

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE**  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA

**“ESTUDO DE CLIMA URBANO:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA”**

**NICÁCIO LEMES DE ALMEIDA JUNIOR**

**ORIENTADORA:**

**Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

**Cuiabá/ MT, setembro 2005**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE**  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA

**“ESTUDO DE CLIMA URBANO:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA”**

**NICÁCIO LEMES DE ALMEIDA JUNIOR**

*“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Física e Meio Ambiente.”*

Orientadora: **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT, setembro 2005**

## FICHA CATALOGRÁFICA

A447e Almeida Junior, Nicácio Lemes de  
Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica  
/ Nicácio Lemes de Almeida Junior. – 2005.  
v, 94p. : il.. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de  
Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra,  
2005.

“Orientação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Cristina de Jesus  
Albuquerque Nogueira”.

CDU – 551.584.5(817.2)

### Índice para Catálogo Sistemático

1. Climatologia
2. Climatologia urbana – Cuiabá (MT)
3. Centros urbanos – Espécies arbóreas – Implantação
4. Conforto ambiental – Cuiabá (MT)
5. Microclimatologia
6. Radiação solar e vegetação

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE**  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MUDANÇA CLIMÁTICAS GLOBAIS  
LINHA DE PESQUISA: CLIMATOLOGIA URBANA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “ESTUDO DE CLIMA URBANO: UMA PROPOSTA  
METODOLÓGICA”**

**AUTOR: NICÁCIO LEMES DE ALMEIDA JUNIOR**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 19 de setembro de 2005, pela  
comissão julgadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ermelinda Maria De Lamonica Freire**  
Examinadora Externa

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira Zamparoni**  
Examinadora Externa

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira**  
Orientadora

A todos que acreditam que o trabalho, a dedicação, a determinação  
e o amor,  
são os pilares que sustentam a humanidade.

À minha esposa Diana  
e à minha filha Luane,  
pelo amor e dedicação.

Aos meus pais Nicácio Lemes de Almeida e  
Ivone Ribeiro Lemes de Almeida,  
por me mostrarem sempre a importância dos estudos.

A minha irmã Ivone Diná,  
pelo apoio  
e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

- A Deus, por tudo que sou e pelo que tem me oferecido;
- À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, por sua orientação e conhecimentos e pela grande pessoa que esta é;
- À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gilda Tomasini Maitelli, pelo apoio científico dedicado;
- Ao Coordenador do Curso de Pós-graduação, Prof. Dr. José de Souza Nogueira pelo empenho na criação e acompanhamento do curso;
- Aos professores que passaram os ensinamentos necessários;
- Ao técnico Massao, homenagem póstuma pela dedicação e pelo ser humano que foi, enquanto esteve entre nós;
- Ao técnico Cesário Gonçalves (FAET), pelo apoio dispensado;
- Ao Departamento de Física pelo curso oferecido e pelos equipamentos cedidos para a pesquisa;
- Aos meus colegas do programa de Pós-graduação pela convivência e troca de experiências;
- A Universidade de Cuiabá - UNIC - pela disponibilidade de equipamentos;
- A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	3
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 O HOMEM E O MEIO AMBIENTE.....	8
2.2 CLIMA.....	11
2.2.1 Classificação do clima.....	13
2.3 CLIMA URBANO.....	15
2.4 RADIAÇÃO SOLAR.....	18
2.5 LATITUDE, LONGITUDE E ALTITUDE.....	24
2.6 VENTOS.....	24
2.7 MASSA DE ÁGUA E TERRA.....	27
2.8 TOPOGRAFIA.....	28
2.9 VEGETAÇÃO.....	28
2.9.1 A vegetação e a radiação.....	29
2.10 SUPERFÍCIE DO SOLO.....	30
2.11 TEMPERATURA.....	32
2.12 UMIDADE DO AR.....	33
2.13 PRECIPITAÇÕES.....	34
2.14 MOVIMENTO DO AR.....	35
2.15 EQUILÍBRIO TÉRMICO EM UM ESPAÇO URBANO.....	35
2.16 O CONFORTO TÉRMICO.....	36
2.16.1 A influência da vegetação no conforto térmico.....	37
2.16.2 Influência da vegetação no centro urbano.....	38
2.17 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO CENTRO-OESTE.....	42
2.18 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MATO GROSSO.....	44
2.18.1 As massas de ar que atuam em Mato Grosso.....	47
2.19 A CIDADE DE CUIABÁ.....	49
2.19.1 A evolução histórica.....	49
2.19.2 Características da cidade.....	50
2.19.3 O clima de Cuiabá.....	50
2.19.4 Utilização dos dados climáticos.....	53

<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>56</b>
3.1	MATERIAIS.....	56
3.2	SELEÇÃO DAS ESPÉCIES .....	62
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE SELECIONADA .....	63
3.4	MÉTODO .....	65
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
4.1	MEDIÇÕES NO SOL E NA SOMBRA DE UM INDIVÍDUO ARBOREO.....	67
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIAS.....</b>	<b>87</b>
6.1	BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....	87
6.2	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	91
<b>ANEXO</b>	<b>.....</b>	<b>93</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Efeitos Fotoquímicos e Fotobiológicos.....	22
FIGURA 2 -	Hidrografia de Mato Grosso.....	44
FIGURA 3 -	Massas de ar que circulam pelo Estado; Equatorial Continental e Polar Atlântica.....	47
FIGURA 4 -	Penetração da Massa Polar Atlântica em território brasileiro	48
FIGURA 5 -	Área central de Cuiabá.....	57
FIGURA 6 -	Mapa da localização do Colégio CEMA no Bairro Dom Aquino em Cuiabá/ MT.....	58
FIGURA 7 -	Colégio CEMA em Cuiabá/ MT.....	58
FIGURA 8 -	Instalação do Abrigo Termométrico ao Sol.....	59
FIGURA 9 -	Instalação do Abrigo Termométrico à Sombra.....	59
FIGURA 10 -	Radiômetro Rovtek.....	60
FIGURA 11 -	Datalogger, modelo CDR-510.....	60
FIGURA 12 -	Termo-higro-anemômetro-THAR-185HAR-185.....	61
FIGURA 13 -	Termo-higrômetro – HTR-152.....	61
FIGURA 14 -	Oiti ( <i>Licania tomentosa</i> ).....	64
FIGURA 15 -	Média da umidade relativa do ar no período de inverno.....	69
FIGURA 16 -	Umidade relativa do ar às 07 horas (horário de MT) no inverno-2º dia de medição.....	70
FIGURA 17 -	Temperatura do ar no período de inverno.....	72
FIGURA 18 -	Temperatura do ar às 16 horas (horário de MT) no inverno- 1º dia de medição.....	73
FIGURA 19 -	Temperatura do ar às 15 horas (horário de MT) no inverno- 5º dia de medição.....	74
FIGURA 20 -	Radiação do ar no período de inverno.....	76
FIGURA 21 -	Umidade relativa do ar no período de verão.....	78
FIGURA 22 -	Umidade relativa do ar às 07 horas (horário de MT) no verão-1º dia de medição.....	79
FIGURA 23 -	Temperatura do ar no período de verão.....	81
FIGURA 24 -	Temperatura do ar às 17 horas (horário de MT) no verão- 3º dia de medição.....	82
FIGURA 25 -	Radiação do ar no período de verão.....	84

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Dados de dias típicos de verão de algumas cidades brasileiras.....	54
TABELA 2 - Dados de dias típicos de inverno de algumas cidades brasileiras.....	55
TABELA 3 - Espécies arbóreas mais utilizadas pela Prefeitura de Cuiabá/MT.....	62
TABELA 4 - Resultados referentes à umidade relativa do ar ao sol e à sombra.....	68
TABELA 5 - Resultados referentes a temperatura do ar ao sol e a sombra..	71
TABELA 6 - Resultados referentes à radiação solar ao sol e a sombra.....	75
TABELA 7 - Resultados referentes à umidade relativa do ar ao sol e a sombra.....	77
TABELA 8 - Resultados referentes à temperatura do ar ao sol e a sombra.....	80
TABELA 9 - Resultados referentes à radiação solar ao sol e a sombra.....	83

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Variações médias dos elementos climáticos causadas pela urbanização.....	10
QUADRO 2 - Valores do intervalo espectral.....	21

## RESUMO

ALMEIDA JUNIOR, N. L. “**Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**”. Cuiabá. Dissertação (Mestrado), 2005. Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 94 f.

O conforto térmico nos centros urbanos é um fator que afeta diretamente a vida de sua população. Este trabalho propõe a implantação de espécies arbóreas como elementos de redução da temperatura, através do sombreamento que as árvores proporcionam. Foram utilizadas as medições de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar. A coleta desses dados foi feita com os equipamentos dispostos simultaneamente ao sol e à sombra de indivíduo arbóreo no período de inverno (seca) e no verão (chuva). Com os dados obtidos foi feita a comparação entre as temperaturas nas duas condições, podendo-se observar que a área sombreada por árvore apresenta redução de temperatura comparando-se à área não arborizada. Após as medições foi possível realizar uma análise dos dados coletados e verificar que o Oiti é uma espécie arbórea apropriada para o clima de Cuiabá-MT. Com base nesses resultados foi possível constatar que as áreas arborizadas reduzem a temperatura do local, proporcionando melhores condições de conforto ambiental, isso faz com que, em regiões de clima quente, sejam recomendados à implantação de arborização para amenizar as altas temperaturas dos ambientes urbanos.

**Palavras-chave:** Conforto ambiental; radiação solar e vegetação.

## ABSTRACT

ALMEIDA JUNIOR, N. L. "**Study of urban climate: a proposal methodological**". Cuiabá. Dissertation (Mestrado), 2005. Department of Physics, Institute of Accurate Sciences and the Land, Federal University of Mato Grosso. 94 f.

The thermal comfort in the urban centers is a factor that directly affects the life of its population. This work considers the implantation of arboreal species as elements of reduction of the temperature of air, relative humidity and solar radiation. The collection of these data was made with the equipment made use simultaneously to the sun and the shade of tree individual in the period of winter (dries) and in the summer (rain). With the gotten data the comparison was made enters the temperatures in the two conditions, being able to observe that the area shaded for tree presents temperature reduction comparing itself to the not woody area. After the measurements were possible to carry through an analysis of the collected data and to verify that the Oiti is appropriate a tree species for the climate of Cuiabá-MT. With base in these results it was possible to evidence that the woody areas reduce the temperature of the place, providing better conditions of ambient comfort, this makes with that, in regions of hot climate, they are recommended the arborization implantation to brighten up the high temperatures of urban environments.

**Key Words:** Thermal comfort; solar radiation and vegetation.

# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1. PROBLEMÁTICA

As variações climáticas que afetam todo o planeta desde seu surgimento até os dias de hoje, são acompanhadas pelo homem através de pesquisas, coletas de dados ou análises de materiais existentes no meio ambiente. Estas informações mostram um perfil das alterações que ocorrem através dos tempos, seja por efeitos da própria natureza ou pela ação do homem, influenciando diretamente a vida de seus habitantes.

É constatado o aumento da temperatura nos centros urbanos, ocasionado pela maneira com que estes são construídos, sem um planejamento adequado, principalmente em relação ao aproveitamento dos próprios recursos naturais para propiciar conforto térmico nas cidades.

O conforto ambiental é um dos fatores climáticos que interferem na qualidade de vida das pessoas. Atualmente, a preocupação com a melhoria do ambiente em que se vive, está presente nas populações de todas as grandes cidades.

No Brasil, por exemplo, o clima não é determinado apenas pela quantidade de radiação solar que recebe em virtude de sua posição no globo terrestre - o país está localizado entre os trópicos de Capricórnio e Câncer sendo também cortado pela Linha do Equador – mas também pelo relevo, pela vegetação e pelas massas de ar. A própria ação do homem interfere nas variações climáticas.

O aumento da temperatura nas áreas urbanas, ou seja, a formação de ilhas de calor se deve ao fato da grande impermeabilidade do solo, tanto pelas construções quanto pelas pavimentações. O crescimento desordenado e sem planejamento das cidades com a implantação de ruas e edificações, provoca mudanças no clima através das alterações em sua superfície, causando a diminuição de infiltração de águas das chuvas no solo, redução da umidade, modificações nos fluxos de ventos e a destruição da vegetação natural.

O estado de Mato Grosso localizado na região central do Brasil, no continente sul americano, bem como a sua extensão latitudinal, posiciona-se numa área de interação entre os sistemas atmosféricos intertropicais com os extratropicais que atingem a região central (como características modificadas/ tropicalizadas), como as frentes, anticlones e cavados de altitudes. Os principais sistemas larga escala, que atuam direta ou indiretamente em Mato Grosso são o fenômeno “ENSO” (Oscilação Sul-El Niño/ La Niña), a Zona e Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (SETTE, 2000).

Por possuir uma grande concentração de radiação solar e sofrer grandes influências quanto ao tipo de clima, a cidade de Cuiabá, capital do Estado, se caracteriza por apresentar duas estações bem distintas, o verão, marcado por uma elevada temperatura e períodos chuvosos, e invernos marcados por temperaturas mais baixas e períodos de seca, mas a predominância das altas temperaturas é fator fundamental na maior parte do ano.

Cuiabá é uma cidade com temperaturas elevadas e, podemos perceber que, até o presente momento, não tem havido por parte dos órgãos governamentais uma preocupação em preservar nas áreas centrais, onde a concentração de pessoas costuma ser maior, locais com vegetação natural, o que contribuiria muito para proporcionar um clima mais ameno. A incidência elevada de radiação pode provocar incômodos nas pessoas ou causar doenças devido à exposição excessiva à mesma.

Visando a solução deste problema, uma das formas para se conter a elevada concentração de radiação solar nas áreas urbanas é através da arborização que é um método tecnicamente mais natural para controlar esse efeito, obtendo assim um clima com melhores condições de conforto ambiental para os seres vivos.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Nos grandes centros urbanos, há uma tendência a se achar que são centros que proporcionam aos seus moradores uma condição de vida sadia, pois são considerados símbolos de desenvolvimento e progresso. Contudo, a maioria não oferece as mínimas condições ambientais a seus habitantes, isso se explica devido às contradições na transformação do ambiente natural e do construído.

Com a falta de planejamento e um crescimento desordenado das cidades, os órgãos governamentais não levaram em consideração os problemas da alteração do clima urbano, que podem ser gerados pelos fatores climáticos do meio ambiente, efeito visual, inchamento dos bairros entre outros.

Quando o problema é gerado pela radiação incidente, grande parte dessa radiação retorna ao meio externo sob a forma de calor, transformando as grandes cidades em verdadeiras estufas.

Daí a importância de se ter parques com coberturas vegetais em áreas determinadas nas cidades, pois irá ajudar a amenizar a temperatura e proporcionar à população um melhor conforto ambiental. Se de um lado as áreas mais artificializadas da cidade, como é o caso do centro, produzem maiores alterações no clima local, por outro lado às áreas que mais se aproximam das condições ambientais normais da natureza, ou seja, lugares mais arborizados apresentam clima diferenciado e, por consequência, mais ameno.

Vários estudos já foram realizados e ainda continuam sendo desenvolvidos, com o intuito de mostrar a influência da vegetação sobre o clima, principalmente o clima da cidade. Foi comprovado que a vegetação é responsável pela amenização das temperaturas mais elevadas e pela redução da velocidade do vento, entre outros benefícios.

*“Vegetação urbana é aquela que permite que o espaço construído se integre com o jardim e o parque, principalmente nas regiões de clima tropicais e subtropicais úmidos, para construir a paisagem da cidade”. Essa utilização da vegetação é hoje uma das estratégias recomendadas pelo projeto ambiental que procura reduzir os efeitos da ilha de calor e da poluição urbana e reduzir o consumo de energia nas cidades. (MASCARÓ, 2002).”*

Por isso quando os profissionais da área de arquitetura e urbanismo ou áreas afins se propõem em fazer um projeto urbanístico ou um projeto de edifícios tem-se a preocupação de oferecer ao usuário um ambiente agradável de viver. Para tanto é necessário que esses profissionais estejam sempre informados sobre o clima da região.

Para se fazer o projeto em áreas com espaço livre (áreas verdes), que está intimamente ligado ao projeto urbano envolvendo espaços, cujas formas, dimensões e seqüência transmitem determinadas sensações aos usuários, é necessário que sua delimitação e moldagem sejam feitas através de elementos estruturadores, dentre os quais se destaca a vegetação.

A vegetação é, pois um importante componente regulador da temperatura urbana, pois absorve com muito mais facilidade a radiação solar, e atua também nos microclimas urbanos contribuindo para melhorar a ambiência urbana sob vários aspectos:

1. Ameniza a radiação solar nas estações quentes e modifica a temperatura e a umidade relativa do ar do recinto através do sombreamento que reduz a carga térmica recebida pelos edifícios, veículos e pedestres;
2. Modifica a velocidade e direção do vento;
3. Atua como barreira acústica;
4. Através da fotossíntese e da respiração, reduz a poluição do ar.

Uma das funções mais importantes da arborização no meio ambiente em locais de clima tropical e subtropical é o sombreamento, cuja principal finalidade é amenizar o rigor térmico da estação quente no clima subtropical e durante o ano todo na região tropical.

O método mais natural, e pouco explorado tecnicamente, de se controlar esses efeitos é através da arborização. O planejamento da arborização urbana leva em conta diferentes critérios, como a forma e disposição das raízes (a fim de que calçamentos, fundações, rede de água e esgoto não sejam prejudicados com seu desenvolvimento), altura da árvore adulta (para que a rede elétrica seja preservada) e estética.

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo geral verificar o clima urbano em zonas arborizadas e não arborizadas na região central de Cuiabá capital de Mato Grosso. Para realizar a pesquisa foram necessário desenvolver alguns objetivos específicos, tais como:

1. Avaliar os efeitos da radiação solar;
2. Avaliar os efeitos da temperatura do ar;
3. Avaliar os efeitos da umidade relativa do ar;
4. Avaliar os efeitos da velocidade do vento;
5. Verificar a utilização da vegetação como um elemento de controle natural da temperatura para obtenção de conforto ambiental em áreas urbanas.

Após essas etapas foi possível propor uma metodologia a ser aplicada no planejamento urbano, oferecendo subsídios para projetos arquitetônicos, bioclimáticos, ou mesmo que venha ajudar no planejamento de arborização urbana e que proporcione uma metodologia para ser aplicada em cidades de clima tropical onde haja necessidades de melhorias do conforto urbano, através da arborização.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

---

Sabe-se que vários estudos foram realizados e ainda continuam sendo desenvolvidos, sob várias opções metodológicas, com o intuito de mostrar a influência da vegetação sobre o clima, principalmente o clima da cidade. Neste sentido, comprovou-se que a vegetação é responsável pela amenização das temperaturas mais elevadas e pela redução da velocidade do vento, entre outros benefícios (GOMES & AMORIM, 2003).

De acordo com MASCARÓ *et al.* (2002), as árvores, os arbustos e outras plantas menores e no seu conjunto constituem elementos da estrutura urbana. Os mesmos desempenham funções importantes para o recinto urbano e para seus habitantes, ajudam no controle do clima e da poluição, na conservação da água, na redução da erosão e na economia de energia.

Com o crescente aumento da população no globo terrestre, nas últimas décadas, o avanço tecnológico e a incorporação de novos equipamentos ao dia-a-dia dos indivíduos têm gerado um crescente aumento no uso da energia, causando elevados custos e impactos no ambiente natural devido à implantação de usinas.

Durante todo o ano as diferentes regiões recebem uma determinada quantidade de radiação solar (luminosa) incidente, disponibilizando luz natural para as mesmas. Para se compreender como ocorre o padrão luminoso de cada região, deve-se conhecer a influência que as causam. Nas regiões em que os raios solares chegam com um ângulo de incidência

muito grande na maior parte do ano são regiões quentes e luminosas, já as regiões em que os raios solares têm um ângulo de incidência menor são frias e escuras durante o inverno.

À medida que vamos ficando longe do Equador, decresce o ângulo médio de inclinação do sol com a superfície da Terra, mas em compensação, aumenta a duração do dia.

(e conseqüentemente, as horas de luz natural) no período de tempo no qual o ângulo é maior, ou seja, no verão. Como conseqüência desta influência contraditória, a maior recepção da radiação solar sobre a superfície da Terra num dia claro de verão corresponde não ao Equador, nem aos Trópicos, mas sim a uma zona entre 20° a 45° de latitude, (MASCARÓ, 1983).

As cidades não são todas iguais, mas os elementos que as compõem e suas características básicas são comuns para a grande maioria delas. Entre eles podem-se citar as zonas residenciais, industriais e comerciais, o sistema viário, as praças e os espaços livres (BUENO, 1998).

A temperatura do ar e a umidade, assim como as ações do vento, são sem dúvida, condicionantes importantes que agem na sensação ou não de conforto pelo corpo. As condições climáticas do lugar onde se habita também irão favorecer na determinação do conforto, uma vez que a temperatura e umidade do ar terão comportamentos diferenciados de acordo com o clima específico de cada lugar.

A importância de se estudar conforto térmico em zonas arborizadas reside no fato destes locais proporcionarem a população condições de bem-estar. Estas condições se expressam sobre tudo através da presença de vegetação que é um condicionante fundamental no estudo da temperatura urbana.

Segundo BUENO (1998), com o desenvolvimento dos centros urbanos, as áreas construídas se expandem, ocupando espaços antes pertencentes à vegetação. A troca de cobertura vegetal pela pavimentação e pelas construções tem trazido problemas, como desconforto, *stress* e danos tanto para a saúde física quanto mental dos habitantes.

De acordo com LABAKI & SANTOS (1996) *apud* BUENO (1998), “*o aumento da temperatura dos centros urbanos em relação às áreas rurais adjacentes, tem sido apontado como o efeito denunciador das alterações climáticas pelo ambiente construído...*”, onde as grandes responsáveis por essas alterações são as diferenças existentes entre as características térmicas dos materiais de construção e da vegetação, e os efeitos provocados pela incidência da radiação solar.

## **2.1. O HOMEM E O MEIO AMBIENTE**

A preocupação com o clima urbano tem gerado uma produção científica que excede, em muitos, os mil títulos nas mais variadas abordagens, metodologias e cidades estudadas (preferencialmente as de latitude média). Por motivos óbvios, não se pretende aqui, esgotar esta farta bibliografia, ficando-se restrito a alguns clássicos, aos artigos e notícias já publicados.

Para ESTULANO (2004), hoje existe uma grande preocupação com o clima urbano, por causa das migrações do campo para a cidade. Com as superpopulações, o número cada vez maior de indústrias, edifícios, solos impermeáveis e a diminuição das áreas verdes, as grandes cidades passaram a não ser locais apropriados para uma vida saudável. Uma das principais preocupações de tudo isso para Cuiabá, assim como para outras cidades, é o aumento da temperatura, o que acaba por gerar inúmeras conseqüências às pessoas que aqui vivem: cansaço excessivo, mal estar, pressão baixa e desânimo.

