



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**HABITAÇÃO EM MADEIRA NO TRÓPICO ÚMIDO –  
AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM PROTÓTIPO DE  
MADEIRA NA CIDADE DE BELÉM-PARÁ**

**Marcela Marçal e Maciel**

**Campinas – SP  
2006**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**HABITAÇÃO EM MADEIRA NO TRÓPICO ÚMIDO –  
AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM PROTÓTIPO DE  
MADEIRA NA CIDADE DE BELÉM-PARÁ**

**Marcela Marçal e Maciel**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Lucila Chebel Labaki**

**Co-orientador: Dr. Osmar José Romeiro de Aguiar**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Edificações.

**Campinas – SP  
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

M187h Maciel, Marcela Marçal e  
Habitação em madeira no trópico úmido – avaliação  
do conforto térmico em protótipo de madeira na cidade  
de Belém - Pará / Marcela Marçal e Maciel.--Campinas,  
SP: [s.n.], 2006.

Orientadores: Lucila Chebel Labaki, Osmar José  
Romeiro de Aguiar  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Habitação popular. 2. Arquitetura de habitação. 3.  
Conforto térmico. 4. Trópicos - Clima. 5. Casas de  
madeira. 6. Construção de madeira. I. Labaki, Lucila  
Chebel. II. Aguiar, Osmar José Romeiro de. III.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Título em Inglês: Wood for housing in hot-humid tropic: evaluation of  
thermal comfort in wood prototypes in the city of Belém-  
Pará

Palavras-chave em Inglês: Wood for housing, Thermal comfort, Humid  
tropic

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Elcione Maria Lobato de Moraes, Sílvia Aparecida  
Mikami Gonçalves Pina e Carolina Lofuto Bueno-  
Bartholomei

Data da defesa: 21/02/2006



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**HABITAÇÃO EM MADEIRA NO TRÓPICO ÚMIDO – AVALIAÇÃO DO  
CONFORTO TÉRMICO EM PROTÓTIPO DE MADEIRA NA CIDADE  
DE BELÉM-PARÁ**

**Marcela Marçal e Maciel**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

Handwritten signature of Lucila Chebel Labaki in blue ink.

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lucila Chebel Labaki**

**Presidente e Orientadora – Unicamp/Campinas –SP**

Handwritten signature of Elcione M. Lobato de Moraes in blue ink.

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Elcione M. Lobato de Moraes**

**Unama/Belém – PA**

Handwritten signature of Silvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina in blue ink.

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina**

**Unicamp/Campinas – SP**

Handwritten signature of Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei in blue ink.

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei**

**Unesp – SP**

**Campinas/SP, 21 de Fevereiro de 2006**

Aos meus amados pais Eudes e Socorro,  
pelo amor infinito, o meu eterno agradecimento.  
Aos meus irmãos Fred e Henrique, pelo apoio e incentivo.  
Ao meu lindo sobrinho João Fernando, muito amor e carinho.  
À minha querida vizinha Odília (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

---

À minha orientadora Dra. Lucila Chebel Labaki, pela orientação, amizade, estímulo, confiança e incentivo para a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador Dr. Osmar Aguiar, pela gentileza em participar desta pesquisa e ajudar de forma singular a concretização desta idéia.

À Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP pelo apoio institucional, ao investir no meu aperfeiçoamento.

À Embrapa Amazônia Oriental, por ceder o espaço para a construção dos protótipos e acreditar nesta pesquisa.

À empresa MG Araguaia, pelo fornecimento da madeira para os protótipos.

A Poematec, pelo fornecimento da Fibra de Coco para isolamento térmico dos painéis de fechamento dos protótipos.

Aos meus familiares que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste sonho, Tio Feliciano, Tia Terezinha, Tia Edna, Marcus, Márcia, Maria, Van, Cíntia, Ana Paula, Andreza.

Aos amigos de Campinas, Carla, Flavia, Ítalo, Veiko, Mariela, Inês, com quem tive a oportunidade de compartilhar momentos alegres e difíceis.

Aos amigos de Belém, Isolda, Lucila, Luciana, Zildinha, Sercila, Alemar, Reinaldo Jansen, Apolo, pela ajuda e incentivo para o término deste trabalho.

Ao Carlos, por sua preciosa colaboração, paciência, carinho e amor.

A Profª Raimunda Carvalho, por toda ajuda e incentivo para minha formação profissional.

A todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização desta pesquisa ajudando no meu amadurecimento pessoal, profissional e espiritual.

E, sobretudo a Deus, esta força maior, que sempre senti estar junto a mim, através de bons pensamentos e, me aproximando das pessoas aqui mencionadas.

