILVEIRA, Ana Lúcia Ribeiro Camillo da. *Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina-PI*. 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília. 1999.

\_\_\_\_\_. *Parâmetros Bioclimáticos para avaliação de conjuntos habitacionais na região tropical subúmida do Brasil*. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília. 2007.

TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina. *Relatório De Avaliação Do Projeto Vila-Bairro. Habilitação Para O Programa Habitar Brasil BID*. Diagnóstico Integrado Para Urbanização de Assentamentos Subnormais Em Teresina - Vilas Nova, do Avião e Meio Norte. Teresina. 2001.

\_\_\_\_\_. *Teresina Agenda 2015 - Plano de Desenvolvimento Sustentável*. Cd-rom. Teresina. 2002.

\_\_\_\_\_. *Teresina em Dados 2005*. Secretaria Municipal de Planejamento (Teresina). Teresina, 2005. Disponível em: <[http://www.teresina.pi.gov.br/novothe/pagina\\_blank.asp?link=http://www.teresina.pi.gov.br/semplan](http://www.teresina.pi.gov.br/novothe/pagina_blank.asp?link=http://www.teresina.pi.gov.br/semplan)>. Acesso em: 30/01/2006.

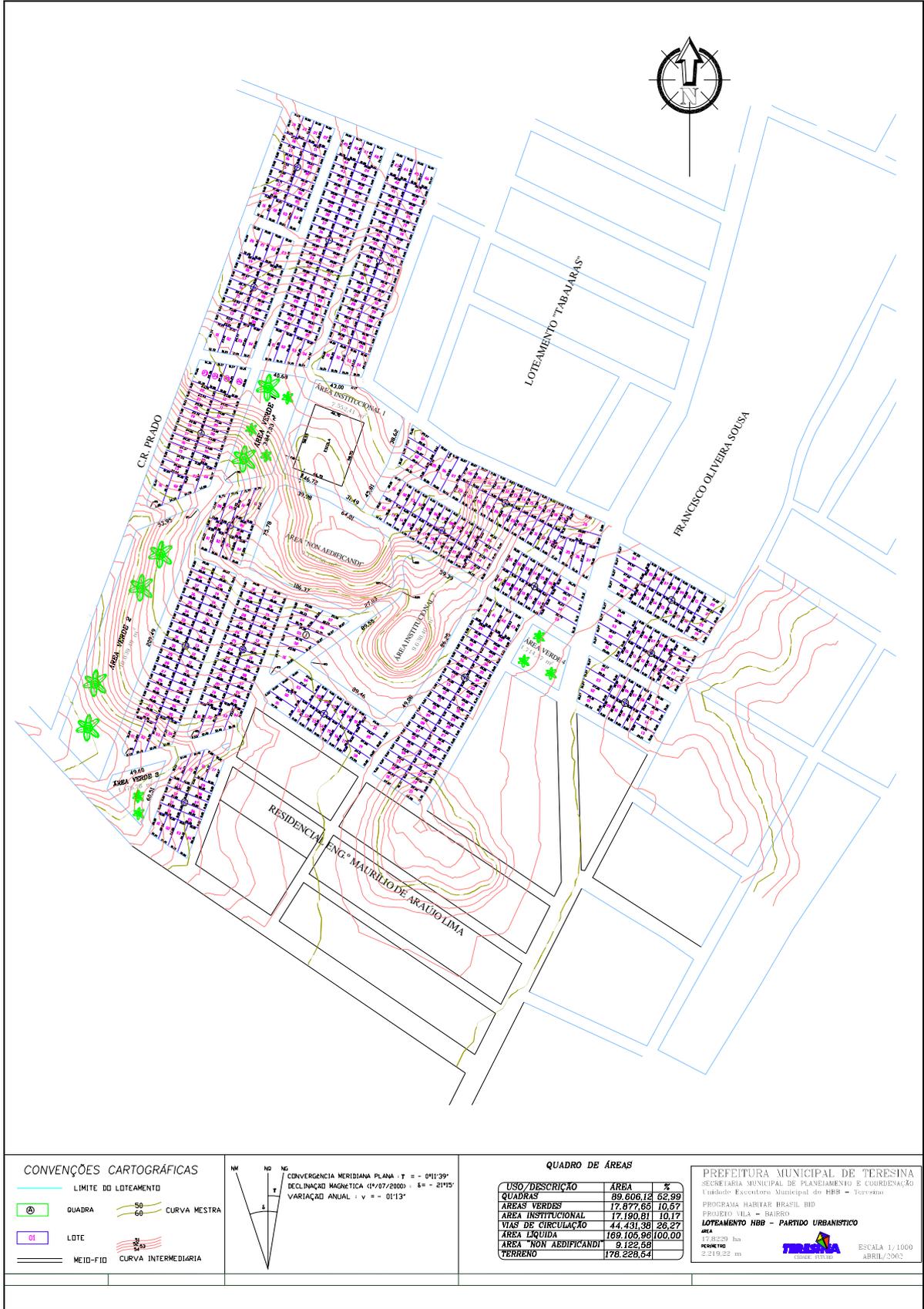
\_\_\_\_\_. *GEOVISTA: Sistema Municipal de geoprocessamento*. Teresina, 2006. Disponível em: <[http://geo.teresina.pi.gov.br/site/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=44](http://geo.teresina.pi.gov.br/site/index.php?option=com_wrapper&Itemid=44)>. Acesso em: 5/11/2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. *Laboratório de Eficiência Energética em edificações*. Software: AnalysisBIO. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>> Acesso em: dezembro.2007

VIANA, Nelson Solano. ROMERO, Marcelo de Andrade. Procedimentos metodológicos para aplicação de avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais para a população de baixa renda: do desenho urbano à unidade habitacional. In: ABIKO, Alex Kenya. ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social*. São Paulo: FAUUSP,2002. (Coletânea Habitare/FINEP,1).373p.