Segundo FRANCO (1997), os processos naturais, que contribuem para a forma física da cidade e os quais, volta e meia modificam, têm sido esquecidos pela civilização, diante da energia barata e de uma tecnologia cujas metas são muito mais econômicas do que ambientais ou sociais. O explosivo crescimento das cidades, principalmente depois da 2ª Guerra Mundial, trouxe mudanças radicais não só à forma física da cidade como também à percepção humana da terra e do meio ambiente. Uma afluente e móvel sociedade procura o ar limpo, que lhe é negado na cidade, nos refúgios de lugares naturais.

Vastas áreas de terra tornaram-se improdutivas dentro das cidades. Há enormes quantidades de água, energia e nutrientes que se desperdiçam na drenagem, na distribuição de esgotos e outros processos urbanos. Não havendo percepção desses valores, estes acabam por poluir ainda mais o já sobrecarregado meio ambiente urbano, afirma FRANCO (1997).

Por outro lado, continua a autora, quando os determinantes biológicos estão sendo reconhecidos como primordiais para o planejamento rural e de recursos, eles são naturalmente ignorados nas cidades. Fica claro, assim, que a estrutura do desenho para os espaços livres urbanos precisa ser reexaminada. Estão em jogo questões de valores ambientais e percepções de como nós respondemos ao meio que nos cerca.

Tempos atrás, dava-se mais valor à estética do desenho urbano ligado a convenções culturais importadas de países mais desenvolvidos do que à necessidade de conservação dos recursos naturais. Hoje a situação se inverte, pois os conceitos estéticos somente adquirem validade se assentados numa indispensável base de planejamento ambiental de larga escala, em que o entendimento dos processos naturais possa gerar o desenho ambiental urbano.

Logo, as convenções e regras estéticas devem situar-se num contexto que subentenda a conjugação dos determinantes biofísicos e sócio-culturais (FRANCO, 1997).

Segundo OKE (1978) o processo de crescimento urbano impõe um caráter peculiar à baixa troposfera (camada limite<sup>1</sup>), a ponto de produzir condições atmosféricas locais distintas das encontradas em suas áreas vizinhas. Assim, a cidade “gera” um clima próprio, chamado de clima urbano, fruto da interferência de atributos como capeamento do solo, material empregado nas construções, geometria e rugosidade da cidade, emissão de aerossóis e produção artificial de calor sobre a camada limite, que se processa do nível microclimático ao mesoclimático.

Como as características estruturais, funcionais, de sítio e de dimensões espaciais diferenciam as cidades entre si, da mesma forma que os padrões de uso do solo marcam seus contrastes internos, o clima urbano varia de uma cidade a outra. Entretanto, através de numerosas pesquisas neste campo (especialmente em cidades de latitudes médias), chegou-se a resultados que evidenciam os contrastes médios existentes entre o clima urbano e o das áreas rurais próximas, exemplificadas no Quadro 1.

---

<sup>1</sup> Considerar aqui com uma espessura de 0,6 a 1,5 km para as cidades de porte médio. (OKE, 1978, p. 263).

**QUADRO 1** – Variações médias dos elementos climáticos causados pela urbanização

<b>ELEMENTO</b>	<b>COMPARAÇÃO COM A ZONA RURAL</b>	
Radiação	Global	15 a 20% menos
	Ultravioleta (inverno)	30% menos
	Ultravioleta (verão)	5%
Temperatura	Média anual	0,5 a 1,0°C mais
	Média mínima (inverno)	1,0 a 2,0° C mais
Velocidade do vento	Média anual	20 a 30% menos
	Ventos extremos	10 a 20% menos
	Calmaria	5 a 20% mais
Contaminantes	Núcleos de condensação e partículas	10 vezes mais
	Misturas gasosas	5 a 25 vezes mais
Precipitação	Total	5 a 10% mais
	Dias com menos de 5 mm	10% mais
	Neve	5% menos
Nebulosidade	Coberto	5 a 10% mais
	Neblina (inverno)	10% mais
	Neblina (verão)	5% menos
Umidade relativa	Inverno	2% menos
	Verão	8% menos

**FONTE:** LAMB BRYSON & ROSS, 1972

Após os dados apresentados no quadro anterior pode-se considerar o clima urbano como um sistema de inter-relações complexas do qual faz parte a cidade com todos os seus

atributos e os aspectos físicos do espaço em que se insere. Do ponto de vista taxonômico, o clima urbano resulta da interferência da superfície sobre a camada de ar imediata (microclima), e desta com a camada limite (mesoclima); contudo, seu controle se faz da escala microclimática aos níveis inferiores (MONTEIRO, 1976).

## 2.2. CLIMA

O estudo do clima, que compreende tanto a formação resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais que sejam: movimento de rotação e translação, energia solar, latitude, altitude, ventos, distribuição das terras e das águas, vegetação, etc.; quanto sua caracterização definida por seus elementos: temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações, torna-se, pois, importante para a compreensão do sistema atmosférico.

Assim o clima pode ser definido como a função característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas infinitas variações, e o tempo é considerado a somatória das condições atmosféricas de um lugar, em um curto período de tempo, através da combinação de temperatura, pressão, umidade, ventos e precipitação, ou seja, representa um estado momentâneo da atmosfera (MASCARÓ, 1991).

Para TREWARTHA (1954) *apud* SETTE (2000), a região climática é qualquer porção da superfície terrestre sob elementos climáticos e características climáticas similares.

Já OLGAY (1963) disse que o tempo é um conjunto de todas as variáveis meteorológicas, em um dado momento, e que os elementos aparecem em combinação. Dado o fato de que na sua obra o propósito geral é o estudo das sensações do conforto humano, os elementos que mais afetam esse conforto são: temperatura, radiação e ventos; tratando de forma diferenciada os efeitos da umidade, tais como: chuva, névoa, neve, geada e pressão de vapor.

Mais tarde a Organização Mundial de Meteorologia deu início ao estudo do clima baseando-se na importância das interações entre atmosfera e a superfície terrestre, sendo chamado de sistema climático e constituindo o modelo climático global.

A partir desse estudo vários pesquisadores deram início a novos trabalhos com uma nova visão da influência do clima e seus fatores no sistema atmosférico.

Segundo GIVONI (1976) o clima de uma dada região é determinado pelo padrão das variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano são: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

As altas temperaturas são verificadas em áreas onde o crescimento vertical é intenso, onde existam altas densidades demográficas e pouca quantidade de vegetação, principalmente em setores industriais e residenciais.

LYNCH (1980) *apud* ROMERO (2000), aponta a temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, velocidade, direção dos ventos e insolação como os condicionantes externos do clima geral com os quais o planejador deve operar. Ele destaca as modificações do clima geral (microclima) impostas pela forma especial das pequenas superfícies: topografia, cobertura, superfície do solo e formas criadas pelo homem.

Essas características são normalmente variáveis de superfície e podem ser usadas como ferramentas para estudar e simular o clima.

GOMES (1980) *apud* ROMERO (2000), faz uma diferenciação entre elementos meteorológicos ou climáticos e fatores climáticos, atribuindo aos primeiros a função de definir o clima e aos segundos a função de dar-lhes origem ou determiná-los. Os fatores climáticos seriam: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo. Os elementos do clima seriam: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações.

Desta forma ROMERO (1988) *apud* COSTA (2002) considera como fatores climáticos globais à radiação, latitude, altitude, massas de água e terra; os locais, a temperatura, umidade, movimento do ar e precipitações. Os fatores climáticos locais determinam as condições do microclima, isto é o clima em um local restrito, como por

exemplo, uma cidade, bairro, uma rua ou mesmo uma edificação em uma camada de ar junto ao solo.

### 2.2.1. CLASSIFICAÇÃO DO CLIMA

O clima possui fortes influências sobre os seres humanos, pois apresentam variações em cada local do planeta, sendo uma das principais características naturais para a constituição do meio ambiente.

Devemos considerar três níveis para diferenciar escalas climáticas e desta forma procuramos identificar o clima por meio de uma divisão ordenada e hierárquica, sendo elas: macroclima, mesoclima e microclima de modo a permitir que cada uma delas possa ser relacionada com a imediatamente superior e inferior.

Para RIBEIRO (1993) a classificação dos três níveis da escala climática podem ser definidas como:

*“...Nível macroclimático é a interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação. (...) Nível mesoclimático, interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre.(...) Nível microclimático, interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum”.*

Segundo TONIETTO & MANDELLI (2005) devem-se considerar três níveis para diferenciar escalas climáticas e serão explicadas a seguir:

1. MACROCLIMA = Podendo ser chamado de clima original ou clima regional é o resultado da situação geográfica e orográfica. Corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente vasto, exigindo, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos; em zonas com relevo acentuado os dados macroclimáticos possuem um valor apenas relativo exigindo, para sua caracterização, dados também de um conjunto de postos meteorológicos;

2. MESOCLIMA = Ou clima local, que corresponde a uma situação particular do macroclima, ou seja, o macroclima sofre localmente modificações em vários de seus elementos, o que determina um mesoclima (clima local). Normalmente, é possível caracterizar um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica, permitindo avaliar as possibilidades de uma cultura, do clima de floresta ou de uma vertente. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, podendo fazer referência à situações bastantes particulares do ponto de vista de exposições, declividade ou altitude, por exemplo. Muitas vezes o termo topoclima é utilizado para designar um mesoclima onde a orografia constitui um dos critérios principais de identificação, como por exemplo o clima de um vale ou de uma encosta de montanha;
3. MICROCLIMA = Correspondem às condições climáticas de uma superfície realmente pequena, ou seja, ao clima de escala. Pode-se considerar dois tipos de microclima: microclima natural – que corresponde a superfícies da ordem de 10 m a 100 m; e, microclima da planta – o qual é caracterizada por variáveis climáticas (temperatura, radiação) medida por aparelhos instalados na própria planta. O termo genérico de bioclima é utilizado para essa escala que visa o estudo do meio natural e das técnicas de cultivo.

Segundo GOMES (1980) assinalou a dificuldade prática das classificações, uma vez que elas não atendem nem às necessidades específicas dos pesquisadores nem a objetivos diversos. As classificações de THORNTHWAITE, DE MARTONE E KÖPPEN, tradicionais e universalmente aceitas, apresentam-se muito gerais.

Porém, segundo o mesmo autor, a classificação de KÖPPEN não poderia ser considerada, de fato, classificação climática, já que:

*“Não evidencia as influências de outros elementos climáticos, além da temperatura do ar”.*

## 2.3. CLIMA URBANO

No processo de urbanização a poluição do ar afeta a transferência de radiação e acrescenta núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação. A densidade e a geometria das edificações criam uma superfície rugosa que influencia na circulação do ar e no transporte de calor e vapor d'água. Os materiais de construção e o asfaltamento das ruas aumentam o estoque de calor, a impermeabilização do solo aumenta a possibilidade de enchentes. Esses fatores, associados a outros, contribuem para a formação de um microclima local, denominado clima urbano (MAITELLI, 1994 *apud* DOURADO, 2000).

De acordo com LOMBARDO (1985) o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. É um mesoclima que está incluído no macroclima e que sofre, na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos.

Deve-se analisar as variações do ambiente urbano, nos vários níveis, tais como nos bairros, ruas, casas, ambientes internos. A ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constitui o conjunto complexo de inter-relações que produzem o clima urbano (SOUZA,1990).

Tempo é o estado atmosférico em certo momento, considerado em relação a todos os fenômenos metodológicos: temperatura, vento, umidade, entre outros. Esse estado é essencialmente variável. Entretanto num determinado lugar em meio a essas contínuas mudanças, distingue-se de constante, de previsível, que constitui o que se chama clima.

Assim, o clima pode ser definido como a função característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas infinitas variações.

Os quatro fatores dinâmicos do clima – Temperatura, Umidade, Movimento do Ar e Radiação – afetam a perda de calor no homem. Esses fatores (elementos) climáticos não atuam isolados, mas conjuntamente. O efeito de sua ação conjunta sobre o indivíduo denomina-se pressão térmica (MASCARÓ,1991).

De acordo com BUENO (1998), as alterações no clima urbano têm ficado mais evidentes a cada dia.

Segundo ROMERO (1988) *apud* BUENO (1998):

***“A prática do desenho urbano tem se dado sem levar em conta os impactos que provoca no ambiente, repercutindo não só no desequilíbrio do meio como também no conforto e salubridade das populações urbanas”.***

Esses impactos são decorrentes das mudanças das características térmicas das superfícies, das taxas de evaporação e dos novos padrões de circulação do ar, tendo como consequência denunciadora à formação das chamadas ilhas de calor, que corresponde ao aumento de temperatura de uma determinada área urbana em relação aos seus arredores (LABAKI & SANTOS, 1996; BUENO, 1998).

DETWYLER & MARCU (1974), citado por ROMERO (1988) *apud* BUENO (1998), afirmam que as mudanças climáticas provocadas pela urbanização são três:

1. Alteração através da densa construção e pavimentação da superfície física do solo, impermeabilizando-a, aumentando sua capacidade térmica e sua rugosidade, ao mesmo tempo em que transforma o movimento do ar;
2. Aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo (ROMERO, 1988 *apud* BUENO, 1998);
3. Modificação da transparência da atmosfera devido à emissão de “contaminantes” (poeira, poluição, etc.).

Parâmetros como poluição do ar, direção e intensidade do vento, umidade, radiação de onda curta e longa, temperatura e balanço da energia urbana, foram considerados por DUFFRE *et al.* (1993) *apud* BUENO (1998), para a comparação das variações climáticas entre as áreas rurais e metropolitanas, a fim de se desenvolver um modelo de simulação urbana que pudesse ser generalizado, ou seja, utilizado em qualquer cidade.

Algumas características físicas dos centros urbanos têm efeito sobre o clima desses locais. Entre elas, GIVONI (1994) cita a localização dos mesmos numa determinada região; a densidade da área urbana; a orientação e largura das ruas; a altura relativa das edificações; os parques urbanos e áreas verdes particulares (BUENO, 1998).

De acordo com LOMBARDO (1985), em seu estudo sobre a cidade de São Paulo, existe uma estreita relação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação de temperatura superficial. As altas temperaturas são verificadas em áreas onde o crescimento vertical é intenso, onde exista altas densidades demográficas e pouca quantidade de vegetação, principalmente em setores industriais e residenciais. Contudo as regiões que possuem uma maior concentração de espaços livres, com vegetação ou próximos a reservatórios de água, sofrem acentuados declínios de temperatura.

Isso se explica porque as massas de águas interferem no balanço de energia devido à sua alta capacidade calorífica e pelo consumo de calor latente pela evaporação. Além disso, uma maior quantidade de vegetação também muda o balanço de energia local, já que as plantas absorvem a radiação solar através dos processos de fotossíntese e transpiração.

Algumas conseqüências da pressão térmica que contribuem para a ineficiência do mecanismo da regulação são: incômodo causado pelo suor da pele, dor de cabeça, esgotamento, diminuição da atividade alimentícia por causa do suprimento insuficiente, do sangue e até possíveis deficiências de sal devido às perdas através do suor.

Por isso, não é suficiente oferecer condições mínimas para que a temperatura do corpo se mantenha dentro de limites razoáveis. Deve-se evitar circunstâncias prejudiciais dos processos de regulação térmica a partir do ponto que começam a interferir nas execuções das funções normais ou na manutenção da saúde (MASCARÓ, 1991).

Segundo MASCARÓ (1991), a temperatura do ar em relação à incidência da radiação solar em diferentes superfícies nas diversas estações do ano, pode-se chegar às seguintes condições:

1. Num dia de céu claro, quando o sol está aproximadamente no zênite, ou seja, nas latitudes entre 30°N e 30°S, ao meio-dia na estação apropriada, a incidência máxima de radiação solar na superfície horizontal terá um valor de 870 Kcal/m<sup>2</sup>.h;
2. A incidência total máxima, durante o ano, se produz nos lugares de céu claro, ao redor das latitudes 15°N e S;

3. A incidência total máxima durante o dia de verão, acontece nos lugares de céu claro, ao redor das latitudes 40°N e S;
4. Quanto mais nuvens tenham o céu típico da região, menor será a incidência de radiação solar na superfície da terra. A quantidade de chuvas na região é um indício provável de nebulosidade.

De acordo com BROWN & DEKAY (2004), o clima atua como um contexto da seguinte forma:

1. O quadrante solar: pode ser usado para avaliar os efeitos das condições existentes no sítio, os impactos das alternativas de volumetria, o nível de penetração do sol nas edificações e a eficiência dos elementos de sombreamento;
2. A radiação solar: disponível por hora, em uma superfície horizontal pode ser usada com a temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos;
3. O cata vento: fornece informações mais específicas do que a rosa dos ventos. Ele tabula, para período de três horas e para cada mês, a velocidade dos ventos predominantes, a orientação dos ventos predominantes naquela velocidade e a percentual hora que o vento sopra naquela direção.

Verifica-se, assim, que uma das melhores formas de sombrear a cidade durante o período quente é através do uso da vegetação, devido ao baixo valor de albedo, à energia que gasta nos processos fisiológico e à quantidade de vapor d'água que produz.

## **2.4. RADIAÇÃO SOLAR**

A radiação solar é a energia transmitida pelo sol (motor de todo o sistema de vida terrestre) sob a forma de ondas magnéticas (ROMERO, 2000). Ao atravessar a atmosfera, a radiação é dispersa, em parte devido à ação da poeira e de outras moléculas em suspensão, em parte porque é refletida difusamente a partir da fração inferior das nuvens (OLGAY, 1963).

A diferença entre a quantidade de radiação recebida na superfície terrestre e a emitida de volta a partir da superfície da terra é a perda de calor radioativo ou radiação terrestre (BARDOU, 1984).

Quando o céu está encoberto, a perda é mínima, devido ao fato de que as partículas de água das nuvens absorvem e reemitem a maioria da radiação vinda da terra. A radiação terrestre é, portanto, maior quando a atmosfera está clara e seca, e menor quando a quantidade de vapor d'água, poeira e, particularmente, as nuvens aumentam (ROMERO, 2000).

Segundo BARDOU & ARZOUMANIAN (1984), o balanço final, nulo em um ano, se estabelece em termos de somas pontuais, já que todos estes fenômenos de intercâmbios são sensíveis às condições locais: diferenças entre os Pólos e Equador; condições climáticas (nuvens, bruma) estado, natureza, cor e temperatura do solo terrestre.

Para OMETO (1981) a produção de energia pelo sol é um fator constante, mas a que alcança a superfície do solo, em um local qualquer, não o é. Associado ao fato de ser o eixo da terra inclinado em relação ao equador solar, e a posição relativa terra-sol alterada a cada instante, um mesmo local sobre o globo terrestre, recebe durante o ano, quantidades diferentes de energia solar. Para o autor, há diferenças de energia solar incidente no solo, inicialmente segundo o aspecto teórico da não existência da atmosfera e com esta presente.

De acordo com OMETO (1981), a radiação solar global, ao atravessar a atmosfera sofre absorção, difusão seletiva e reflexiva. Esses fenômenos não são suficientes para reter todo o espectro da radiação solar, sendo, portanto, que grande parte da radiação solar global atravesse a atmosfera sem qualquer interação, alcançando diretamente a superfície do solo. A parcela que interage com a atmosfera, incidindo posteriormente na superfície do solo é chamada radiação difusa, e a parcela que não interage, alcançando diretamente a superfície do solo é chamada radiação direta.

Percentualmente, a absorção da radiação solar na atmosfera compreende 23%. A radiação direta, isto é, que passa sem interagir com a atmosfera é da ordem de 25%. A radiação difusa, seletiva ou não corresponde a 26%. Como resultante do processo de difusão seletiva e ou reflectiva, metade da radiação vem em direção à terra e outra metade para o espaço. A distribuição citada, é tomada em função dos valores médios da latitude, declinação solar, ângulo horário e principalmente a turbidez atmosférica (OMETO, 1981).

A radiação solar global alcança uma superfície vegetada, desmembrada em radiação solar direta e radiação solar difusa. O espectro que alcança a superfície vai de 280 a 4000 nm. Apesar do sistema foliar absorver integralmente as energias emitidas pelo meio ambiente, isso não ocasiona maiores transtornos, em termos energéticos, porque a energia dessas ondas é baixa e também, porque em condições de equilíbrio a parcela de energia absorvida é exatamente igual a parcela emitida (OMETO, 1981).

PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS (2002) definem a radiação solar como a maior fonte de energia para a Terra, sendo também o principal elemento meteorológico, pois é ela que desencadeia todo o processo meteorológico afetando todos os outros elementos (temperatura, pressão, vento, chuva, umidade, etc.). Embora o Sol tenha um raio aproximado de  $6,96 \cdot 10^8$  m, para efeitos de estudo da radiação solar na superfície da Terra admite-se que ele funciona como uma fonte pontual de energia. Ele emite radiações igualmente em todas as  $4\pi$  direções. Portanto, se a intensidade luminosa em um dado instante for igual a  $I$ , então o total de energia emitida naquele instante será igual a  $4\pi I$ . Nesse mesmo instante, a Terra se situa em uma esfera cujo raio é igual à sua distância do Sol ( $D$ ). Pelas restrições admitidas, o total de energia emitida ( $4\pi I$ ) será igualmente distribuído na área  $4\pi D^2$ , resultando em uma densidade de fluxo igual a  $I/D^2$ , definida pela lei do inverso quadrado da distância, ou seja, a energia recebida em uma superfície é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte e superfície receptora. Devido à distância Terra-Sol e à relação entre os volumes dos dois astros, apenas uma pequeníssima fração da energia emitida atinge a superfície da Terra na forma de um feixe de raios paralelos entre si.

As ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol recebem o nome de radiação solar. Essas ondas se estendem por um espectro de comprimento variado e caracterizam três regiões distintas: região do ultravioleta (comprimento de onda de 290nm a 380nm), do visível (comprimento de onda de 380nm a 780nm) e ao infravermelho (comprimento de onda de 780nm a 2500 nm). Todo esse espectro é considerado de onda curta (BUENO, 1998).

Segundo BARDOU & ARZOUMANIAN (1984) *apud* BUENO (1998), a região do visível corresponde a 44% da energia solar transmitida, a do infravermelho a 53% e a do ultravioleta a 3%.

A radiação ultravioleta (R-UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100 e 400nm. De acordo com a intensidade que a R-UV é absorvida pelo oxigênio e ozônio e, também pelos efeitos fotobiológicos costuma-se dividir a região UV em três intervalos e que estão apresentados no quadro a seguir:

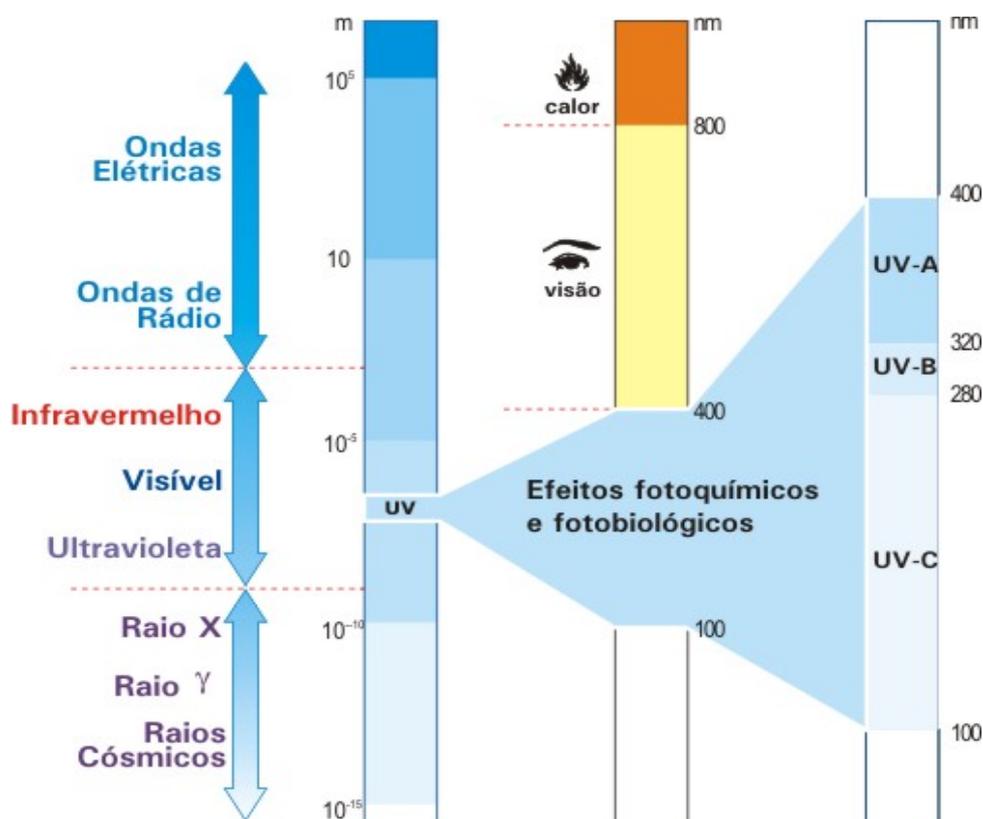
**QUADRO 2** – Valores do intervalo espectral

NOME	INTERVALO ESPECTRAL (NM)	CARACTERÍSTICAS
UVC	100 - 280	Completamente absorvida pelo O <sub>2</sub> e O <sub>3</sub> estratosférico e, portanto, não atinge a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.
UVB	280 - 320	Fortemente absorvida pelo O <sub>3</sub> estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
UVA	320 - 400	Sofre pouca absorção pelo O <sub>3</sub> estratosférico. É importante para sintetizar a vitamina D no organismo. Porém o excesso de exposição pode causar queimaduras e, a longo prazo, causa o envelhecimento precoce.

FONTE: BUENO (1998).

Pode-se dizer que o Sol emite energia em, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético permeados pelas diversas linhas de absorção. 44% de toda essa energia emitida se concentram entre 400 e 700 nm, denominado espectro visível de energia. O restante é dividido entre **radiação ultravioleta** (< 400nm) com 7%, infravermelho próximo (entre 700 e 1500nm) com 37% e infravermelho (> 1500nm) com 11%. Menos de 1% da radiação emitida concentra-se acima da região do infravermelho, como seja,

microondas e ondas de rádio, e abaixo da região ultravioleta, como raios X e raios gama, conforme figura 1.



**FIGURA 1** – Efeitos Fotoquímicos e Fotobiológicos  
FONTE: BUENO (1998)

Conforme a excentricidade da órbita terrestre entre a distância da Terra e o Sol, será a incidência de energia nas camadas superiores da atmosfera. Como se pode definir, a constante solar é:

Segundo BUENO (1998):

*“... a energia vinda do sol, por unidade de tempo, recebida em uma unidade de área de superfície perpendicular à direção de propagação da radiação, a uma distância média entre a Terra e o Sol, fora da atmosfera”.*

Esse valor médio obtido através de medições, é de  $1353 \text{ W/m}^2$ , com um erro estimado de  $\pm 1,5\%$ .

Cabe lembrar algumas definições sobre radiação descritas por DUFFIE & BECKMAN (1980) *apud* BUENO (1998).

1. Radiação direta: aquela recebida do Sol sem ter sido espalhada de alguma forma pela atmosfera;
2. Radiação difusa: é a radiação que teve sua direção alterada por elementos presentes na atmosfera;
3. Radiação de onda curta: tem seu espectro compreendido entre 300 nm e 3000 nm, e inclui as componentes direto e difuso;
4. Radiação de onda longa: tem seu espectro valores acima de 3000 nm e sua origem em fontes com temperaturas próximas à ambientes.

Devido ao eixo de rotação da Terra ser inclinado de aproximadamente  $23^{\circ}30'$  em relação ao seu plano de translação ao redor do Sol (plano de eclíptica), a intensidade da radiação do planeta, varia conforme a época do ano. No dia 21 de junho, o Sol atinge perpendicularmente o Trópico de Câncer e a intensidade dos raios solares tem seu máximo no Hemisfério Norte. Já no dia 22 de dezembro, a perpendicularidade da radiação é sobre o Trópico de Capricórnio e a máxima intensidade da energia solar ocorre no Hemisfério Sul (GIVONI, 1981; LECHNER, 1991 *apud* BUENO, 1998).

De acordo com BUENO (1998), no Brasil, o solstício de verão acontece no dia 22 de dezembro e o de inverno no dia 21 de junho. Nos equinócios terrestres, dias 23 de setembro e 22 de março, o Sol atinge perpendicularmente o Equador terrestre resultando, em qualquer latitude, uma mesma duração tanto para o dia quanto para a noite. Essa variação da radiação solar, devido à translação da Terra, é que produz o efeito das estações do ano, (verão, outono, inverno e primavera).

Vários são os efeitos da radiação solar presentes na atmosfera e no solo terrestre. Entre eles pode-se citar a luz e as cores, a fotossíntese das plantas, a ação bactericida e germicida, a

pigmentação da pele e a descoloração da matéria pela ação ultravioleta e, ainda, o calor em que toda radiação absorvida, principalmente a infravermelha é transferida (BUENO, 1998).

## **2.5. LATITUDE, LONGITUDE E ALTITUDE**

A latitude, a longitude e a altitude sobre o mar são as coordenadas que determinam a posição de um ponto da superfície terrestre. A latitude sempre é referida à linha do Equador terrestre. A longitude sempre é referida à linha do Equador terrestre. Tomando como ponto de partida o Equador, a temperatura média do ar esfria-se paulatinamente para os Pólos, mas o esfriamento não é constante. As isotermas não seguem rigorosamente os paralelos, desviando-se pelo efeito da altura, ventos, correntes marinhas e outros fatores do clima (ROMERO, 2000).

Segundo FITCH (1975), o principal fator geográfico no meio é expresso pela latitude, já que sua distância a partir da linha do Equador determina a quantidade de energia solar que cada ponto vai receber. A longitude, diz o autor, não possui a mesma importância, pois se refere muito mais à localização e nunca ao clima.

A altitude está referida ao nível do 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. O gradiente termométrico do ar é de aproximadamente 1° C para cada 200 m de altura, com pouca variação em relação à latitude e às estações (ROMERO, 2000).

## **2.6. VENTOS**

O vento é uma consequência direta das variações barométricas, devido ao desequilíbrio atmosférico, cujas causas essenciais são:

***“A heterogeneidade do globo terrestre do ponto de vista da absorção local da energia solar e da diversidade nas trocas energéticas no interior das próprias correntes gasosas ou nas suas proximidade, (ROMERO, 2000).”***

São fundamentalmente correntes de convecção na atmosfera, que tendem a igualar o aquecimento diferencial das diversas zonas. O diagrama de movimento fica modificado pela rotação terrestre.

Segundo VILLAS BOAS (1983) *apud* ROMERO (2000):

***“A diferença de pressão, ou de temperatura, entre dois pontos da atmosfera gera um fluxo de ar, que se desloca das regiões mais frias (baixa pressão) para as regiões mais quentes (alta pressão), condição em que, somada à força mecânica gerada pelo movimento de rotação da Terra (Força de Coriolis), define a próxima circulação geral da atmosfera.”***

Para ROMERO (2000), na zona de máximo aquecimento (que fica entre os trópicos de Câncer e Capricórnio), o ar se aquece, se expande, diminui sua pressão, fica mais leve e, deslocando-se verticalmente, se dirige para as zonas mais frias das camadas superiores. Parte deste ar desce à superfície nas regiões subtropicais e o ar mais frio e mais pesado, com direção Norte e Sul, dirige-se para o Equador.

Na região onde o ar se eleva, que corresponde à junção dos ventos Norte e Sul, forma-se uma frente tropical. Esta região sofre condições de calma completa ou brisas muito leves de direções irregulares (ROMERO, 2000).

A atmosfera gira com a terra. Como seu peso é leve, ela se comporta como um fluido mantido contra a superfície terrestre pela gravidade e fricção. O ar tende a retrasar-se em relação à velocidade da rotação terrestre, onde esta é mais rápida, isto é, no Equador (ROMERO, 2000).

Como o sentido do giro da terra é de Oeste a Leste, todo vento do Leste tem um efeito de freio sobre a superfície terrestre, enquanto todo vento do Oeste tem um efeito acelerante. No transcurso do ano, o diagrama global de ventos de Koenigsberger muda de Norte a Sul e vice-versa. Dada esta mudança anual, a maior parte das regiões terrestres experimentam

mudanças estacionais não somente na temperatura, mas também na direção do vento e das precipitações (como consequência do ar carregado de vapor d'água) (ROMERO, 2000).

Além dos deslocamentos das massas de ar numa escala global atuam também no clima os ventos locais, provocados pelos diferenciais térmicos gerados pelas presenças de terra e água, vale e montanha, etc. (ROMERO, 2000).

Para o desenho urbano, o interesse centra-se nos ventos locais, sendo preciso conhecer somente como se processam os mecanismos de vento nas camadas mais baixas da atmosfera.

Os padrões de ventilação para um sítio específico podem ser compreendidos em relação aos dados dos aeroportos através da simulação da forma pelo qual o sítio modifica os ventos em um túnel aerodinâmico. Quando os testes em túneis aerodinâmicos não forem possíveis, o projetista poderá estimar as direções e velocidades dos ventos usando três princípios que governam o movimento do ar e familiarizando-se com a forma pelo qual os ventos integram com os elementos naturais e construídos (BROWN & DEKAY, 2004).

Em climas quentes e úmidos, que é predominante na maior parte do Brasil, as oscilações das temperaturas diárias e sazonais são pequenas e o nível da umidade relativa do ar é bastante alta, com isso a temperatura do ar raramente ultrapassa a temperatura do corpo. Ainda nesse tipo climático, é típico a existência de céu parcialmente nublado, produzindo uma grande quantidade de radiação difusa.

Segundo LÔBO & BITTENCOURT (2003), a ventilação nesse tipo de clima pode ser usada para duas finalidades complementares. A primeira é resfriar o edifício, aquecido pela radiação solar e por ganhos internos de calor (através de ocupação, iluminação artificial, etc.), onde altas taxas de ventilação podem fazer com que a temperatura interna se aproxime da externa. A segunda finalidade da ventilação consiste no resfriamento fisiológico e se refere à evaporação do suor e trocas de calor por convecção, quando as correntes de ar estão em contato com o corpo humano. O resfriamento fisiológico é particularmente importante nas regiões quentes e úmidas, já que o suor é geralmente, uma importante causa de desconforto.

A ventilação diminui a temperatura efetiva, atuando na evaporação do suor e acelerando as trocas de calor por convecção entre o fluxo de ar e o corpo. Com ventos de baixa velocidade, a temperatura radiante e a temperatura do ar produzem efeitos semelhantes na sensação de conforto térmico; mas, com ventos de alta velocidade, a temperatura do ar domina a percepção de conforto (LÔBO & BITTENCOURT, 2003).

Os benefícios da ventilação parecem ser independentes da direção do vento em relação ao corpo, porém a turbulência do vento foi reconhecida, há algum tempo como uma importante variável de conforto.

## **2.7. MASSAS DE ÁGUA E TERRA**

A proporção entre as massas de terra e os corpos de água num dado território produz um impacto característico no clima. As massas continentais de terra produzem grandes variações mesmo ao longo de uma mesma latitude, verificando-se também grandes extremos estacionais junto a uma dada região.

A principal razão para que estes fenômenos se manifestem pode ser atribuída à diferente capacidade de armazenagem de calor das massas de água e de terra. Enquanto a água possui o mais alto calor específico, a acumulação de calor é muito menor na água que na terra (ROMERO, 2000).

O efeito de qualquer corpo de água sobre seu entorno imediato reduz as temperaturas extremas diurnas e estacionais; grandes massas de água possuem um pronunciado efeito estabilizador.

As massas de terra possuem grandes diferenças de armazenagem de calor, devido particularmente às características físicas do solo. As elevações possuem também um impacto climático importante sobre as terras baixas das proximidades. Geralmente forçam as massas de ar úmidas a subir e, neste processo, o ar esfriado provoca a condensação. Como resultado, as massas de ar descarregam a maioria de sua umidade (na forma de chuva, granizo ou neve)

no lado mais quente da área. Este fenômeno produz a chamada sombra de chuva (ROMERO, 2000).

## 2.8 TOPOGRAFIA

A topografia é o resultado de processos geológicos e orgânicos. A forma da superfície terrestre afeta particularmente o microclima. As regiões acidentadas possuem os microclimas mais variados. Cada pendente possui características próprias.

Para ROMERO (2000) a orientação e sua declividade do terreno influenciam os aportes de radiação. A força, direção e conteúdo da umidade dos fluxos de ar estão muito influenciados pela topografia. Os fluxos de ar podem ser desviados ou canalizados pelas ondulações da superfície terrestre; por exemplo, quando uma massa de ar é descendente dificilmente ocorrerão precipitações, e devido a isto as características pluviométricas variam muito entre localidades situadas a barlavento ou sotavento das montanhas.

Na topografia devem ser consideradas a declividade, a orientação, a exposição e a elevação das ondulações da superfície da terra. As pequenas mudanças de elevação e de orientação podem produzir variações significativas em lugares separados por pequenas distâncias (ROMERO, 2000).

Segundo LYNCH (1980) *apud* ROMERO (2000), pode-se considerar que a variante mais importante da superfície seja a presença ou ausência de água: o conteúdo de umidade do solo, seu dreno e a posição do lençol freático.

Para FITCH (1975) *apud* ROMERO (2000), os efeitos combinados de elevação e de orientação podem produzir espetaculares anomalias climáticas. A esse fator se juntam outros dois: as massas de ar aquecidas, que deslizam para baixo nas encostas sul no inverno, e o reservatório de calor representado pelos lagos.

## 2.9. VEGETAÇÃO

A vegetação contribui de forma significativa ao estabelecimento dos microclimas. O próprio processo de fotossíntese auxilia na umidificação do ar através do vapor d'água que libera. Em geral, a vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos, reduzindo os extremos ambientais.

A vegetação auxilia na diminuição da temperatura do ar, absorve energia, favorece a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial à renovação do ar (ROMERO, 2000).

A autora declara ainda que, um espaço gramado pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor.

Para FITCH (1975) *apud* ROMERO (2000) afirma que uma fileira de árvores pode reduzir a velocidade do vento em 63%.

Segundo GUYOT (1980) *apud* ROMERO o efeito produzido pela folhagem de uma árvore sob a superfície que se encontra imediatamente abaixo dela. O autor afirma que esta folhagem:

*“cria uma espécie de ‘céu’ e sua temperatura radiante é mais elevada que a abóbada celeste, o que permite uma diminuição da emissão de radiação infravermelha da superfície terrestre”.*

### 2.9.1. A VEGETAÇÃO E A RADIAÇÃO

Segundo BUENO (1998), vários autores mencionam que a vegetação, além de bloquear sua incidência, absorve a maior parte dessa radiação e contribui para o equilíbrio do balanço de energia nas cidades.

ROMERO (1988) *apud* BUENO (1998), afirma que:

*“... em geral, a vegetação deve proporcionar sombra quando esta é necessária, sem, no entanto interferir com as brisas e*

*essencialmente, auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo do calor latente por evaporação.”*

Segundo GOMES & AMORIM (2003), a vegetação é, pois um importante componente regulador da temperatura urbana, pois absorve com muito mais facilidade a radiação solar que é utilizada nos seus processos biológicos: fotossíntese e transpiração. Assim como as áreas mais arborizadas das cidades, àquelas localizadas próximo aos grandes corpos d'água como os reservatórios tendem a apresentarem temperaturas mais amenas.

De acordo com GOMES & AMORIM (2003), a maior quantidade de vegetação implica na mudança do balanço de energia, devido à necessidade de as plantas absorverem o calor em função de seus processos vitais.

## **2.10. SUPERFÍCIE DO SOLO**

A análise da superfície do solo pode ser realizada a partir de seus dois aspectos mais importantes: o solo natural e o solo construído. A análise do primeiro aspecto revelará o potencial hídrico, as quantidades de areias e cascalhos para possíveis drenagens, filtrações, erosões e capacidade térmica, informações estas fundamentais para determinar os índices de reflexão ou absorção da superfície do solo. Numa classificação esquemática pode-se encontrar as seguintes condições: lodo, turfa, argila, areia, cascalho e rocha, segundo ROMERO (2000).

Segundo LYNCH (1980) *apud* Romero (2000), se o solo possui um albedo<sup>2</sup> baixo e uma condutibilidade alta, o microclima resultante é suave e estável, uma vez que o excesso de calor é absorvido e armazenado rapidamente e, quando as temperaturas diminuem é rapidamente devolvido. Os materiais de superfície com alto albedo e baixa condutibilidade contribuem para criar um microclima de extremos, já que não auxiliam para equilibrar os contrastes.

---

<sup>2</sup> Albedo – é a proporção entre a luz do sol recebida e refletida por uma superfície (Romero, 2000:34).

O dreno do solo aumenta seu albedo e diminui sua condutibilidade, tornando o clima local instável. Ao mesmo tempo, ele reduz a umidade e, conseqüentemente, o efeito refrescante produzido pela evaporação se perde (ROMERO, 2000). Da análise do aspecto do solo construído ou modificado pela ação do homem destaca-se o processo de urbanização que, ao substituir por construções e ruas pavimentadas e cobertura vegetal natural, altera o equilíbrio do microambiente. Isto produz distúrbios no ciclo térmico diário, devido às diferenças existentes entre a radiação solar recebida pelas superfícies construídas e a capacidade de armazenar 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 de superfície terrestre.

Já DETWYLER (1974) *apud* ROMERO (2000), trata das alterações climáticas provocadas pela urbanização. Segundo ele, as alterações são três:

1. Mudanças da superfície física da terra, pela densa construção e pavimentação, fazendo com que a superfície fique impermeável, aumentando sua capacidade térmica e rugosidade e, ao mesmo tempo, alterando o movimento do ar;
2. Aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo;
3. Emissão de contaminantes, que aumentam as precipitações e modificam a transparência da atmosfera.

Estas três alterações resultantes da urbanização, aliadas ao fluxo material de energia, produzem um balanço térmico especial nos centros urbanos: o domo urbano. Este domo contém uma circulação de ar típica, fazendo com que a cidade se pareça com uma ilha quente rodeada por um entorno mais frio. Daí o efeito ser conhecido como “ilhas de calor”.

A definição de ilha de calor é segundo LOMBARDO (1985):

*“A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local. O efeito da ilha de calor nas cidades ocorre devido à redução de evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados”.*

Segundo ROMERO (2000), sob a ação da ilha de calor as áreas centrais urbanas ganham consideravelmente energia térmica pelos mecanismos de absorção e trocas de calor

entre as massas construídas. Esse aquecimento urbano produz diferentes campos de pressão, provocando uma ventilação própria que pode alterar o movimento de ar regional.

O ar aquecido no centro das massas construídas sobe, dando origem a correntes verticais que, aliadas à nebulosidade e maiores índices de condensação, favorecem a retenção de poluentes (forma-se uma espécie de teto). Os poluentes são carregados pelas correntes verticais e logo dispersos sobre o entorno, num processo contínuo que conforma dentro de uma calota ou domo um movimento circulatório de gases (ROMERO, 2000).

## 2.11. TEMPERATURA

Para ROMERO (2000), 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. 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.

A autora declara que, a relação entre as taxas de aquecimento e esfriamento da superfície da terra é o fator determinante da temperatura do ar. O ar próximo à superfície da terra não apresenta obstáculos à passagem de radiação solar, o que tem somente um efeito indireto na temperatura do ar, uma vez que esta depende da quantidade de calor ganho ou perdido pela superfície da terra ou outras superfícies com as quais o ar tenha estado em contato.

O ar em contato com a superfície que obteve ganhos de calor é, por sua vez, aquecido por condução; devido a este fenômeno, o calor adquirido é transferido às camadas superiores principalmente por convecção; assim, as camadas inferiores ficam instáveis misturando-se constantemente com as camadas altas, continua a autora.

Verificando-se trocas de calor nas superfícies, os padrões anuais e diários da temperatura do ar também variam; por exemplo, durante a noite e durante o inverno a superfície da terra é geralmente mais fria que o ar (ROMERO, 2000).

A topografia de um lugar também exerce uma grande influência na temperatura do ar. KOENIGSBERGER (1977) diz a respeito:

*“uma diferença de 7 a 8 m de altura podem produzir diferenças de 5 a 6°C nas temperatura do ar sob condições de calma.”*

Segundo ROMERO (2000), normalmente verifica-se uma diminuição de temperatura à medida que aumenta a altura, mas pode acontecer também um fenômeno inverso, isto é, a temperatura aumenta com a altura. Isto acontece porque o calor que a terra absorveu durante o dia é reirradiado para o espaço durante a noite. O solo esfria rapidamente e sua temperatura fica inferior à das camadas de ar adjacentes. O fluxo calórico que durante o dia dava lugar a uma corrente ascendente do ar aquecido e leve, durante a noite é inverso, formando uma corrente descendente do ar para o solo.

O processo de esfriamento do solo até ficar com uma temperatura inferior à da camada de ar logo acima começa no pôr-do-sol.