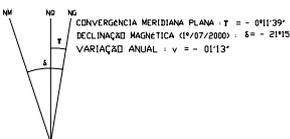
**APÊNDICES**

APÊNDICE A – Loteamento HBB – Partido urbanístico



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- LIMITE DO LOTEAMENTO
- QUADRA
- LOTE
- MEIO-FIO
- CURVA MESTRA
- CURVA INTERMEDIÁRIA



QUADRO DE ÁREAS

USO/DESCRIÇÃO	ÁREA	%
QUADRAS	89.606,18	62,99
ÁREAS VERDES	17.877,65	10,57
ÁREA INSTITUCIONAL	17.190,81	10,17
VIAS DE CIRCULAÇÃO	44.431,36	26,27
ÁREA LÍQUIDA	169.105,96	100,00
ÁREA "NON AEDIFICANDI"	9.122,54	
TERRENO	178.228,64	

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA  
 SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO  
 Unidade Executora Municipal do HBB - Teresina  
 PROGRAMA HABITAR BRASIL - HUD  
 PROJETO VILA - BAIRRO  
**LOTEAMENTO HBB - PARTIDO URBANÍSTICO**  
 ÁREA  
 17.8229 ha  
 PERÍMETRO  
 2.219,22 m

ESCALA 1/1000  
 ABRIL/2002

APÊNDICE B – Planilha de coleta dos dados climáticos



APÊNDICE C – Localização dos pontos no Loteamento HBB

APENDICE B – Os pontos de medição e suas locações no loteamento HBB.					
Pontos	Observações	Fotografias	Pontos localizados no Loteamento HBB.	Observações	Pontos
A	Cruzamento de ruas no lado Oeste da rua, o revestimento do solo é em concreto.			No lado sul da rua, próximo ao cruzamento, revestimento do solo em terra.	E
B	Entrada da habitação, (Ponto H), lado Leste da rua, revestimento do solo em concreto.			Entre casas, sem muros, revestimento do solo em terra.	F
C	No centro da rua, portanto recebe insolação leste, Oeste, Norte e Sul, revestimento do solo em paralelepípedo basáltico.			Situa-se no entorno do Loteamento, região de massa vegetal mais fechada (árvores frutíferas, de copa grande, porém não densa, mas também não há fraldas que permitam a entrada da luz do sol), revestimento do solo em terra.	G
D	Debaixo de uma árvore de copa esparramada, e rala, permitindo a entrada dos raios solares, e revestimento do solo em terra.			Parte interna da habitação, próximo ao ponto B, paredes em alvenaria e revestimento do chão em cerâmica, janela disposta a 1 metro do chão.	H

Fotos: Luana Kallas. Data: 8/10/2007.

APÊNDICE D– Tabela para registro do morador a respeito da sensação térmica.

Loteamento HBB – Medição \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2007

Residência do Sr. Antônio – Quadra G- Casa 9.

Sensação Térmica

Agradável (A)                      Quente (Q)                      Muito Quente (MQ)                      FRIO (F)

Hórário	Sensação	Observação
9:00		
15:00		
21:00		

APÊNDICE E – Tabela dos dados das variáveis climáticas levantadas na estação da  
EMBRAPA-PI

<b>ABRIL</b>															
Dias	Temperatura °C			Umidade Relativa (med%)			Chuvas(mm)			Nebulosidade(0/10)			Direção do Vento		
	9h	15h	21h	9h	15h	21h	9h	15h	21h	12h	18h	24h	12h	18h	24h
25	26,61	32,15	26,01	79,5	58,5	83,9	0	0	0	9	5	8	SE	S	NE
26	29,15	32,43	24,19	72,1	59,94	90,5	0	0	0,25	3	7	10	NE	NE	N
27	26,23	32,74	24,7	82	58,24	90,3	0	0	0	8	6	2	E	SE	N
<b>OUTUBRO</b>															
Dias	Temperatura °C			Umidade Relativa (med%)			Chuvas(mm)			Nebulosidade(0/10)			Direção do Vento		
	9h	15h	21h	9h	15h	21h	9h	15h	21h	12h	18h	24h	12h	18h	24h
5	25,38	34,16	28,24	85,6	40,07	68,95	0	0	0	10	6	5	NE	S	N
6	29,1	36,25	29,7	55,29	31,5	63,66	0	0	0	0	5	5	E	SE	S
7	29,84	36,04	28,68	54,17	34,02	69,6	0	0	0	0	6	5	NE	SE	NE