## **2.12. UMIDADE DO AR**

O vapor d'água contido no ar origina-se da evaporação natural da água, da evapotranspiração dos vegetais e de outros processo de menor importância. A capacidade do ar para conter vapor d'água aumenta com a temperatura. A distribuição do vapor sobre a terra não é uniforme, sendo em média maior nas zonas equatoriais e menor nos pólos, acompanhando os padrões anuais de radiação e temperatura (ROMERO, 2000).

A quantidade e a proporção de vapor d'água na atmosfera podem ser expressos de várias maneiras, dentre as quais temos umidade absoluta, umidade específica, pressão de vapor e umidade relativa. A pressão de vapor e a umidade absoluta variam enormemente

segundo o lugar e estão sujeitas também às mudanças das estações, sendo maiores no verão que no inverno.

Segundo XAVIER (1999) a umidade do ar contribui para a perda de calor de um corpo por evaporação, como aproximadamente 25% da energia gerada pelo organismo é liberado em forma de calor latente (10% por respiração e 15% por transpiração) é importante que as condições ambientais no entorno do indivíduo estejam favorecendo a tais perdas, quando o calor for desconfortável.

A altitude produz modificações na pressão de vapor, como explica GIVONI (1976), a concentração de vapor d'água diminui à medida que aumenta a altura: o conteúdo de vapor nas camadas superiores de ar é menor que nas camadas próximas da terra.

Continua o autor, nas massas de terra que não contam com brisas marítimas, a pressão do vapor alcança seu mais alto nível antes da noite; então, fortes correntes convectivas surgem provocando movimentos ascendentes, e a pressão de vapor próxima do solo é reduzida. Com o término destas correntes à tarde, a pressão de vapor começa a crescer novamente. Sobre as massas de água, e também nas épocas de chuva sobre a terra, o padrão diurno de pressão de vapor acompanha a temperatura do ar. As grandes variações anuais na pressão de vapor são encontradas em regiões sob influência das monções<sup>3</sup>; estas recebem ar quente-úmido dos oceanos e ar seco das áreas continentais internas.

## 2.13. PRECIPITAÇÕES

Para ROMERO (2000), a evaporação das águas de superfície leva à formação de nuvens que redistribuem a água na forma de chuva ou outras precipitações, esta água flui através do córrego, rios e outros e volta para o oceano, completando o ciclo hidrológico. A restituição da água evaporada para a atmosfera a terra ocorre sob formas diversas, seja pelas condensações superficiais (orvalho, geada), seja pelas precipitações sob forma líquida (chuvas

---

<sup>3</sup> Monções: vento periódico, típico do Sul e do Sudeste da Ásia, que no verão sopra do mar para o continente (monção marítima) e no inverno sopra do continente para o mar (monção continental).

mais ou menos sólidas, neve e granizo) quantitativamente mais significativas e que podem ser mensuráveis.

As massas de ar, quando são impulsionadas a subir, produzem três tipos de precipitações (GIVONI, 1976): convencional, orográfica e convergente.

## 2.14. MOVIMENTO DO AR

O movimento do ar é resultado das diferenças de pressão atmosférica verificadas pela influência direta da temperatura do ar.

GOMES (1980) *apud* ROMERO (2000) assinala que:

*“O complexo jogo de temperaturas, pressões, inércia de movimento, mesmo assim inteligível em condições ideais numa terra cuja superfície fosse lisa e de constituição uniforme, traduz-se, com se refere, em movimentos de massas de ar que forçosamente se interferem e desordenam mutuamente...”*

## 2.15. EQUILÍBRIO TÉRMICO EM UM ESPAÇO URBANO

Some-se a isto que, abordar os aspectos conceituais de clima, temperatura, umidade, radiação, altitude, vento e vegetação são fundamentais para que se aprofunde no tema tratado, pois são elementos relevantes para que se compreenda a sistemática da região pesquisada, considerada ilha de calor<sup>4</sup> (IC). PETERSON (1973)<sup>5</sup> e LANDSBERG (1981)<sup>6</sup> ao citarem vários estudos sobre os efeitos do tamanho da cidade na intensidade da IC, mostram alguns exemplos onde cidades menores possuem IC mais intensas que cidades maiores. Ambos chamam a atenção para o fato da intensidade da IC depender das condições micro e

---

<sup>4</sup> As cidades de latitudes médias apresentam farta bibliografia sobre Ilhas de Calor (e clima urbano em geral). São desses estudos que advém a maioria dos conhecimentos deste fenômeno, embora, no Brasil já se tenha iniciado a pesquisa neste campo.

<sup>5</sup> PETERSON, J.T. The Climate of Cities: a survey of recent literature. In: *Climate in review*, University of Waterloo, 1973.

<sup>6</sup> LANDSBERG, Helmut. The Urban Heat Island. In: *The Urban Climate*, Academic Press, New York, 1981.

mesoclimáticas locais. Com base nessas afirmações, será constatado se a área pesquisada se adequa a essa afirmativa teórica. Desse modo, abordaremos o aspecto climático na influência do espaço urbano.

## 2.16. O CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico implica necessariamente na definição de índices em que o ser humano sinta confortabilidade em decorrência de condições térmicas agradáveis ao corpo. Conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de auto-regulação são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifestam se sentir bem (GOMES & AMORIM, 2003).

Segundo BUENO (1998), a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa e a movimentação do ar influem na precipitação térmica do homem.

Para ROMERO (1988) *apud* BUENO (1998), o ser humano possui dois mecanismos de regulação térmica que lhes permitem adaptar-se às variações desses elementos do clima:

1. Mecanismo fisiológico: como batidas cardíacas, suor, dilatação dos vasos, variações de fluxo sanguíneo, contração dos músculos, arrepios e ereção dos pelos;
2. Mecanismo comportamental: com redução da capacidade de trabalho, prostração e sono.

Já ROMERO (1988) *apud* BUENO (1998), afirma que:

*“A quantidade de calor que é produzida pelo organismo, em um dado ambiente, depende principalmente do tipo e intensidade da atividade e da estrutura do indivíduo e, em menor escala, da idade, do sexo e da adaptação ao clima da região.”*

Segundo BUENO (1998), o estudo quantitativo da influência das condições térmicas de um ambiente, no ser humano, depende de medições das variáveis desse ambiente e da

análise das reações das pessoas à ação dessas variáveis; além disso, é necessário expressar a relação entre causa e efeito, quando possível, com um único valor numérico.

Portanto, as condições de conforto térmico são funções de uma série de variáveis.

FROTA & SCHIFFER (1995) lembram que para avaliar essas condições, a pessoa deve estar vestida adequadamente e sem problemas de saúde ou aclimatação. E também que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico são diferentes para habitantes de clima quente e úmido, de clima quente e seco, e principalmente de clima temperado ou frio.

### **2.16.1. A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO**

Para BUENO (1998) o comportamento dos diferentes materiais em relação à absorção, reflexão (albedo) e transmissão solar, é bastante variável no meio ambiente, e também quando comparado com a vegetação.

Segundo PEIXOTO; LABAKI; SANTOS (1995) *apud* BUENO (1998), a vegetação desempenha um importante papel no controle da temperatura ambiente, velocidade e direção predominante dos ventos, umidade do ar, radiação solar e precipitações.

Dessa forma, o efeito das árvores e áreas verdes deve ser analisado no contexto da constatação de deterioração climática, (BERNATZKY, 1982 *apud* BUENO, 1998).

Para SATTLER (1992) *apud* BUENO (1998), a vegetação pode ser utilizada para interceptação da radiação direta e difusa, como também daquela refletida pelo solo ou edificações próximas. Porém, o desempenho de cada indivíduo arbóreo varia conforme a densidade de sua folhagem ao longo do ano (ciclo fenológico de cada espécie), as condições de transparência do céu e a posição relativa do Sol.

## 2.16.2. INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CENTRO URBANO

No processo de urbanização a poluição do ar afeta a transferência de radiação e acrescenta núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação. A densidade e a geometria das edificações criam uma superfície rugosa que influencia na circulação do ar e no transporte de calor e vapor d'água.

O micro clima recebe influências de fatores climáticos locais, que são a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído.

Um bom exemplo de construção que influi na temperatura de determinado local são os muros. Estes estreitam os espaços das ruas, contribuem para barrar a ventilação ao nível do usuário, aumentando a temperatura do ar do recinto quando são construídos com materiais que armazenam e, logo, irradiam calor (MASCARÓ, 2002).

As superfícies de pedra, asfalto e concreto da cidade absorvem e armazenam muito mais calor que a vegetação e a terra. Durante o dia, essas superfícies absorvem a radiação solar e, à noite, esfriam-se lentamente.

Em uma cidade de pequeno porte, como por exemplo, Sinop-MT, a intensidade de calor está relacionada com o crescimento acelerado das áreas centrais.

O efeito de ilha de calor corresponde a um dos mais significativos exemplos das modificações climáticas já documentadas e caracteriza-se pelo fato de o ar da área central urbana ser geralmente mais aquecido do que o ar das áreas circundantes (OKE, 1978).

A ilha de calor causa inúmeras conseqüências, envolvendo implicações biológicas, econômicas e meteorológicas. As implicações biológicas do fenômeno ilha de calor estão relacionadas ao conforto térmico, pois o excesso de calor associado à qualidade do ar na cidade pode prejudicar a saúde do homem, causando-lhe distúrbios de coração, de circulação e respiração (ERIKSEN, 1978 citado por LOMBARDO, 1985 *apud* DOURADO, 2000).

Quanto às implicações meteorológicas a ilha de calor pode modificar as correntes de vento na cidade, aumentando a possibilidade de concentração de poluentes, que por sua vez pode causar um aumento das precipitações nas áreas urbanas (LOMBARDO, 1985 *apud* DOURADO, 2000).

Segundo OKE (1978), os principais fatores que contribuem para a elevação da temperatura do centro da cidade são:

1. Aumento da entrada de ondas longas devido à absorção das ondas longas que saem e sua reemissão pelos poluentes atmosféricos;
2. Diminuição das perdas da radiação de ondas longas nos “canyons” devido à redução do “sky view factor” pelas construções;
3. Maior absorção da radiação de ondas curtas devido o efeito da geometria dos prédios no albedo;
4. Maior armazenamento de calor durante o dia devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e liberação deste a noite;
5. Adição de calor antropogenético (pela utilização de aquecedores, refrigeradores, transportes e operações industriais);
6. Diminuição da evapotranspiração, devido à remoção da vegetação e das superfícies líquidas das cidades, o que diminui o fluxo de calor latente e aumenta o fluxo de calor sensível.

É possível perceber que as maiores temperaturas serão notadas em lugares com baixa quantidade de vegetação, enquanto que as temperaturas mais amenas serão notadas nas áreas verdes e nas proximidades de superfícies líquidas.

Vegetação urbana é aquela que permite que o espaço construído se integre com o jardim e o parque, principalmente das regiões de climas tropicais e subtropicais úmidos, para constituir a paisagem da cidade (MASCARÓ, 2002).

Segundo MASCARÓ (2002), a vegetação atua nos microclimas urbanos contribuindo para melhorar a ambiência urbana sob diversos aspectos:

1. Ameniza a radiação solar na estação quente e modifica a temperatura e a umidade relativa do ar do recinto através do sombreamento que ameniza o rigor térmico da estação quente no clima subtropical e durante o ano na região tropical. Além disso, diminui as temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações, assim como a sensação de calor dos usuários;
2. Modifica a velocidade e a direção dos ventos;

3. Atua como barreira acústica;
4. Quando em grandes quantidades, interfere na frequência das chuvas;
5. Através da fotossíntese e da respiração, reduz a poluição do ar.

O desempenho térmico do recinto urbano também está influenciado pelas propriedades termo-físicas dos materiais das fachadas e pela geometria dos edifícios que o delimitam (perfil regular, saliências e reentrâncias).

Os valores de temperatura podem ser maiores ou menor dependendo da densidade de ocupação do solo, da disponibilidade de ventilação e da quantidade de vegetação presente, conforme foi comprovado em Novo Hamburgo-RS (MASCARÓ, 2002).

As árvores, principalmente as de grande porte, acrescentam ao recinto urbano tanto mais capacidade térmica, quanto mais massa se inclui, aumentando sua inércia e provocando queda diurna das variações de temperatura (MASCARÓ, 2002). As árvores em geral provocam um aumento da umidade relativa do ar em todos os recintos.

Verifica-se que recintos dotados de arborização são mais favoráveis a uma ambiência agradável e que, portanto, a vegetação funciona como termo regulador microclimático.

Com relação à velocidade do vento, esta está diretamente relacionada com os valores de umidade relativa do ar, podendo amenizá-la quando atingir valores superiores a 1,5m/s, acelerando as trocas térmicas no recinto urbano (MASCARÓ, 2002).

Esse mesmo autor considera que dentre os fatores que determinam o desempenho da vegetação com relação à ventilação, destacam-se as características do local:

1. Permeabilidade e perfil do recinto;
2. Orientação com relação aos ventos predominantes;
3. Densidade da ocupação e gabarito das edificações;
4. O porte, a forma, a permeabilidade, o período de desfolhamento e a idade das espécies arbóreas.

Segundo ROBINETE (1972) *apud* MASCARÓ (2002), são quatro os efeitos básicos da vegetação em relação ao vento:

1. **Canalização do Vento:** Melhora o condicionamento térmico de edificações e espaços abertos, porém pode ser incômodo se o vento atingir velocidades superiores a 3,5 m/s (12,6 km/h);
2. **Deflexão do Vento:** A vegetação pode funcionar como defletora do vento, alterando sua direção e sua velocidade, melhorando o conforto térmico do espaço urbano;
3. **Obstrução:** Serve para bloquear a passagem do vento, reduzindo sua velocidade e atenuando seus efeitos na diminuição de temperatura do ar;
4. **Filtragem:** Barreiras de vegetação têm a capacidade de reduzir a velocidade do vento e de barrar os resíduos por ele transportados.

Segundo MASCARÓ (1985), os efeitos da urbanização na ventilação urbana, inevitáveis nos climas quente-úmidos, podem ser otimizados por meio da altura relativa, forma e distância entre as edificações, reduzindo os consumos de energia.

É de extrema importância que em regiões de clima quente-úmido, as edificações fiquem mais separadas uma das outras de modo a aproveitar as correntes de ar e o uso da vegetação para amenizar a incidência da radiação solar.

Para MASCARÓ (1985), ao se elaborar um plano que inclua a escolha de um sítio e para selecionar o melhor desenho com o objetivo de minimizar o consumo de energia na edificação, deveriam se adotar os seguintes itens:

1. Uso da escala macroclimática para determinar a demanda de energia para a região considerada. Os dados específicos do sítio serão obtidos na estação meteorológica mais próxima;
2. Aplicação da informação climática aos efeitos topográficos e urbanos, para se obter uma estimativa da demanda das potencialidades correntes do sítio para implantação da edificação;

3. Estudar a localização e orientação da edificação no sítio de maneira a minimizar o ganho térmico natural e maximizar a ventilação cruzada nas regiões brasileiras sem estação fria.

A forma dos edifícios, a distâncias entre eles e a posição em relação à direção do vento dominante são os elementos que definem a eficiência da ventilação a nível urbano. Uma série de edifícios paralelos entre si, nos quais domina a altura em relação às outras medidas, receberão ventilação satisfatória se entre eles houver uma distância correspondente a sete vezes a altura do edifício (MASCARÓ, 1985).

A ventilação natural depende de fatores fixos e fatores móveis. Os fatores fixos são a forma e características construtivas das edificações, a forma e posição das edificações e espaços vizinhos, a localização e orientação da edificação, a posição, tamanho e tipo das aberturas. Já os fatores móveis são a direção, velocidade e frequência dos ventos e a diferença de temperaturas interiores e exteriores (MASCARÓ, 1985).

Portanto, baseando-se no conhecimento do clima e nos métodos de redução do consumo de energia pode-se esboçar o projeto da edificação e estabelecer as características do entorno de forma a minimizar as perdas e os ganhos térmicos e, conseqüentemente, a energia consumida no uso da edificação.

## **2.17. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO CENTRO-OESTE**

O Centro-Oeste possui uma área de 1.612.077,2 km<sup>2</sup>, que equivalem a 18,86% do território nacional. Compreende os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal.

Segundo NIMER (1979) *apud* DUARTE (1995), as diversas formações do relevo e a grande extensão latitudinal conferem à região uma diversificação térmica só superada pela região sudeste.

O relevo desta região é composto por vastas superfícies baixas (menos de 200 m), extensas chapadas sedimentares (de 700 a 900 m) e de elevadas superfícies cristalinas (de 900 a 1200 m). Caracteriza-se pela predominância do extenso Planalto Central, com áreas bastante modificadas pela erosão, que deram origem aos chapadões, como dos Parecis e dos Guimarães. A parte oeste do Mato Grosso do Sul e sudoeste do Mato Grosso é ocupada pela depressão do pantanal mato-grossense, que é cortada pelo rio Paraguai, cujas cheias inundam a depressão.

A vegetação é típica do Cerrado na maior parte da região e complexa no pantanal que possui uma formação bastante diversificada, com espécies típicas de floresta, cerrado, campos e caatinga.

O clima da região varia pouco. Exceto a Planície do Pantanal todo o território esta no planalto central brasileiro e uma pequena porção ao sul no planalto meridional. Em razão disso a região apresenta o clima influenciado pela altitude. **Mesmo não apresentando um clima variado, a região tem uma grande amplitude térmica.**

Em média ao longo dos anos as mínimas são de 5° C e as máximas chegam a 41° C. Tipicamente o clima da região é tropical e, na classificação mais específica encontram-se 3 tipos de clima:

1. Cwa (temperaturas moderadas com verões quentes e chuvosos);
2. Aw (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno);
3. Am (temperaturas elevadas com alto índice pluviométrico).

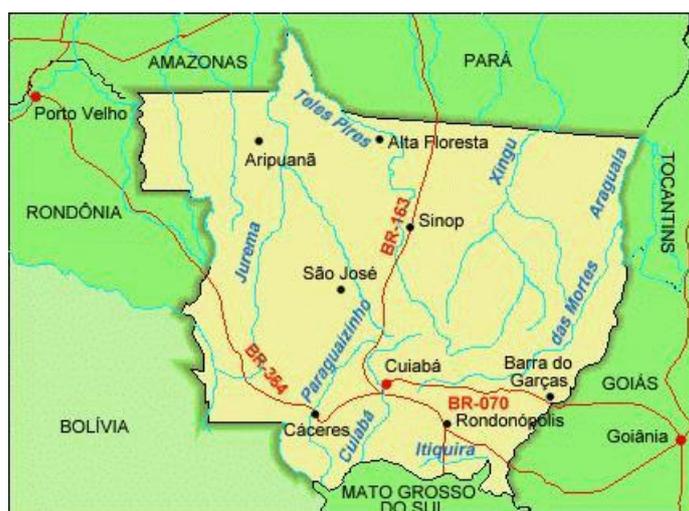
O Cwa observa-se nas áreas mais altas de Goiás e no sul do Mato Grosso do Sul. Já o Am encontra-se na parte norte do Mato Grosso e o Aw em todos os Estados em sua maioria, (<http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/centro.htm>).

No inverno com a entrada de massas de ar polar pode ocorrer geada no sul do Mato Grosso do Sul e quando a massa de ar frio é forte chega-se a registrar geada até em Goiás, porém não é todo ano que acontece isso.

Em Brasília e região, em razão de sua altitude (mais de 950 metros), as temperaturas são moderadas levando-se em consideração sua latitude baixa, mas não chegam a ocorrer geadas, sendo que durante os meses de maio e agosto a umidade relativa do ar fica extremamente baixa, fazendo assim com que durante a tarde a temperatura fique elevada, mas após o pôr do sol ela cai rapidamente, ocorrendo o mesmo durante a madrugada.

## 2.18. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MATO GROSSO

Mato Grosso ocupa uma área de 906.806,9 km<sup>2</sup>, situado entre os paralelos 7°20'39" e 18°10'00" de latitude sul e os meridianos de 50°13'48" e 61°31'00" a oeste de Greenwich. Está contido na Zona Intertropical, ficando relativamente próximo ao Equador. Por esta razão não há grandes diferenças entre as estações e a temperatura é bastante alta durante boa parte do ano. Tem como divisa os estados do Amazonas e Pará ao norte, Mato Grosso do Sul ao sul, Rondônia e Bolívia a oeste e Tocantins e Goiás a leste. É banhado pelos rios Juruena, Teles Pires, Xingu, Araguaia, Paraguai, Piqueri, Cuiabá, São Lourenço e das Mortes, ver Figura 2 a seguir.



**FIGURA 2 - Hidrografia de Mato Grosso**

Fonte: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/centro.htm>

O relevo mato-grossense é formado por planícies entremeadas por morros. A cobertura vegetal apresenta três formações principais: florestas, cerrado e complexo do pantanal. Cerca de 43% do Mato Grosso está recoberto por vegetação não florestal, com predomínio do cerrado, com árvores baixas de menos de 10m de altura e menos numerosas do que os arbustos. Sua estrutura compreende dois extratos: o superior, formado por árvores e arbustos, e o inferior, composto por uma cobertura descontínua de gramíneas e ervas. As árvores têm troncos e galhos retorcidos de caule grosso e casca espessa (DUARTE, 1995).

O clima de Mato Grosso é classificado como clima Tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (verão) e a outra seca (inverno).

Segundo FABRIS (2001), os fatores que levam a esta classificação são de várias ordens tais como:

1. Os estudos que abrangem todo o território de Mato Grosso não foram metodologicamente construídos a partir das realidades climáticas do seu espaço biofísico, mas sim, como projeções dos mapeamentos realizados em nível de Brasil e América do Sul;
2. O conhecimento meteorológico do Estado é pouco desenvolvido e extremamente descontínuo no espaço geográfico;
3. A rede meteorológica de superfície e de sondagem é muito escassa;
4. Os períodos de observação para a maioria dos postos pluviométricos são pequenos (de 10 a 20 anos).

Sabe-se, porém, que pela sua posição latitudinal e extensão territorial Mato Grosso é cortado por climas equatoriais e tropicais.

Embasados nestes conhecimentos, os pesquisadores da SEPLAN realizaram um diagnóstico, buscando definir o traçado dos limites climatológicos do Estado.

Os resultados desse diagnóstico para a compartimentação climatológica do Estado ficaram assim estabelecidos:

### **1. Clima Equatorial Continental com estação seca definida. Unidade Climática do Estado de Mato Grosso I**

Esta unidade climática corresponde à área que abrange a faixa de latitude, aproximadamente, 7° 30'S a 13° 30'S e a longitude entre 51° a 61° 30'W.

A maior parte desse território é constituído de terras baixas (100 a 400 m) entrecortadas longitudinalmente por planaltos e chapadas (400 a 600 m). Portanto ocorre o predomínio de climas quentes (temperatura média anual superior a 24°C), super úmido (total anual de chuva superior a 1800 mm) com pequena estação seca (3 a 4 meses).

### **2. Clima Tropical Continental altamente úmido e seco. Unidade Climática do Estado de Mato Grosso II**

O território mato-grossense, ocupado por esta unidade climática, corresponde à faixa latitudinal entre 12° 30' e aproximadamente 18°LS. Esta unidade apresenta vários fatores que influem diretamente nos aspectos climáticos da região tais como:

1. A Continentalidade – distância de mais de 1500 km do Oceano Atlântico Sul;
2. Aumento do período seco (de 5 a 7 meses) estendendo-se geralmente de abril a setembro, bem como o aumento na variedade interanual das chuvas;
3. A forma e orientação do relevo;
4. A participação dos Sistemas Extratropicais (Frente e Anticiclone).

Segundo FABRIS (2001), dos fatores expostos anteriormente, os dois últimos são os maiores responsáveis pelas diversidades das sub-unidades climáticas desta zona de clima, ocorrendo desde compartimentos rebaixados, onde os totais de chuvas são os menores do Estado (Depressão do Alto Paraguai e Pantanaís), até climas tipicamente mesotérmicos úmidos das altas superfícies do Planalto dos Parecis e Guimarães (altitude acima de 600m).

### 2.18.1. AS MASSAS DE AR QUE ATUAM EM MATO GROSSO

Apesar da ausência de estudos específicos sobre os deslocamentos das massas de ar no Estado de Mato Grosso, os pesquisadores apontam dois tipos de massas de ar que circulam pelo Estado; a Equatorial Continental e a Polar Atlântico, conforme a Figura 3.

A massa de ar Equatorial Continental circula pela região pelo fato de que durante as estações das chuvas, no Brasil Central, é muito freqüente o deslocamento destas perturbações vindas do noroeste em direção à Depressão Continental do Chaco (SERRA & RATS, 1942 *apud* FABRIS, 2001).

A maior parte das precipitações do Estado de Mato Grosso depende deste tipo de fluxo (FABRIS, 2001).



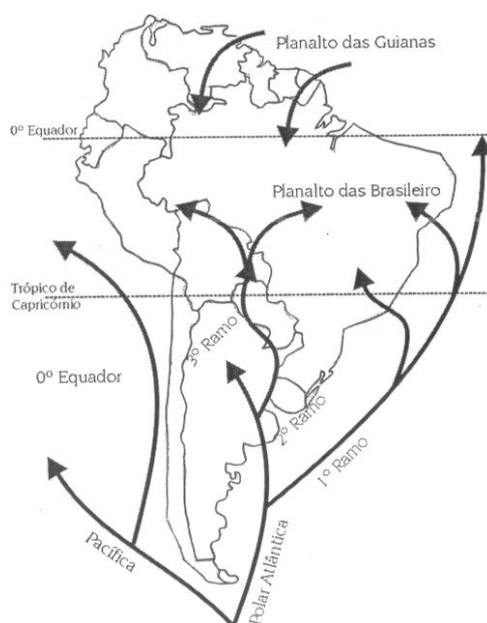
**FIGURA 3** - Massas de ar que circulam pelo Estado; Equatorial Continental e Polar Atlântica

Fonte: SERRA & RATS (1942) *apud* FABRIS (2001)

Já a massa de ar Polar Atlântica é o sistema atmosférico com maior mobilidade e grau de penetração em território brasileiro, ver Figura 4.

Quando procedida em forte ciclogênese ao norte ou em torno do paralelo de 30°, próximo à costa do Rio Grande do Sul, indica que vai penetrar fundo no Planalto Central e, eventualmente, atingir o sul da Amazônia.

Se no inverno ela produz graus diferenciados de resfriamentos episódicos, nas outras estações é parcialmente responsável pela produção de chuvas. Estudos demonstram que a partir do mês de maio ocorre um aumento de nebulosidade, de Sudoeste para Nordeste, que atinge Mato Grosso em junho e permanece até agosto (TARIFA & HAMILTON, 1978 *apud* FABRIS, 2001).



**FIGURA 4** - Penetração da Massa Polar Atlântica em território brasileiro

Fonte: RATS e SERRA (1942), *apud* FABRIS (2001).

Segundo TARIFA (1994) *apud* FABRIS (2001), a área do Brasil Central poderá sofrer uma diminuição das chuvas (em longo prazo), em função das mudanças climáticas que venham ocorrer na Amazônia. A imagem de satélites meteorológicos, bem como o estudo do escoamento troposférico em baixos níveis, demonstra haver um deslocamento constante (de Noroeste para Sudeste) de nuvens e vapor d'água da Amazônia Ocidental para o Centro-Oeste.

Assim sendo, apesar de ainda não existirem simulações capazes de relacionar o desmatamento da Floresta Equatorial com a diminuição das chuvas no Estado de Mato Grosso, as evidências observacionais demonstram que uma parte considerável da unidade atmosférica do Brasil Central é geneticamente formada na Amazônia Centro-Occidental.

## **2.19. A CIDADE DE CUIABÁ**

### **2.19.1. A EVOLUÇÃO HISTÓRICA**

Completando praticamente três séculos de fundação e localizada no Centro Geodésico da América do Sul, a cidade de Cuiabá consolida-se como importante cidade brasileira. O povoamento da cidade iniciou com a descoberta de ouro às margens do rio Coxipó, por bandeirantes paulistas em busca de minerais preciosos e do índio para o trabalho escravo. A descoberta do metal precioso, às margens do lendário rio Coxipó, ensejou a fundação de Cuiabá em 8 de abril de 1719, com o surgimento do "Arraial de Forquilha", denominação dada ao primeiro povoamento que daria origem à cidade.

Três anos depois – em 1722 – foram descobertas as "Lavras do Sutil", rica jazida encontrada nas proximidades do córrego da Prainha e da "Colina do Rosário", onde foi construída a histórica igreja do Rosário, situada no coração de Cuiabá. Expandia-se, assim, a população, com a descoberta do ouro. A notícia do ouro logo extrapola os limites do lugar e exerce poderosa atração migratória, trazendo consigo a burocracia do governo colonial português, com seu sistema de controle e poder. Nesse contexto, Cuiabá é elevada à categoria de vila, com o nome de "Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá".

A queda da produção, aliada à baixa qualidade do ouro de aluvião e impostos elevados, mais a descoberta de novas jazidas na região, causaram um período de decadência na exploração do ouro. As atividades agrícolas substituíram a mineração, passando a ocupar papel de sustentação da economia local. Após esse período de estagnação, quase um século

depois de sua fundação, Cuiabá conquistou a condição de cidade, através da Carta Régia de 1818, e declarada capital de Mato Grosso em 1835, 17 anos depois.

No século XX, a ligação rodoviária com São Paulo e Goiás e a aviação comercial a partir de 1940, trouxeram o desenvolvimento da capital. O grande marco do crescimento, no entanto, têm início na década de 70, quando o governo federal inicia um programa de povoamento do interior do país, oferecendo vantagens aos que para lá se mudassem. Segundo SILVA (2004) *apud* SAMPAIO (2004), em cinco anos (de 1970 a 1975) a população passou de 83 mil para 127 mil pessoas. Atualmente o número de habitantes é de 483.346, com 95% da população residente na zona urbana, (IBGE, 2000). Esse “boom” populacional provocou uma série de alterações de paisagem, da vida da cidade, do uso do solo e de ocupação urbana.

### **2.19.2. CARACTERÍSTICAS DA CIDADE**

A depressão cuiabana, parte integrante da depressão do Rio Paraguai, compreende uma área rebaixada, localizada à margem esquerda do Rio Cuiabá, limitando-se ao sul com Pantanal Mato-grossense, a oeste, noroeste e norte com a Província Serrana e a leste com a Chapada dos Guimarães. Localiza-se na confluência de três importantes ecossistemas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Floresta Amazônica. O município de Cuiabá, com uma extensão territorial aproximadamente de 3000 km<sup>2</sup>, situa-se entre as coordenadas geográficas de 15°10’ de latitude sul e 50°50’ a 50°10’ de longitude oeste na região central do Brasil, (MAITELLI, 1994).

A topografia de depressão cuiabana é, de modo geral, rampeada com inclinação de norte para sul. A altimetria está em torno de 250 m no limite sul e atinge 450 m no limite norte.

### **2.19.3. O CLIMA DE CUIABÁ**

Devido ao desenvolvimento das cidades e a conseqüente destruição da vegetação, as condições naturais do meio urbano foram significativamente alteradas. O grande

volume de construção provocou uma elevação nas temperaturas e uma diminuição das umidades dos centros urbanos.

Para BUENO (1998) nenhum ser vivo, animal ou vegetal, consegue ter vida normal sob condições de *stress* térmico. O homem, assim como qualquer outro organismo vivo, também tem seu rendimento prejudicado nessas circunstâncias.

Para CAMPELO Jr. *et al.* (1991) em Cuiabá, a direção predominante dos ventos é N e NO durante boa parte do ano e S no período de inverno.

*“É importante ressaltar que apesar da relativamente baixa velocidade do vento predominante, ocorrem rajadas (picos de velocidade de curta duração)” (CAMPELO Jr. et al., 1991).*

MAITELLI (1994), diz que com as modificações arquitetônicas do local e da atmosfera pela urbanização surgem as ilhas de calor. A diferença entre os valores de temperatura do ar de uma área urbana e seus arredores é que irá definir a intensidade das ilhas de calor urbana.

Para DUARTE (1995) *apud* SAMPAIO (2004) mostra que Cuiabá está numa região de clima quente semi-úmido, com 4 a 5 meses secos.

Segundo CAMPELO Jr. *et al.* (1991), comenta que em Cuiabá/ MT a temperatura elevada na primavera-verão, oscila entre 30°C e 36°C entre os meses de setembro e outubro (meses que geralmente são mais quentes). O inverno tem uma particularidade, em média, 17 dias por ano com temperaturas inferiores a 20° C e apenas 8 dias por ano com temperatura média inferior a 18° C no período de maio a setembro, apresentando também nesse período uma duração de no máximo 2 a 3 dias, com as chamadas friagens de temperaturas mais amenas.

A distribuição de chuvas é tipicamente de clima tropical, onde no verão tem o seu máximo e no inverno o clima é seco. Cerca de 70% das chuvas são acumuladas entre os meses de novembro e março. Por isso, Cuiabá é conhecida hoje como a capital brasileira mais quente (MAITELLI, 1994).

A classificação de KÖPEN mostra praticamente as mesmas características, sendo o clima de Cuiabá do tipo Aw, isto é, tropical semi-úmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bastante definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão).

As características regionais das chuvas são notoriamente tropicais, ou seja, máximas no verão e mínimas no inverno e se devem, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, que ocorrem, principalmente, em número de três: sistemas de correntes perturbadas de Oeste, de Norte e de Sul (CAMPELO Jr. *et al.*, 1991).

Dessa forma, durante a primavera-verão, as temperaturas mantêm-se constantemente elevadas, principalmente, na primavera, estação pela qual o sol passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e a estação chuvosa ainda não teve início. No inverno, são registradas temperaturas estáveis, baixa umidade do ar, altas amplitudes térmicas diárias e elevadas temperaturas. Entretanto, ocorrem baixas temperaturas, resultantes da invasão do Anticiclone Polar, que transpõe a Cordilheira dos Andes após caminhar sobre o Oceano Pacífico, provocando um forte declínio na temperatura do ar com céu limpo e pouca umidade específica (MAITELLI, 1994).

MAITELLI (1994) *apud* DUARTE (1995) demonstra que o crescimento urbano influenciou o aumento da temperatura mínima média, com uma elevação de 0,073 ° C por ano no período de 1970 a 1992, época que coincide com um crescimento populacional mais intenso.

***“Em pesquisas realizadas verificou-se que em Cuiabá a intensidade média da ilha de calor foi de 3,8° C no período noturno da estação seca, com máximos de até 5° C, sob condições de tempo estável, céu limpo e calma , e de 1,8° C no período chuvoso, com valores máximos de até 2,3° C” (MAITELLI 1994 apud DUARTE, 1995).***

Dessa maneira é necessário realizar o acompanhamento do desenvolvimento das ilhas de calor, projeto de arborização de espaços público e privados, sistemas construtivos e a divulgação das informações sobre o uso do solo pelas prefeituras para proporcionar melhores condições climáticas para Cuiabá/ MT.

#### **2.19.4. UTILIZAÇÃO DOS DADOS CLIMÁTICOS**

As estações meteorológicas têm a função de coletar dados sobre o clima de uma determinada região. Porém, para se desenvolver um projeto urbanístico ou um projeto de edifício, necessita-se somente de uma pequena parcela destes dados fornecidos.

O projeto climático deve basear-se em condições típicas ou normais e não em condições extremas. Para isso é suficiente às médias mensais das máximas e mínimas diárias, sendo conveniente que o projetista elabore algo sobre os extremos climáticos que podem ocorrer e sua frequência (MASCARÓ, 1983).

Para ESTULANO (2004), associar os dados climáticos às formas arquitetônicas e aos materiais construtivos é relativamente simples para alguns tipos de climas. As diferenças de temperatura entre o dia e a noite, usualmente chamadas de “variação diurna”, informam sobre aspectos específicos do entorno do edifício. Assim, quando se tem uma grande variação diurna, indica tempo seco e céu claro. Já para uma variação diurna pequena, indica tempo úmido e céu parcialmente nublado.

A norma diz que no verão, as condições de conforto térmico no interior da edificação não devem ser pior que as do ambiente externo, à sombra. O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), devem ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior (GRZYBOWSKI, 2004).

Quanto às condições de conforto térmico no inverno, a norma diz que os ocupantes de um recinto, devidamente vestidos, deve se sentir confortável. Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior, no dia típico de inverno, não devem ser menores a 12°C nas zonas bioclimáticas de 1 a 5 (GRZYBOWSKI, 2004).

As tabelas 01 e 02 mostram alguns dados de dias típicos de verão e inverno, respectivamente, em diversas localidades do Brasil.

**TABELA 1** – Dados de dias típicos de verão de algumas cidades brasileiras

<b>CIDADE</b>	<b>TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA (°C)</b>	<b>AMPLITUDE DIÁRIA DE TEMPERATURA (°C)</b>	<b>TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (°C)</b>
Aracaju	30,9	5,4	24,9
Belém	33,4	10,5	26,1
Belo Horizonte	32,0	10,3	21,7
Boa Vista	35,3	9,8	25,8
Brasília	31,2	12,5	20,9
Campo Grande	33,6	10,0	23,6
Cuiabá	37,8	12,4	24,8
Curitiba	31,4	10,2	21,3
Florianópolis	32,7	6,6	24,4
Fortaleza	32,0	6,5	25,1
Goiânia	34,6	13,4	21,0
João Pessoa	30,9	6,1	24,6
Macapá	33,5	9,0	25,8
Maceió	32,2	8,2	24,6
Manaus	34,9	9,1	26,4
Natal	32,1	8,0	24,8
Porto Alegre	35,9	9,6	23,9
Porto Velho	34,8	12,5	26,0
Recife	31,4	7,4	24,7
Rio Branco	35,6	12,7	25,4
Rio de Janeiro	35,1	6,4	25,6
Salvador	31,6	6,1	25,0
São Luís	32,5	7,4	25,4
São Paulo	31,9	9,2	21,3
Teresina	37,9	13,2	25,1
Vitória	34,6	7,4	25,9

Fonte: NBR Proj. 02:136.01.001 – Anexo A

**TABELA 2** – Dados de dias típicos de inverno de algumas cidades brasileiras

<b>CIDADE</b>	<b>TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA (°C)</b>	<b>AMPLITUDE DIÁRIA DE TEMPERATURA (°C)</b>	<b>TEMPERATURA DE BULBO ÚMIDO (°C)</b>
Aracaju	18,7	5,1	21,5
Belém	20,4	10,0	25,5
Belo Horizonte	8,7	12,6	16,0
Boa Vista	20,7	8,4	24,9
Brasília	10,0	12,2	14,8
Campo Grande	13,7	11,5	17,3
Cuiabá	11,4	14,3	20,1
Curitiba	0,7	11,6	11,0
Florianópolis	6,0	7,4	13,4
Fortaleza	21,5	7,0	24,0
Goiânia	9,6	14,9	16,2
João Pessoa	19,2	6,5	22,4
Macapá	21,8	6,5	24,9
Maceió	17,8	7,5	21,7
Manaus	21,4	7,9	25,0
Natal	19,1	7,8	22,5
Porto Alegre	4,3	8,6	12,1
Porto Velho	14,1	14,1	23,6
Recife	18,8	6,7	22,1
Rio Branco	11,9	14,9	22,1
Rio de Janeiro	15,8	6,3	19,1
Salvador	20,0	5,0	21,7
São Luís	21,5	6,9	24,9
São Paulo	6,2	10,0	13,4
Teresina	18,0	12,6	22,9
Vitória	16,7	6,9	20,4

Fonte: NBR Proj. 02:136.01.001 – Anexo A

Após esse levantamento bibliográfico será apresentada no item seguinte a metodologia empregada para realizar o desenvolvimento desta pesquisa.



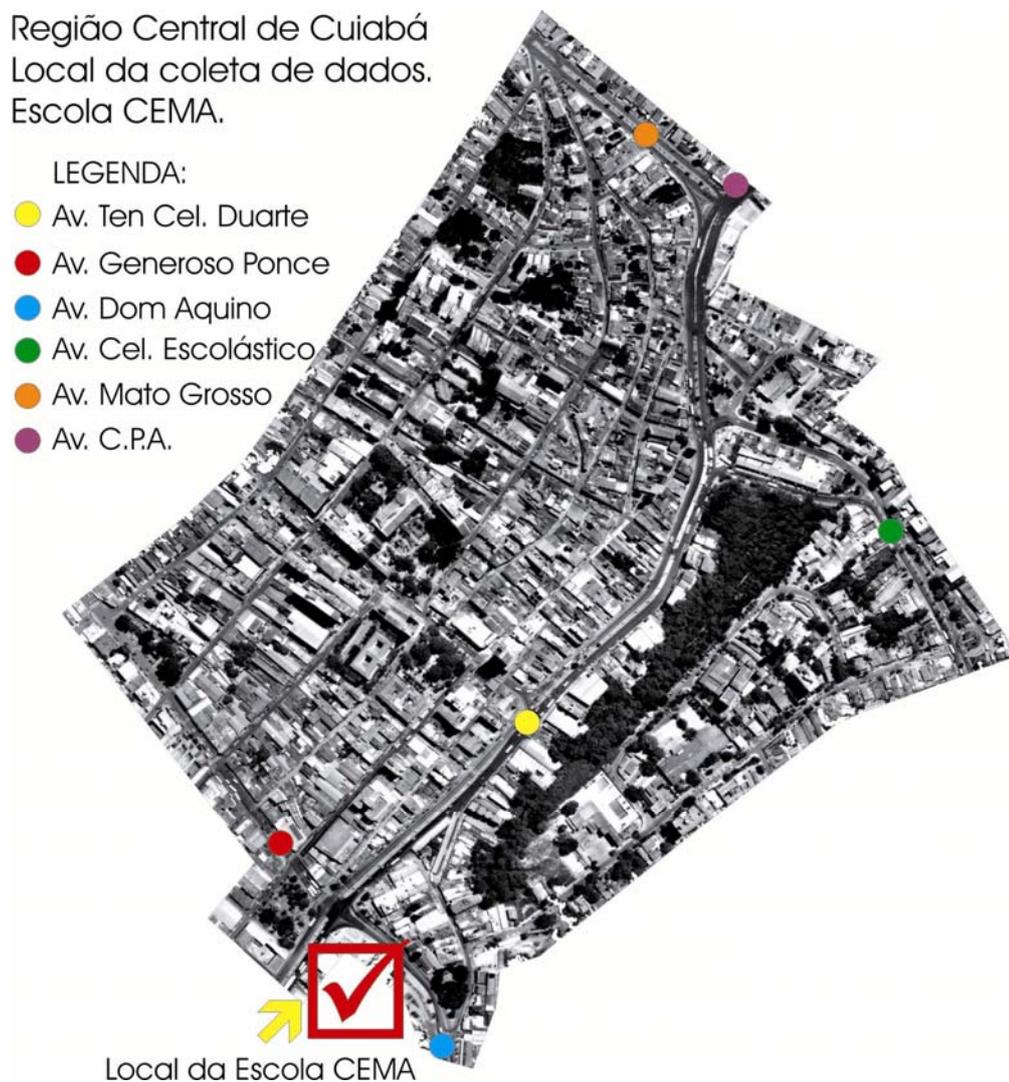
### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

---

Neste item serão descritos os equipamentos e os métodos empregados para desenvolver a pesquisa sobre estudo do clima urbano em áreas arborizadas e não arborizadas na cidade de Cuiabá/MT, considerando a relação entre radiação incidente, o meio e o indivíduo arbóreo.

#### **3.1. MATERIAIS**

Para realizar as medições de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar em áreas arborizadas e não arborizadas foi escolhido o Centro Educacional Maria Auxiliadora – CEMA, sito à Av. Dom Aquino nº 449, Bairro Dom Aquino, em Cuiabá / MT.



**FIGURA 5** – Área Central de Cuiabá  
**FONTE:** Tecnomapas (2000)

Na figura 5 mostra o mapa de localização de um trecho do centro de Cuiabá onde se vê algumas áreas sem arborizações e pequenas áreas arborizadas, e nessa mesma figura encontra-se o Colégio CEMA.



Na figura 7 é possível observar a parte arborizada de a parte não arborizado do objeto de estudo.

Durante a realização desta pesquisa empregou-se alguns equipamentos relacionados a seguir.

- 1 – Abrigo termométrico;
- 2 – Datalogger, modelo CDR-156;
- 3 – Termo - Hígro – Anemômetro, modelo TMAR – 185;
- 4 – Termo - Higrômetro, modelo HTR-152
- 5 – Radiômetro, modelo Ravtek;

Esses equipamentos são apresentados segundo as figuras que se seguem.



**FIGURA 8** - Instalação do Abrigo Termométrico ao Sol.



**FIGURA 9** - Instalação do Abrigo Termométrico à Sombra.

O abrigo termométrico foi construído em madeira compensado com modelo e dimensões baseados na norma ISO-7726 (1996).

A figura 10 mostra o aparelho radiômetro da marca Ravtek onde se mede a temperatura radiante das superfícies através de raio infra-vermelho.



**FIGURA 10** – Radiômetro Ravtek

A figura 11 mostra o “*datalogger*”, modelo CDR-510 que ficou acoplado aos equipamentos termo-higro-anemômetro e o termo-higrômetro para coletar os dados das medições.



**FIGURA 11** – Datalogger, modelo CDR-510

A figura 12 mostra o termo-higro-anemômetro, modelo THAR-185 de leitura direta onde foram coletados dados à sombra da unidade e velocidade do vento.



**FIGURA 12** – Termo-higro-anemômetro-THAR-185HAR-185

A figura 13 mostra o termo-higrômetro, modelo HTR-152 da leitura direta onde os dados coletados de umidade e temperatura foram ao sol.



**FIGURA 13** – Termo-higrômetro – HTR-152

Dessa maneira foi possível determinar as variáveis necessárias para se conhecer o clima urbano do local pesquisado.

### 3.2. SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Para dar início ao trabalho de campo primeiramente foi realizado um levantamento na cidade para observar quais espécies eram mais predominantes na arborização de Cuiabá.

Por meio de entrevistas no horto florestal e com funcionários da prefeitura (varredores de rua) foi constatada a predominância das espécies citadas na tabela 3 a seguir.

**TABELA 3** - Espécies arbóreas mais utilizadas pela Prefeitura de Cuiabá/ MT

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO
Chuva de ouro	<i>Cássia fistula</i>
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>
Ficu	<i>Fícus sp</i>
Mangueira	<i>Mangifera sp</i>
Oiti	<i>Licania tomentosa</i>
Sibipiruna	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>
Sete copas	<i>Terminalia catappa L.</i>
Tarumã	<i>Sparattosperma leucanthum</i>

FONTE: LORENZI, 1992.

Considerando várias exigências, a escolha do local ficou limitada. Não foi possível realizar as medições nas ruas, devido ao risco de terceiros manipularem os equipamentos, alterando os resultados, ou até mesmo o perigo de roubo. Optou-se, assim, pelo local não tão público, mas que atendesse às exigências metodológicas. Dessa forma o local que apresentava todas as características necessárias e que permitia realizar as medições com os equipamentos em segurança foi o pátio do CEMA, devido à facilidade de acesso e a disposição dos indivíduos (árvores) em áreas arborizadas e não arborizadas.

Assim, após a definição do local, ficou também estabelecida que a espécie para realização do experimento fosse o oiti (*Licania tomentosa*).

### **3.3. CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE SELECIONADA**

#### **1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:**

Altura de 8 a 15 metros, com tronco de 30 a 50 cm de diâmetro. Copa frondosa, com folhas simples, tomentosas em ambas as faces, de 7 a 14 cm de comprimento por 3 a 5 cm de largura.

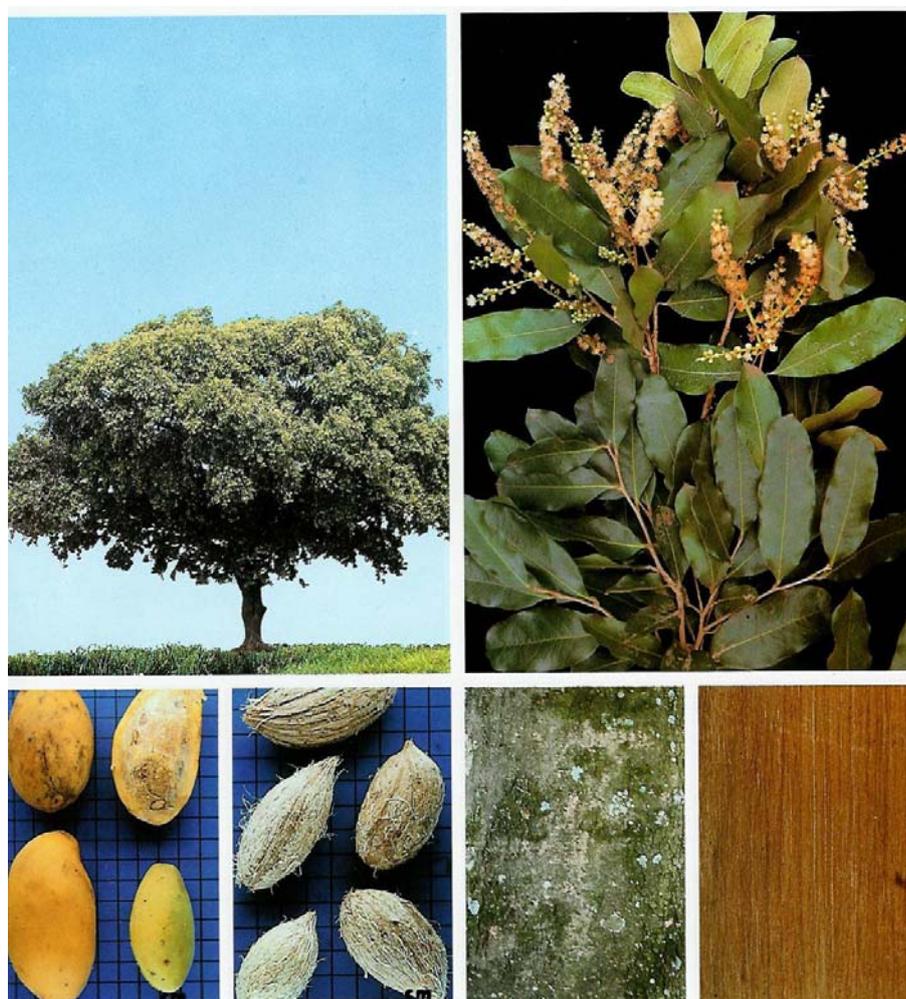
#### **2. MADEIRA:**

Pesada (densidade 0,9 g/cm<sup>3</sup>), dura, resistente, grã direita, textura média para grossa, de longa durabilidade, com alburno quase indistinto.

#### **3. UTILIDADE:**

A madeira é própria para construção civil, para obras externas, como estacas, postes, dormentes, para obras hidráulicas, construção de embarcações, quilhas de navios entre outros. A árvore fornece ótima sombra, sendo por isso preferida para plantios em praças, jardins, ruas e avenidas, principalmente nas cidades do norte do país e de regiões litorâneas. Produz grande quantidade de frutos muito procurados pela fauna m geral. É ótima para plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente.

A figura 14 mostra a árvore oiti com sua folha, flor, fruto, semente, tronco e madeira.



**FIGURA 14 - Oiti (*Licania tomentosa*)**

### 3.4. MÉTODO

Primeiramente, foi necessário definir a escolha do local para realizar as medições e que apresentassem condições arborizadas e não arborizadas. Como já citado anteriormente o local escolhido foi o Colégio CEMA.

Para atingir o objetivo desta pesquisa e as recomendações de outros trabalhos e normas, a metodologia baseou-se no trabalho de BUENO (1998).

Devemos ressaltar que para se chegar ao local escolhido foram encontradas algumas dificuldades, pois, foram necessários os dois parâmetros (zonas arborizadas e não arborizadas) para se ter às condições para o desenvolvimento de pesquisa.

Na procura foram observados os seguintes pontos:

1. A disposição dos indivíduos arbóreos em relação ao entorno que permitisse a realização das medições, topografia do terreno em torno da árvore e ausência de sombra de edificações;
2. Local acessível que restringisse a interferência de terceiros nos equipamentos;
3. Terreno sem calçamento com uma uniformidade em torno das árvores.

Essa pesquisa como já foi dito baseou-se nas medições feitas em zonas arborizadas e não arborizadas durante as estações de inverno (seca) e verão (chuva) para comparação dos valores obtidos pelos equipamentos instalados simultaneamente ao sol e a sombra. Onde foram coletados dados e realizadas as comparações de resultados entre as estações.

As medições de campo foram realizadas entre o período de inverno (seca) no mês de agosto e no período de verão (chuva) no mês de novembro de 2004, nos dias em que as condições do céu apresentaram-se: aberto, parcialmente nublado, nublado e dias chuvosos.

Os pares de aparelhos empregados nas medições para determinações de umidade e temperatura do ar foram colocados em abrigos termométricos a uma altura de aproximadamente 1,30m do chão, disposto da seguinte forma:

1. Exposto ao sol: um aparelho de coleta de umidade e temperatura do ar mais um “*data-logger*”;
2. Exposto à sombra da árvore: outro aparelho de coleta de umidade e temperatura do ar mais um “*data-logger*”.

A incidência da radiação solar, tanto no sol quanto na sombra, foi realizada com um radiômetro que coleta os dados diretamente.

A intenção de dispor esses equipamentos tanto ao sol quanto à sombra dos indivíduos arbóreos, foi para comparar os valores das medições coletadas.

Também para determinar a umidade e temperatura do ar ao sol e à sombra, os aparelhos foram conectados a um integrado (*data-logger*) configurado para registrar os dados coletados de hora em hora.

Os mesmos foram ligados às 07 h 00min. (manhã) e os registros desses dados foram feitos seqüencialmente, por um período de 24 horas.

O radiômetro, por sua vez, fez as leituras das radiações a cada 5 horas durante o período da medição ficando assim distribuído: 07h 00 min., 12h 00 min., 17h 00 min., e às 07h 00 min. do dia seguinte, tanto no sol quanto na sombra.

Para que o intervalo de cada gráfico diário de radiação solar fosse semelhante, adotou-se como ponto inicial o primeiro dado coletado na hora em que era ligado o aparelho e, como ponto final, o valor obtido às 07h 00min. do dia seguinte, quando eram concluídas as medidas daquele período de 24 horas. O integrado (*data-logger*) ficou dentro do abrigo juntamente com o aparelho de coleta de dados, para proteção contra intempéries ou acidentes.

Dessa maneira, foi possível fazer a coletar dos dados através das medições e que são apresentados no item seguinte, para que se tenha o conhecimento da influência da umidade e da temperatura de uma zona arborizada, para uma não arborizada, quanto ao seu conforto ambiental.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS\_**

A análise climatológica e o uso e ocupação do solo da cidade de Cuiabá foram os principais procedimentos adotados no desenvolvimento deste estudo, pois existe uma forte relação entre o uso do solo e a elevação das temperaturas internas da cidade.

Neste item será possível observar os valores obtidos durante as medições realizadas no período de inverno (agosto) e no período de verão (novembro) do ano de 2004, e serão apresentados a seguir.

### **4.1. MEDIÇÕES NO SOL E NA SOMBRA DE UM INDIVÍDUO ARBÓREO**

As medições foram feitas entre os dias 05 a 09 de agosto (inverno) e entre os dias 29 de novembro a 03 de dezembro (verão) de 2004 como já foi apresentada anteriormente.

Os equipamentos ficaram fixos durante todo o período das medições para manter as condições pré-estabelecidas para o experimento.

Com base nos dados coletados e calculados serão apresentados a seguir em forma de tabelas e gráficos os valores obtidos através das medições da umidade relativa do ar, radiação solar e temperatura do ar em local arborizado e não arborizado.

Na tabela 4 a seguir estão os dados da umidade relativa do ar ao sol e à sombra, no período do inverno.

**TABELA 4** – Resultados referentes à umidade relativa do ar ao sol e à sombra

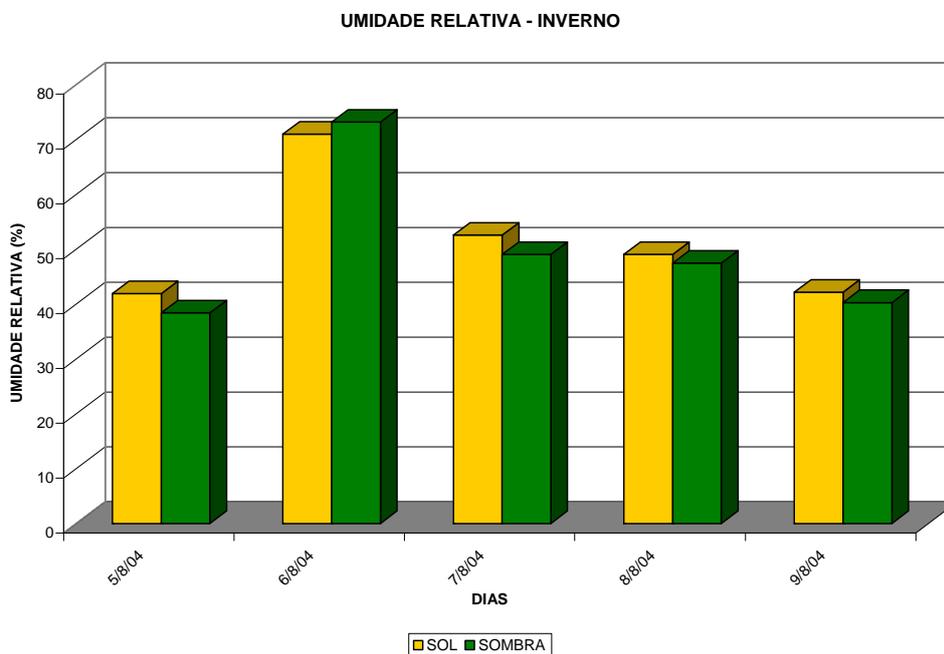
HORAS	UMIDADE RELATIVA DO AR - INVERNO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
07:00	55,9	31,7	80,7	84,3	71,4	67,7	67,7	65,5	68	63,4
08:00	40,2	40	78,5	82,1	60,7	62,7	60,4	58,1	49,9	53,5
09:00	39,6	39,3	77,8	81,6	54,7	59	53,4	58,5	46,4	50,5
10:00	35,3	35,3	76,4	78,6	47,6	52,5	48,4	52,1	41,2	43
11:00	32,6	31,7	72,3	75,5	42,3	44,3	43	46	37,5	37,8
12:00	32,6	31,7	67,6	70,9	41,1	42,3	40,7	43,5	33,3	32,2
13:00	31,2	30,6	65,2	67,2	39,8	39,7	38,1	38,7	30,4	28,5
14:00	30,7	29,7	63,5	66,2	38,5	38,6	34,2	32,1	28,9	27,4
15:00	29,6	28,8	65,3	68	37	36,3	33,7	32,1	27,3	27,3
16:00	29,9	27,9	65	67,4	36,1	35,8	33	32	27,7	25,6
17:00	30,9	28,7	66,2	68,4	40,3	39,5	35,6	34,7	29,3	28,5
18:00	33,8	33	66,7	67,8	44,5	43,2	40,1	38,7	32,8	31,3
19:00	36,9	34,9	66,6	67,1	47,9	46	42,7	40,9	36	33,3
20:00	39,7	36,7	66,5	67,5	51	47	43,6	41,8	36,8	34,6
21:00	37,6	34,3	67	67,9	52,2	49	45,1	43,3	39	36,8
22:00	40,2	36,9	68,1	69,2	54,7	50,6	45,1	42,4	41,4	38,9
23:00	43,1	39	69	70,3	55,8	52,3	47,3	44,6	45	42,2
24:00	44,6	40,1	69,9	71,5	56,7	52,5	52,7	49,8	48,5	43
01:00	48,2	43,4	71,6	73,7	59,3	53,5	56	52,8	50,9	45,2
02:00	49,6	44,9	73,9	76,9	60,8	55,2	60,6	53,8	50	44,8
03:00	52,7	47,1	76,7	80,4	59,9	55	58,8	54,6	51,1	52,7
04:00	58,1	56,1	75,8	78,3	62,4	55,8	61,4	58,5	54,9	49,8
05:00	61,5	57	75,5	77,5	66,6	59,8	61,7	58,6	50,1	44,5
06:00	56,1	50,6	75,3	76,9	68,3	61,8	62,4	58,7	49,6	44,6
07:00	56,2	51,4	74,9	76	66,1	63,7	62,9	56,8	50,1	48,6
<b>SOMA</b>	1046,8	960,8	1776	1831,2	1315,7	1263,8	1228,6	1188,6	1056,1	1008
<b>MÉDIA</b>	<b>41,9</b>	<b>38,4</b>	<b>71,0</b>	<b>73,2</b>	<b>52,6</b>	<b>50,5</b>	<b>49,1</b>	<b>47,5</b>	<b>42,2</b>	<b>40,3</b>

Com os dados apresentados na tabela 4 são usados para analisar as variações da umidade relativa do ar no mês de agosto (inverno)/ 2004 num período de 24 horas, com medições realizadas ao sol e à sombra.

Considerando que as copas das árvores (medição à sombra) de oiti e mangueira são fechadas e grandes verificou-se que entre 5 h 00min. às 7 h 00min. foi o período que apresentou maior umidade relativa do ar tanto para a sombra quanto para o sol no inverno, os maiores valores apresentados no inverno à sombra, variaram de 57% a 84,3%. Para as medições ao sol no inverno isso também se repetiu, a umidade apresentou-se elevada entre os períodos de 5 h 00min. às 7 h 00min., e os maiores valores encontrados no inverno ao sol variaram de 61,5% a 80,7 %.

Analisando os menores valores da umidade relativa do ar no inverno verificou-se que entre 14 h 00min. a 16 h 00min. foi o período que apresentou menor umidade nas medições à sombra, os menores valores encontrados variaram de 27,3 % a 66,2 %.

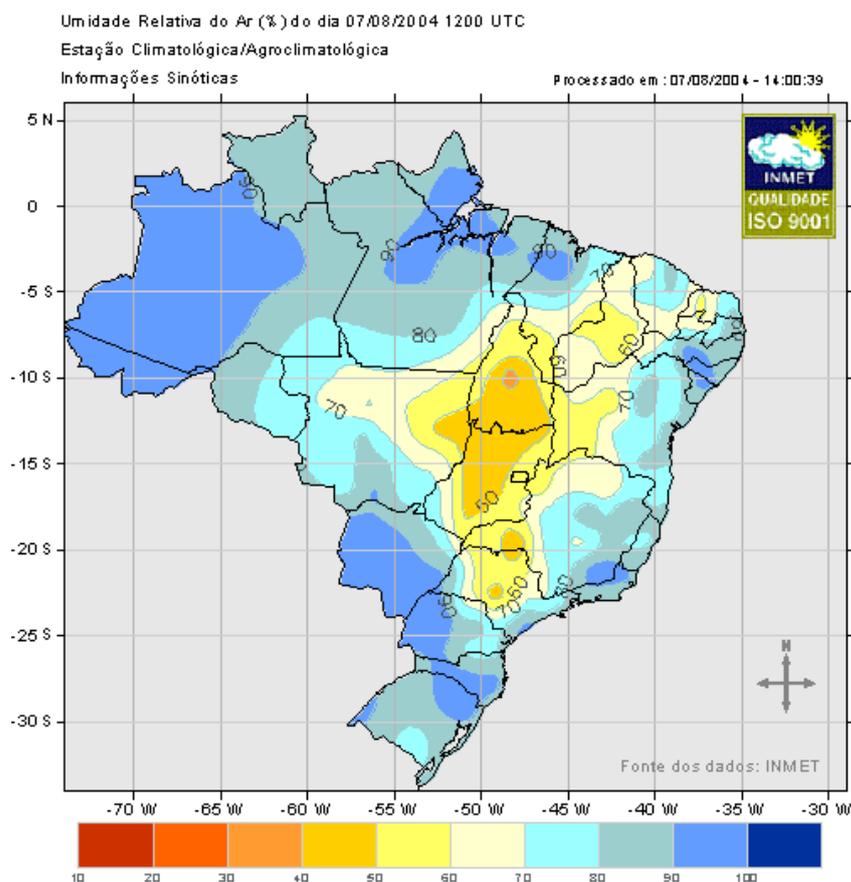
Para as medições ao sol o intervalo de tempo também se repetiu, a umidade relativa do ar apresentou mínima entre os períodos de 14 h 00min. a 16 h 00min., e os menores valores apresentados no inverno ao sol variaram de 27,3 % a 63,5 %.



**FIGURA 15** – Média da umidade relativa do ar no período de inverno

A figura 15 apresenta a média da umidade relativa do ar no período de inverno ao sol e à sombra. Pode-se perceber que os maiores valores ficaram no segundo dia da

medição, tanto para o sol quanto para a sombra, e os menores valores ficaram para o primeiro dia ao sol e à sombra.



**FIGURA 16** - Umidade relativa do ar às 07 h 00min. (horário de MT) no inverno-  
2º dia de medição  
**FONTE:** INMET (2005)

A figura 16 apresenta a umidade relativa do ar no Brasil com seus respectivos Estados. Em Cuiabá/ MT às 07 h 00min. o maior valor obtido na medição durante o inverno à sombra foi de 84,3% às 07 h 00min. e o maior valor obtido ao sol foi de 80,7% às 07 h 00min. confirmando os resultados apresentados no mapa.

Na tabela 5 estão os dados da temperatura do ar, ao sol e à sombra, no período do inverno.

**TABELA 5** – Resultados referentes a temperatura do ar ao sol e à sombra

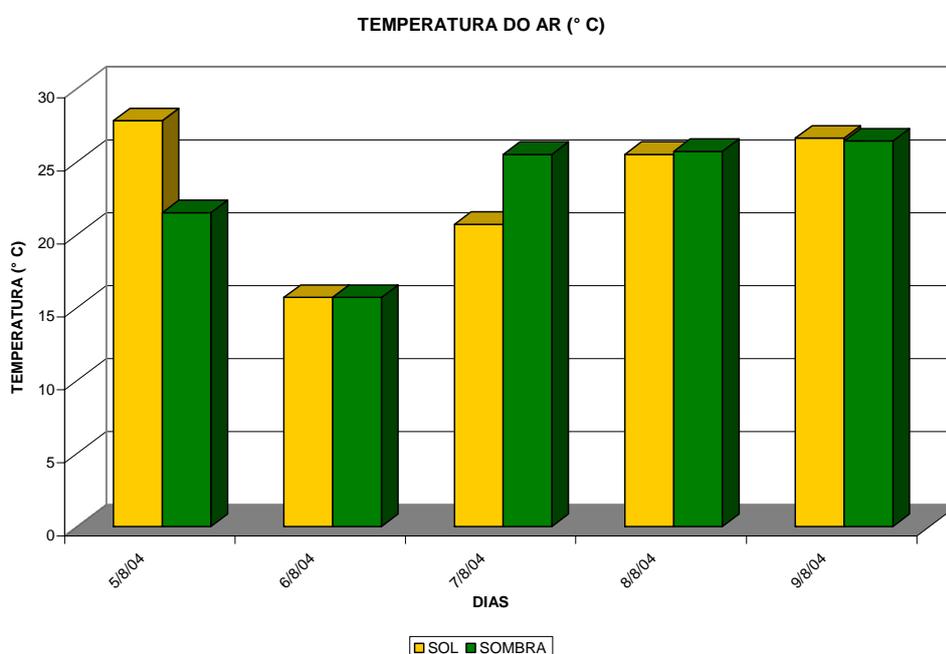
HORAS	TEMPERATURA DO AR (°C) - INVERNO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
07:00	25,4	26	17,7	16,1	13,3	13,5	20,7	19,9	21,3	20,4
08:00	28,3	27,8	17	16,6	16,4	14,2	23,8	21,6	24,5	21,3
09:00	30,4	28,1	16,9	16,3	19,4	15,7	26,7	22,9	28,3	24,1
10:00	33,4	29,9	17,1	16,4	22,1	17,5	29,8	24,9	31,3	26,7
11:00	34,8	31,5	17,5	16,7	24,7	20,9	31,8	26,9	33,6	29,1
12:00	35,8	32,4	18	17	27,1	23	33,6	28,7	35,2	30,9
13:00	36,6	33	18,7	17,7	28	25	24,9	30,7	36,4	32,4
14:00	37,3	33,5	18,6	17,5	28,6	26,4	36	32,4	37	33,5
15:00	37,1	33,9	18	17,1	29,8	27,4	36,2	32,4	37,4	33,7
16:00	35,4	34,1	17,6	17	29,8	27,7	34,4	32,3	36,4	33,7
17:00	33,3	33,4	17	16,5	26,7	26,8	31,6	31,5	33,6	33
18:00	30,6	31,9	16,6	16,4	24,2	25,5	28,7	30,1	29,8	31,2
19:00	28,6	30,5	16,4	16,2	22	24,3	27,1	28,5	26,9	29,4
20:00	27,1	29,2	16,2	16	20,8	23,4	25,8	27,3	26,2	28,2
21:00	26,8	28,3	15,9	15,6	20,2	22,2	24,5	26,5	25,1	27,1
22:00	25	27,4	15,4	15,3	19,1	21,4	23,9	25,9	23,4	26,2
23:00	23,9	26,5	15,2	15	18,2	20,8	22,3	24,9	22	25
24:00	22,7	25,6	14,9	14,8	17,5	21,1	21,3	24,1	21,1	24
01:00	21,8	24,7	14,6	14,4	16,6	19,3	20,7	23,3	20,2	23,2
02:00	20,7	24	14,3	14,1	16,2	19,6	19,8	22,4	19,5	22,4
03:00	20,5	23,3	14	13,7	15,7	18,2	19,3	21,7	19,1	21,5
04:00	20	22,2	14	13,8	14,9	17,9	18,7	21	18,4	20,9
05:00	19,4	21,6	14,1	13,9	14,9	17,3	18,5	20,6	18,3	20,8
06:00	19	21,5	14,1	13,9	14,3	16,7	18,3	20,5	18,6	21
07:00	20,1	21,5	14	13,9	16,4	16,7	19,9	20,8	20,8	20,7
<b>SOMA</b>	694	701,8	403,8	391,9	516,9	522,5	638,3	641,8	664,4	660,4
<b>MÉDIA</b>	<b>27,7</b>	<b>28,1</b>	<b>16,2</b>	<b>15,7</b>	<b>20,7</b>	<b>20,9</b>	<b>25,5</b>	<b>25,7</b>	<b>26,6</b>	<b>26,4</b>

Com os dados apresentados na tabela 5 são usados para analisar as variações da temperatura do ar, no mês de agosto (inverno)/ 2004, num período de 24 horas, com medições realizadas ao sol e à sombra.

Para as medições à sombra, no inverno, verificou-se que entre 13 h 00min. às 16 h 00min. foi o período que apresentou maiores temperaturas, tanto para a sombra quanto para o sol no inverno, os maiores valores apresentados no inverno à sombra variaram de 17,7°C a 34,1° C. Para as medições ao sol no inverno isso também se repetiu, a temperatura apresentou-se elevada entre 13 h 00min. às 16 h 00min., e os maiores valores encontrados no inverno ao sol variaram de 18,7° C a 37,4° C.

Analisando os menores valores da temperatura no inverno verificou-se que entre 03 h 00min. a 07 h 00min. foi o período que apresentou menores temperaturas nas medições à sombra, os menores valores encontrados variaram de 13,5° C a 21,5° C.

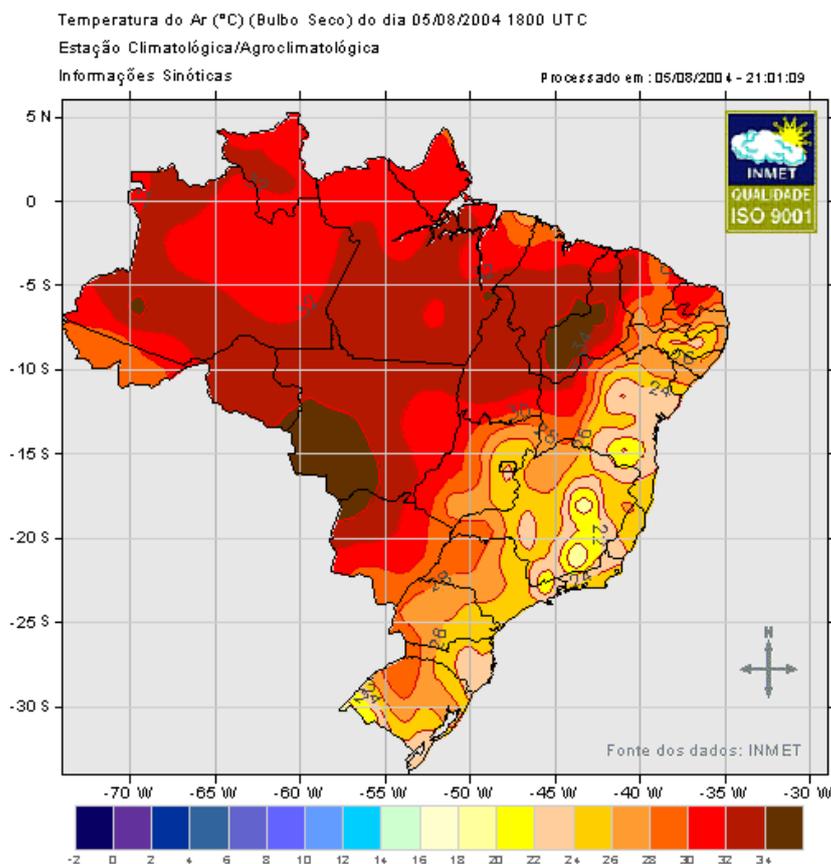
Para as medições ao sol o intervalo de tempo também se repetiu, a temperatura apresentou mínima entre os períodos de 03 h 00min. a 07 h 00min., e os menores valores apresentados no inverno, ao sol, variaram de 13,3° C a 19° C.



**FIGURA 17** – Temperatura do ar no período de inverno

A figura 17 apresenta a média da temperatura do ar no período de inverno ao sol e à sombra. Pode-se perceber que os maiores valores ficaram no primeiro dia da medição,

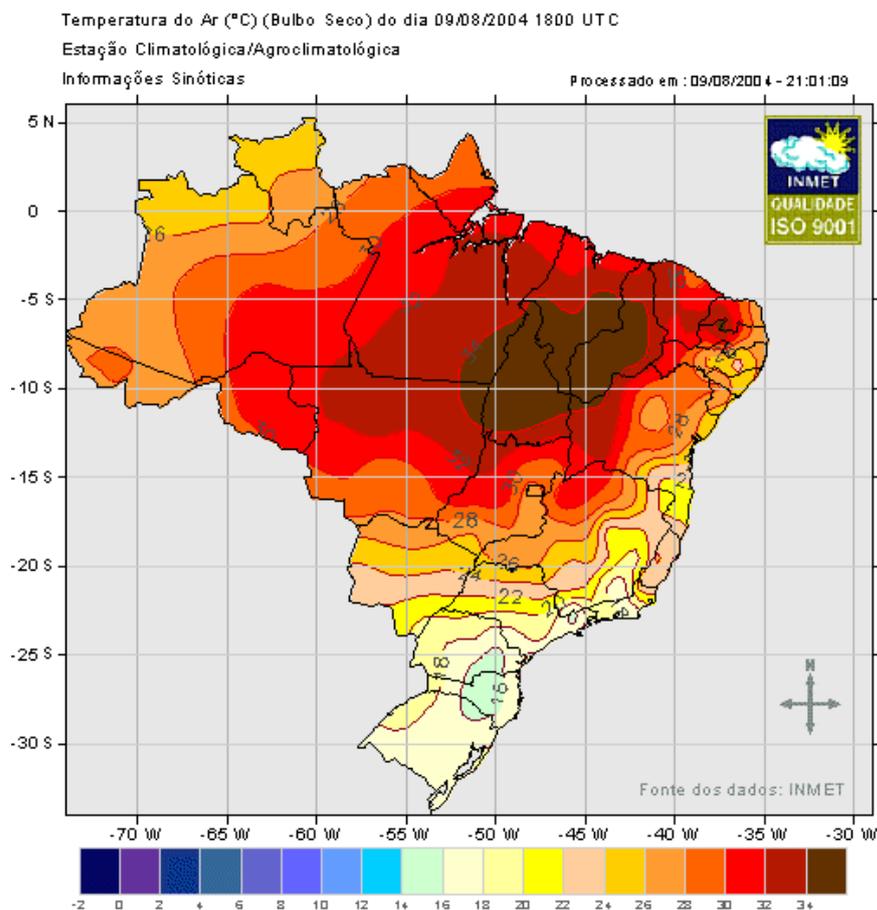
tanto para o sol quanto para a sombra, e os menores valores ficaram para o segundo dia, ao sol e à sombra.



**FIGURA 18** - Temperatura do ar às 16 horas (horário de MT), no inverno-1º dia de medição

**FONTE:** INMET (2005)

A figura 18 apresenta a temperatura do ar no Brasil com seus respectivos Estados. Em Cuiabá/ MT às 16 h 00min. o maior valor obtido na medição durante o inverno à sombra no 1º dia, foi de 34,1° C, confirmando os resultados apresentados no mapa.



**FIGURA 19** - Temperatura do ar às 15 horas (horário de MT), no inverno-5º dia de medição

**FONTE:** INMET (2005)

A figura 19 apresenta a temperatura do ar no Brasil com seus respectivos Estados. Em Cuiabá/ MT, às 15 h 00min. o maior valor obtido na medição durante o inverno ao sol, no 5º dia, foi de 37,4, confirmando os resultados apresentados no mapa.

Na tabela 6 a seguir estão os dados da radiação solar, ao sol e à sombra, no período do inverno.

**TABELA 6** – Resultados referentes à radiação solar ao sol e à sombra

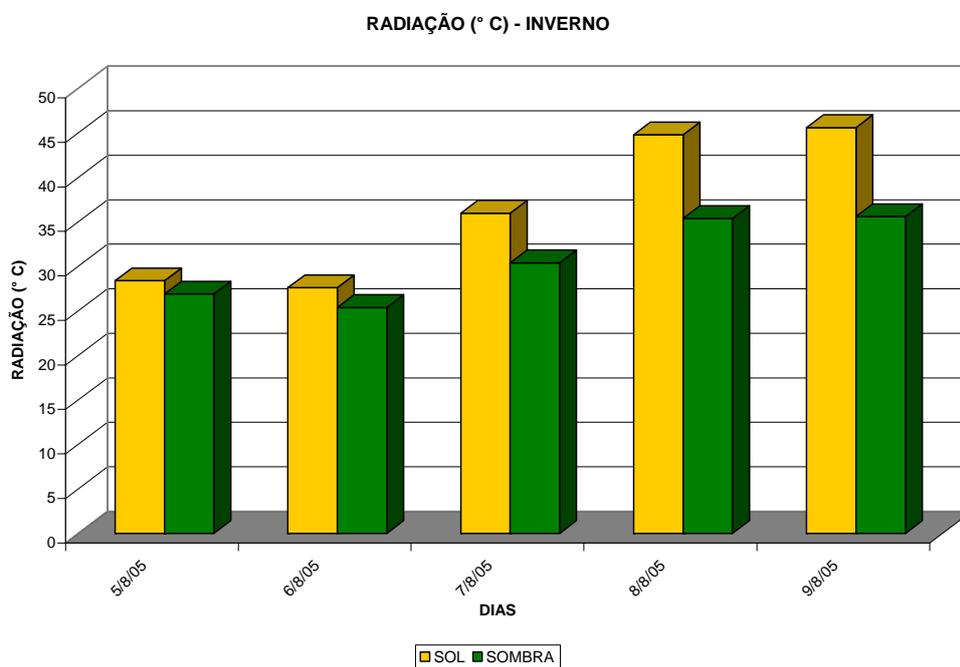
HORAS	RADIÇÃO (°C) - INVERNO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
07:00	21,5	24	15,5	15,5	10,5	13	18,5	18	16,5	18
12:00	48,5	30,5	23,5	18	43,5	22	48,5	25,5	52	26
17:00	27,5	33	16,5	16,5	22	24,5	27,5	26	26	26,5
07:00	16	20	13,5	13,5	14	16,5	17,5	19	19,5	18,5
SOMA	113,5	107,5	69	63,5	90	76	112	88,5	114	89
MÉDIA:	28,4	26,9	27,6	25,4	36,0	30,4	44,8	35,4	45,6	35,6

Os dados apresentados na tabela 6 servem para analisar as variações da radiação, no mês de agosto (inverno)/ 2004, num período de 07 h 00 min., 12 h 00 min., 17 h 00 min. e 07 h 00min., com medições realizadas ao sol e à sombra.

Para as medições à sombra, no inverno, verificou-se que às 12 h 00min. e 17 h 00min. foi o período que apresentou maiores radiações térmicas, os maiores valores apresentados no inverno, à sombra, variou de 30,5°C a 24,5° C. Para as medições ao sol, no inverno, isso também se repetiu, a radiação apresentou-se elevada às 12 h 00min. e 17 h 00min., e os maiores valores encontrados no inverno ao sol variaram de 52° C a 23,5° C.

Analisando os menores valores da radiação no inverno verificou-se que às 07 h 00min. foi o período que apresentou menores temperaturas nas medições à sombra, os menores valores encontrados variaram de 13,5° C a 20° C.

Para as medições ao sol o intervalo de tempo também se repetiu, a radiação apresentou mínima em 07 h 00min., e os menores valores apresentados no inverno, ao sol, variaram de 10,5°C a 17,5° C.



**FIGURA 20 – Radiação do ar no período de inverno**

A figura 20 apresenta a média da radiação no período de inverno ao sol e à sombra. Pode-se perceber que os maiores valores ficaram no quinto dia da medição, tanto para o sol quanto para a sombra, e os menores valores ficaram para o segundo dia, ao sol e à sombra.

Na tabela 7 a seguir estão os dados da umidade relativa do ar ao sol e à sombra no período do verão.

**TABELA 7** – Resultados referentes à umidade relativa do ar, ao sol e à sombra

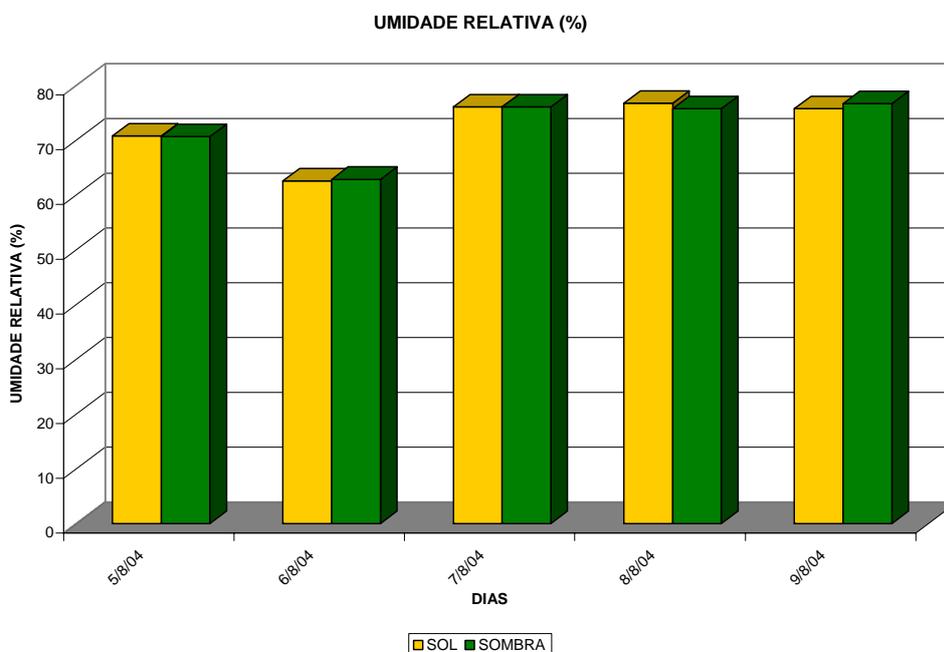
HORAS	UMIDADE RELATIVA DO AR - VERÃO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
07:00	96	94,4	78,7	76,3	88,8	85,8	83,7	83	82,9	80,2
08:00	88,3	88,4	66,6	73,4	87	87,4	72,9	74,8	65,1	72
09:00	75,6	82,7	62,5	69,7	84	84,2	65,7	72,2	59,2	66,5
10:00	67,7	75,1	60	66,8	80,2	81,5	62	68,5	56,3	62,5
11:00	61,1	71,7	58,2	63,7	69,7	74,3	59,4	62,7	54,4	58,7
12:00	61,7	64,8	55,1	58,2	68,1	73,2	56,3	60,1	52,1	52,1
13:00	58,2	66,3	49,2	54,7	63	69,6	51,6	53,8	51,4	53
14:00	58,5	64,3	47,7	50,2	62	66,5	55,4	59,1	68,1	69
15:00	54,6	61	44,9	47,4	59,9	63,5	77,8	78,4	79,2	82,7
16:00	54,5	55,7	41,2	42,5	61,9	66,4	74,5	71,6	80,1	88
17:00	51,3	52,6	42,4	43	66,7	68,7	75,2	73,9	79,1	84,7
18:00	57,3	55,6	52,1	51	73,4	73	80,2	78,4	80,4	84,2
19:00	60,9	57,8	56,3	54,9	76,1	75,1	83,2	81,4	83,4	84,3
20:00	64	62,5	59,5	58,4	78,7	77,2	84,2	81,5	82	81,9
21:00	67,4	65,2	63,5	61,5	81,2	79	83,7	80,2	80,1	80,5
22:00	69	67,1	66,2	63,5	82,1	79,9	84,4	80,2	80,8	80,3
23:00	71,1	68,3	69	67,1	80	77,7	83,8	79	80,4	79,6
24:00	75,2	70,8	70,1	67,5	76,8	73,6	83,2	78,7	82	80,2
01:00	76,4	72,3	71,1	68,3	76,8	74,1	82,2	78,6	82,2	80,1
02:00	79,2	75,1	71,8	68,8	76,9	74,4	83,7	80,1	83,8	81,4
03:00	80,5	76,6	73,5	70,4	80,2	77,8	86,5	84,2	85,6	83,1
04:00	83,7	77,1	75,4	72	82,4	80	86,5	82	85,4	82,5
05:00	85,4	79,9	76,6	73,7	82	79	86,8	84,7	86	83
06:00	84,2	80,4	76,7	74,3	82,1	79,6	88,9	83,7	92,8	81,5
07:00	87,6	81,1	76,8	75	82,3	80,1	89,1	84,3	82,2	84,3
<b>SOMA</b>	1769,4	1766,8	1565,1	1572,3	1902,3	1901,6	1920,9	1895,1	1895	1916,3
<b>MÉDIA</b>	<b>70,8</b>	<b>70,7</b>	<b>62,6</b>	<b>62,9</b>	<b>76,1</b>	<b>76,1</b>	<b>76,8</b>	<b>75,8</b>	<b>75,8</b>	<b>76,7</b>

Os dados apresentados na tabela 7 servem para analisar as variações da umidade relativa do ar, no mês de novembro - dezembro (verão)/ 2004 num período de 24 horas, com medições realizadas ao sol e à sombra.

Para as medições à sombra, no verão, verificou-se que entre 05 h 00min. às 07 h 00min. foi o período que apresentou maiores umidades, tanto para a sombra quanto para o sol, no verão, e os maiores valores apresentados no verão à sombra variaram de 76,3 % a 94,4 %.

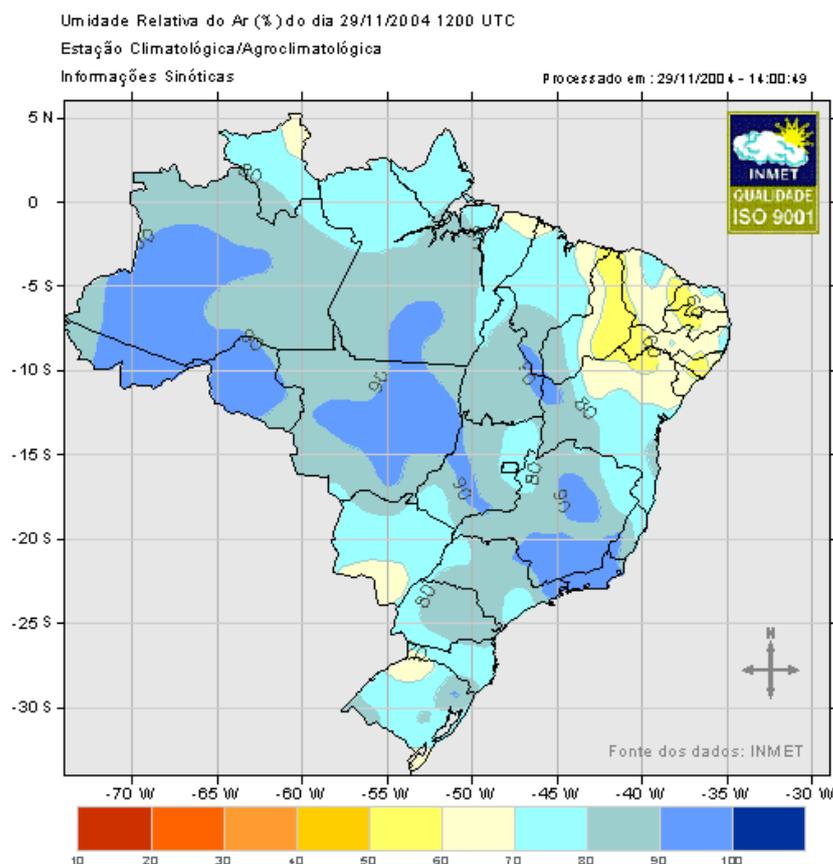
Para as medições ao sol no verão isso também se repetiu, a umidade relativa do ar apresentou-se elevada entre os períodos de 05 h 00min. às 07 h 00min., e os maiores valores apresentados no verão, ao sol, variaram de 96 % a 78,7 %.

Analisando os menores valores da umidade relativa do ar verificou-se que entre 13 h 00min. a 17 h 00min. foi o período que apresentou menores umidades relativas do ar no verão, nas medições à sombra e os menores valores variaram de 42,5 % a 63,5 %. Para as medições ao sol o intervalo também se repetiu, a umidade relativa do ar apresentou-se mínima entre os períodos de 13 h 00min. a 17 h 00min., e os menores valores apresentados para esse período ficaram entre 41,2 % a 59,9 %.



**FIGURA 21** – Umidade relativa do ar no período de verão

A figura 21 apresenta a média da umidade do ar no período de verão ao sol e à sombra. Pode-se perceber que os maiores valores ficaram no terceiro dia da medição à sombra e segundo dia, ao sol. Os menores valores ficaram para o segundo dia, ao sol e à sombra.



**FIGURA 22** - Umidade relativa do ar às 07 h 00min. (horário de MT) no verão-1º dia de medição.

**FONTE:** INMET (2005)

A figura 22 apresenta a umidade relativa do ar no Brasil com seus respectivos Estados. Em Cuiabá/ MT, às 07 h 00min., o maior valor obtido na medição durante o verão a sombra foi de 94,4% às 07 h. O maior valor obtido ao sol foi de 96% às 07 h 00min., confirmando os resultados apresentados no mapa.

Na tabela 8 a seguir estão os dados da temperatura do ar ao sol e à sombra, no período do verão.

**TABELA 8** – Resultados referentes à temperatura do ar ao sol e à sombra

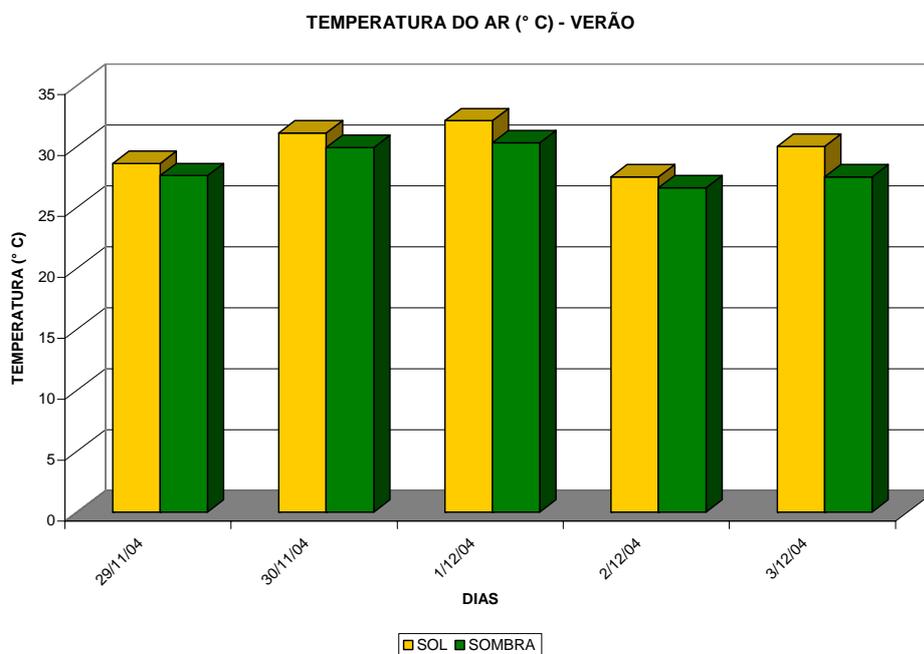
HORAS	TEMPERATURA DO AR (°C) - VERÃO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
07:00	25	24,6	25,9	26	26	26,1	26,2	26	27,1	27,3
08:00	26,9	25,5	31,8	28	29,5	28,2	28,3	27,4	28,3	28
09:00	31,3	26,6	33,6	29,1	30	28,4	32,5	28,5	29,9	28,6
10:00	32,4	27,6	34,5	30	31,9	29,8	35,2	30,2	31,8	29,7
11:00	33,2	28,7	34,7	30,9	33,9	30,8	36	31,6	33,5	30,8
12:00	33,4	29,3	35,8	31,8	34,8	32	36,1	32,5	34,7	31,7
13:00	33,4	29,8	36,7	32,9	34,8	32,9	37,1	33,6	36,2	32,7
14:00	34,7	30,4	38	33,5	36,2	33,9	36,7	29,6	36,3	35
15:00	35,3	31,5	38,4	34,5	37,1	34,8	27,3	26,8	37,4	31,1
16:00	33,5	31,6	38	36,2	38,3	35,6	26,1	26	37,3	25,4
17:00	33,6	31,5	34,2	33,6	38,6	37,3	25,4	25,5	35,6	25,2
18:00	30,8	30,5	31,8	32,2	38,4	35,7	24,5	24,6	32	26
19:00	29	29,3	30,9	31,3	37,2	33,9	24,3	24,6	29,5	26,2
20:00	27,2	28,2	30	30,5	33,8	32,6	24,6	24,9	28,2	26,2
21:00	26,2	27,3	29,3	29,8	33,7	30,6	24,6	25	27,5	26,3
22:00	26,1	26,9	28,8	29,3	33,5	30	24,3	24,9	26,9	26,2
23:00	25,6	26,5	28	28,6	33,5	30	24,2	24,9	26,8	26,2
24:00	25,2	26,2	27,6	28,1	32,1	29,6	24,2	25	26,7	26,2
01:00	24,9	25,9	27,2	27,8	30,9	28,9	24,1	25	26,5	26,2
02:00	24,9	25,7	27	27,4	29,2	27,9	24	24,9	26,6	25,8
03:00	24,3	25,4	26,8	27,3	27,1	27,2	24	24,6	26,4	25,6
04:00	24,1	25,3	26,7	27,1	26,6	26,3	23,9	24,6	25,6	25,6
05:00	23,9	25	26,8	27	25,4	25,3	24	24,6	25,5	25,6
06:00	25,4	25	26,9	27	24,9	25,1	24	24,6	26	25,5
07:00	25,6	25,1	27	27,1	24	24,3	25	25,1	26,5	25,4
<b>SOMA</b>	715,9	689,4	776,4	747	801,4	757,2	686,6	665	748,8	688,5
<b>MÉDIA</b>	<b>28,6</b>	<b>27,6</b>	<b>31,1</b>	<b>29,9</b>	<b>32,1</b>	<b>30,3</b>	<b>27,0</b>	<b>26,6</b>	<b>30,0</b>	<b>27,5</b>

Os dados apresentados na tabela 8 servem para analisar as variações da temperatura do ar no mês de novembro-dezembro (verão)/ 2004, num período de 24 horas, com medições realizadas ao sol e à sombra.

Para as medições à sombra, no verão, verificou-se que entre 13 h 00min. às 17 h 00min. foi o período que apresentou maiores temperaturas, tanto para a sombra quanto para o sol no verão, os maiores valores apresentados no verão à sombra variaram de 31,6°C a 37,3° C. Para as medições ao sol no verão isso também se repetiu, a temperatura apresentou elevada entre os períodos de 13 h 00min. às 17 h 00 min., e os maiores valores encontrados no verão, ao sol, variaram de 35,3° C a 38,6 C.

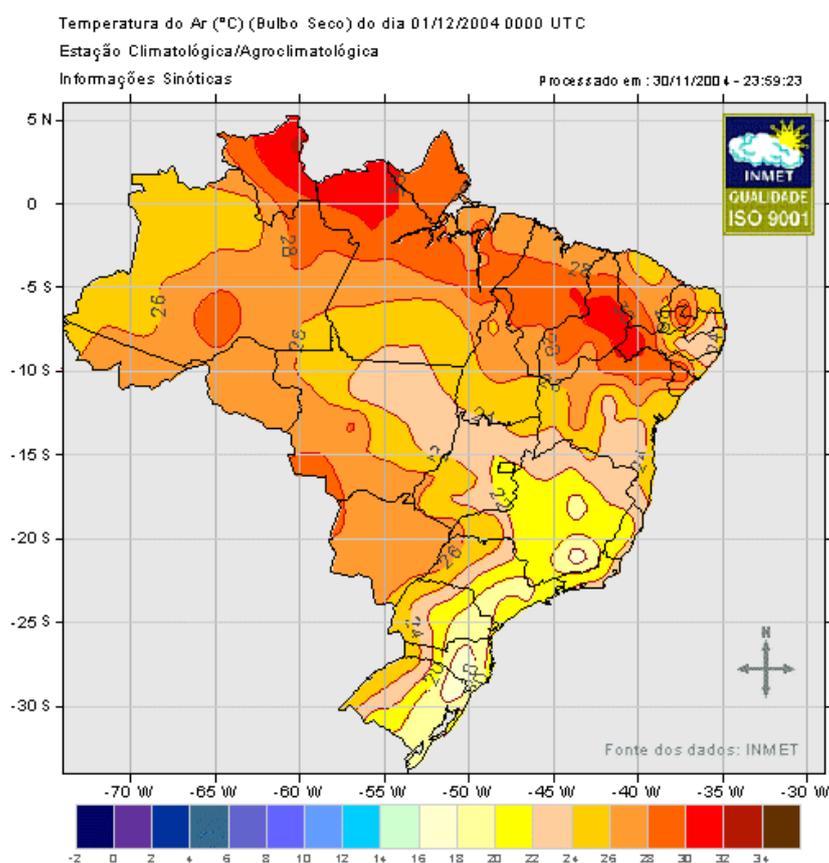
Analisando os menores valores da temperatura no verão verificou-se que entre 03 h 00min. a 07 h 00min. foi o período que apresentou menores temperaturas nas medições à sombra, os menores valores encontrados variaram de 24,3° C a 26° C.

Para as medições ao sol o intervalo de tempo também se repetiu, a temperatura apresentou-se mínima entre os períodos de 03 h 00min. a 07 h 00min., e os menores valores apresentados no verão, ao sol, variaram de 23,9° C a 25,9° C.



**FIGURA 23** – Temperatura do ar no período de verão

A figura 23 apresenta a média da temperatura do ar no período de verão ao sol e à sombra. Pode-se perceber que os maiores valores ficaram no primeiro dia da medição, tanto para o sol quanto para a sombra, e os menores valores ficaram para o segundo dia, ao sol e a sombra.



**FIGURA 24** - Temperatura do ar às 17 h 00min. (horário de MT), no verão-3º dia de medição  
**FONTE:** INMET (2005)

A figura 24 apresenta a temperatura do ar no Brasil com seus respectivos Estados. Em Cuiabá/ MT, às 17 h 00min., o maior valor obtido na medição durante o verão a sombra no 3º dia foi de 37,3° C e o maior valor obtido na medição durante o verão ao sol no 3º dia, foi de 38,6°C, confirmando os resultados apresentados no mapa.

Na tabela 9, estão os dados da radiação solar, ao sol e à sombra, no período do verão.

**TABELA 9** – Resultados referentes à radiação solar ao sol e a sombra

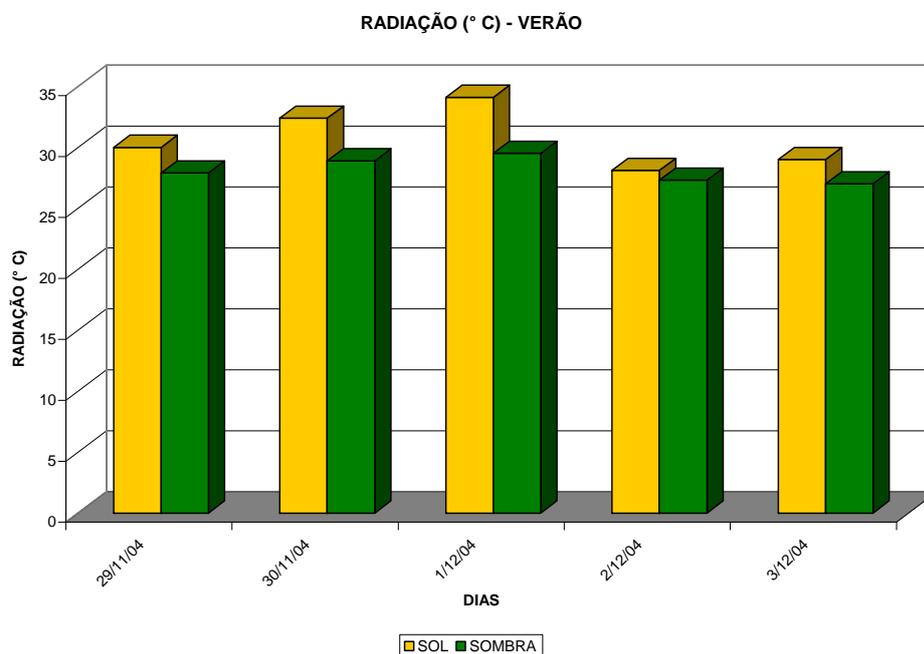
HORAS	RADIÇÃO (°C) - VERÃO									
	1° DIA		2° DIA		3° DIA		4° DIA		5° DIA	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
07:00	25,5	24,5	23,5	25,5	26	25,5	25,5	27	24	24
12:00	40	32,5	40	29	46	32	38,5	32	39,5	30
17:00	30	29	40,5	34,5	39,5	35	23,5	24,5	26	27,5
07:00	24,5	25,5	25,6	26,5	25	25,5	25	25,5	26,5	26,5
SOMA	120	111,5	129,6	115,5	136,5	118	112,5	109	116	108
MÉDIA:	48	44,6	51,84	46,2	54,6	47,2	45	43,6	46,4	43,2

Os dados apresentados na tabela 9 são usados para analisar as variações da radiação, no mês de novembro-dezembro (verão)/ 2004, num período de 07 h 00min., 12 h 00min., 17 h 00min. e 07 h 00min., com medições realizadas ao sol e à sombra.

Para as medições à sombra no verão, verificou-se que às 12 h 00 min. e 17 h 00 min. foi o período que apresentou maiores radiações térmicas, os maiores valores apresentados no verão à sombra variaram de 30°C a 35° C. Para as medições ao sol, no verão, isso também se repetiu, a radiação apresentou-se elevada às 12 h 00 min. e 17 h 00 min., e os maiores valores encontrados no verão, ao sol, variaram de 38,5° C a 46° C.

Analisando os menores valores da radiação, no verão, verificou-se que às 07 h 00 min. foi o período que apresentou menores temperaturas nas medições à sombra, os menores valores encontrados variaram de 24° C a 25,5° C.

Para as medições ao sol, o intervalo de tempo também se repetiu, a radiação apresentou-se mínima em 07 h 00min., e os menores valores apresentados no verão, ao sol, variou de 23,5° C a 25° C.



**FIGURA 25** – Radiação do ar no período de verão

A figura 25 apresenta a média da radiação no período de verão ao sol e a sombra pode-se perceber que os maiores valores ficaram no terceiro dia da medição, tanto para o sol quanto para a sombra, e os menores valores ficaram para o quarto dia, ao sol e à sombra.

Após a análise desses valores concluiu-se que o indivíduo arbóreo reduz a temperatura entre 6° C a 15° C no inverno e de 6° C a 10° C no verão. Dessa forma faz-se necessário arborizar as cidades de clima quente, em especial Cuiabá/ MT, para proporcionar melhores condições de conforto ambiental nos ambientes urbanos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O estudo do clima urbano da cidade demonstrou que as condições climáticas locais estão intimamente relacionadas com o uso do solo e, principalmente, com a carência de indivíduos arbóreos nas áreas urbanizadas.

Em ambas as estações foram observadas elevadas temperaturas, pois o abrigo foi instalado em uma área próxima à densas construções, intensa circulação de veículos e vegetação escassa.

Levando em consideração que a urbanização tem influência direta no clima da cidade de Cuiabá, torna-se necessário a elaboração de algumas medidas preventivas que irão orientar a melhor forma do uso e ocupação do solo urbano, adequando-o às características climáticas locais, proporcionando conforto térmico para a cidade, como:

1. Elaborar projetos de arborização nas áreas centrais (maior fluxo de veículos), a fim de se obter o sombreamento destas áreas, evitando a incidência direta da radiação solar na superfície;
2. No processo de verticalização, deve-se utilizar adequadamente as relações topoclimáticas para a localização correta da edificação de tal maneira que a energia solar tenha uma influência passiva, obtendo-se significativas reduções no consumo de energia operante;

3. Deve-se, também, orientar as edificações altas e baixas intercaladas de modo a permitir a circulação dos ventos;
4. Minimizar as superfícies pavimentadas nas áreas externas, dando prioridade à vegetação para sombreamento da edificação e do entorno;
5. A metodologia de projeto deve basear-se na exclusão da radiação direta dos ambientes internos e na minimização da radiação direta e difusa das fachadas e coberturas das edificações;
6. Conscientizar a população da importância do uso correto do solo urbano para pôr em prática estas medidas propostas, visando melhorar a qualidade de vida urbana.

É importante ressaltar que os projetistas e demais profissionais do ramo devem usar o seu conhecimento e criatividade para trabalhar com modernidade e garantir boas condições de conforto térmico.

A adoção destas medidas preventivas é extremamente simples, garantem economia de energia para climatização artificial e, principalmente, melhores condições de conforto aos seus habitantes.

Através da metodologia adotada com a coleta de dados climatológicos, podemos concluir que a comparação de dados entre as temperaturas de áreas sombreadas e não sombreadas indicam, cientificamente, a validade da presente pesquisa, subsidiando as diretrizes para melhoria da qualidade de vida dos indivíduos que habitam as cidades.

## 6. BIBLIOGRAFIAS

---

### 6.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais, 02:136.01.001**. Rio de Janeiro, 2002. 44 p.

BARDOU, P. & ARZOUMANIAN, V. – **Sol y arquitectura**. 3º ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1984. (Tecnologia y Arquitectura).

BROWN, G. Z. DEKAY, - **Sol, vento e luz : estratégia para projeto de arquitetura**. Trad. Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. Brookman, 2 ed Porto Alegre, 2004

BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, 1998.

CAMPELO, Jr. *et al.* - **Caracterização macroclimática de Cuiabá**. In. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente. Londrina, 1991. *Anais*. Londrina, v. 1, Comunicações, p. 542-552.

COPYRIGHT. **Brasil Cultural - Mapas do Brasil**. Disponível em: < <http://www.brasilcultural.hpg.ig.com.br/mapas>>. Acesso em: 11 janeiro 2004

COSTA, E. C. – **Física aplicada à construção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

DOURADO, S. C. **Ilhas de calor e urbanização na Amazônia mato-grossense**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

DUARTE, D. H. S. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá**. 1995. 185 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Departamento de Arquitetura, Universidade de São Carlos, São Paulo.

FABRIS, L. **Passeando por Mato Grosso: Coletânea Geográfica**. Cuiabá, 2001.

FITCH, J. M. – **American building: The environmental forces that shapes it**. 2° ed. New York: Schocken Books, 1975.

FRANCO, M. A. R. **Desenho ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. Annablume: Fapesp, São Paulo, 1997

FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. R. – **Manual de conforto térmico**. 2° ed.. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243 p.

GIVONI, B. – **Climate and architecture**. 2° ed. London: Applied Science, 1976 (reprinted 1981). Architectural Science Series.

\_\_\_\_\_ - Urban design for hot humid regions. **Renewable Energy**, v. 5, n° 5/8, p. 1047-1053, Aug. 1994.

GOMES, M. A S; AMORIM, M. C.C.T. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de casos nas praças públicas de Presidente Prudente (SP)**. Caminhos de Geografia – revista on line, Instituto de Geografia da UFU, 2003

INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS. Disponível em: < <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/centro.htm> >. Acesso em: 15 janeiro 2004

KOENIGSBERGER, O. H. et al. – **Vivendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo, 1977.

LANDSBERG, H. - The Urban Heat Island. In: **The Urban Climate**, Academic Press, New York, 1981.

LÔBO, D.G.F. & BITTENCOURT, L. S. – **A influência dos capacitores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003.

LOMBARDO, M. A. – **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MASCARÓ, L. R. **Luz clima e arquitetura**. Nobel 3º ed, São Paulo, 1983.

\_\_\_\_\_ - **Energia na edificação, estratégia para minimizar seu consumo**. Projeto de Editores Associados, São Paulo, nº 81, p. 69, nov. 1991.

MASCARÓ, L. E. A. R. **Vegetação urbana**. Porto Alegre, FINEP – UFRS, 2002, 242 p.

MAITELLI, G. T. – **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. São Paulo, FFLCH-USP, 1994. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

MONTEIRO, C. A. F. – **Teoria e clima urbano**. Série teses e monografias, n° 25, Instituto de Geografia da USP, São Paulo. 181 p. 1976.

ESTULANO, G.A. – **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/ MT – Avaliação pós-ocupação**. 2004, 104 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

GRZYBOWSKI, G.T. – **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá-MT: Estudo de caso**. 2004, 97 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

OKE, T. R. **Bourday Layer Climates**. London, Methuem & LTD. A. Hasteld Preess Book, New York, 1978.

OLGAY, V. – **Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona. 1963.

OMETTO, J. C. – **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica, 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. – **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PETERSON, J.T. - The Climate of Cities: a survey of recent literature. In: **Climate in review**, University of Waterloo, 1973.

RIBEIRO, A. G. – **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teórica, v. 23, n° 45-46, 1993.

ROMERO, M. A. B. - **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128 p.

SAMPAIO, C. H. B. – **Análise pós-ocupação de ambiente escolar: conforto térmico.** Universidade Federal de Mato Grosso. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2004.

SETTE, D. M. – **O holorrítmo e as interações trópico-extratrópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso.** São Paulo. 394 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

SOUZA, L. C. L. – **Desempenho térmico de coberturas leves: Aplicação do modelo NBSLD.** São Carlos. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1990.

TONIETTO, J. & MANDELLI, F. – **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 22 de agosto de 2005.

XAVIER, A.A.P. – **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

## **6.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS**

**Apresentação de trabalhos monográficos de conclusão de curso /** Universidade Federal Fluminense, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação; 6 ed. rev. ampl. por Estela dos Santos Abreu e José Carlos Abreu Teixeira; Niterói: EdUFF, 2003, 86 p.: il.

FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e seus Municípios.** Secretaria de Estado e Educação, Cuiabá, 1997.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. - Eficiência energética na arquitetura. São Paulo, PW, 1997. 192 p.

SATTLER, M. A. – Arborização urbana e conforto ambiental. In: CONGRESSO DE ARBORIZAÇÃO DE CIDADES, 1, 1992, Vitória. Anais. Vitória: 1992. p. 15-28.

\_\_\_\_\_ - Medições de campo da transmissão de radiação solar através de árvores. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1, 1991, Gramado. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 1991. p. 93-96.

SILVA, A. P. L. M. - Mudanças Climáticas Urbanas. 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

TARIFA, J. R. – Unidades climáticas do Estado de Mato Grosso (1º Aproximação). Laboratório de Climatologia e biogeografia – Departamento de Geografia da FFLCH – USP.

ZAMPARONI, C. A. G. P. Ilha de calor em Barra do Bugres e Tangará da Serra – MT: uma contribuição ao Estudo de Clima Urbano em Cidades de Pequeno Porte em Área Tropical. 1995. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.