## **Belém**

***Antônio Juraci Siqueira***

Minha Belém de trezentos  
e tantos anos, és luz  
quem em todos os momentos  
me ilumina e me seduz!  
És o meu porto seguro  
para viver e sonhar  
na certeza que o futuro  
já chegou para ficar!  
Se alguém quiser ver o peso  
do amor que tenho por ti,  
basta falar com desprezo  
do encanto que existe aqui.  
Por te amar sem preconceito  
e querer sempre o teu bem,  
nas cadeias do meu peito  
prendi teu nome: - Belém

## RESUMO

---

MACIEL, Marcela Marçal e. **Habitação em madeira no trópico úmido – avaliação de conforto térmico em protótipo de madeira na cidade de Belém-Pará.** 2004. Exame de Qualificação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

Na Amazônia estão concentradas grandes riquezas naturais brasileiras, porém muitas vezes não são preservadas ou exploradas de maneira sustentável. Com a arquitetura ocorre o mesmo. Um dos grandes desafios para os profissionais atuantes na área da construção civil e arquitetura é o desenvolvimento de produtos e sistemas construtivos que, juntamente com a prática do uso racional dos recursos naturais, incrementem a produtividade, reduzam o tempo de execução, incentivem o uso de matéria prima local, gerando menor custo final ao consumidor. Especialmente em Belém, capital do Estado do Pará, a arquitetura busca, há algum tempo, uma identidade com a região em que está inserida, e isso vem acontecendo, graças ao esforço de alguns arquitetos que se preocupam em fazer edificações adequadas ao clima quente-úmido da região. Nesse contexto, surge a madeira como um material de um potencial altíssimo, tanto pela abundância com que é encontrada na natureza, como pelo fato de ser proveniente de fonte renovável. Essa pesquisa teve enfoque na região Amazônica, e em especial na cidade de Belém-Pará. Avaliou o conforto térmico e o desempenho térmico de diferentes alternativas de painéis de fechamento em dois protótipos de madeira construídos na Embrapa – Amazônia Oriental, através de medições dos parâmetros ambientais – temperatura, umidade, temperatura do globo e velocidade do ar, a fim de verificar qual painel de fechamento possui maior eficácia no controle das exigências climáticas. Foi realizada, ainda, uma pesquisa acerca de aplicação da madeira em projetos habitacionais de interesse social, por órgãos públicos ou privados. Essa pesquisa visou contribuir com informações técnicas para a melhoria do conforto ambiental das habitações em madeira na região de clima quente-úmido e, discutir alternativas que visem a valorizar a madeira como material de construção de maneira sustentável.

Palavras-chaves: Habitação em madeira; Conforto térmico; Trópico úmido.

## ABSTRACT

---

MACIEL, Marcela Marçal e. **Wood for housing in hot-humid tropic: evaluation of thermal comfort in wood prototypes in the city of Belém-Pará.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

In the Amazonian Region there is a great concentration of natural resources, however in most cases they are not preserved or explored in a sustainable way. In architecture things are not different. One of the great challenges for the active professionals in architecture and building area is the development of products and constructive systems which allow for the practice of the rational use of the natural resources, to increase the productivity and to reduce the time of execution, to incentive the use of local raw material, generating smaller final cost to the consumer. Especially in Belém, capital of the State of Pará, there are a number of professionals looking for an identity with the region, due to the effort of some architects concerned with appropriate constructions to the hot-humid climate. In this context, wood is a material with high potential, since it is abundant in the nature, and comes from a renewable source. This research has its focus in the Amazonian area, especially in the city of Belém-Pará. Thermal comfort and thermal performance of different alternatives of closing panels in two wood prototypes built in Embrapa – Amazonia Oriental are analyzed through measurements of environmental parameters – air temperature, humidity, globe temperature and air speed, in order to verify which panel is more effective in the control of the climatic demands. A research concerning the possibilities of use of wood in habitation projects of social interest was accomplished, for public or private organs. This research aims to contribute with technical information for the improvement of environmental comfort of wood houses in the hot-humid regions and to look for alternatives to discuss the use of wood as building material in a sustainable way.

Key-words: Wood for Housing; Thermal comfort; Humid tropic

# SUMÁRIO

---

<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>Lista de Gráficos</b>	<b>xv</b>
<b>Parte I – Introdução</b>	
<b>1. Introdução</b>	<b>3</b>
1.1. Contextualização	3
<b>2. Objetivos</b>	<b>7</b>
2.1. Geral	7
2.2. Específico	7
<b>Parte II – Revisão Bibliográfica</b>	
<b>3. Área objeto de estudo</b>	<b>11</b>
3.1. Considerações históricas	12
3.2. Clima quente-úmido	17
3.3. Características climáticas de Belém	22
3.3.1. Temperatura	22
3.3.2. Radiação solar	23
3.3.3. Umidade	24
3.3.4. Ventos	24
3.3.5. Pluviosidade	25
3.3.6. Nebulosidade	26
3.4. Características fotoperiódicas e de outros elementos	27
3.4.1. Cartas solares e orientação	27
3.4.2. Distribuição dos ambientes	30
3.4.3. Materiais de construção	31
3.4.4. Elementos de proteção	32
3.4.5. Aberturas	33
3.4.6. Coberturas	34
3.4.7. Áreas verdes	34
3.4.8. Outros elementos	35

<b>4. Madeira na Arquitetura</b>	<b>37</b>
4.1. Estrutura da madeira	38
4.1.1. Classificação das árvores	38
4.1.2. Fisiologia da árvore	41
4.2. Propriedade térmica da madeira e seus derivados	44
4.2.1. Umidade, densidade e temperatura.	45
4.2.2. Calor específico	47
4.2.3. Difusividade térmica	48
4.2.4. Sensação térmica	49
4.3. Levantamento sobre o uso da habitação em madeira na região	50
<b>5. Conforto térmico</b>	<b>59</b>
5.1. Fatores que determinam as condições de conforto térmico	59
5.1.1. Fatores ambientais	61
5.1.1.1. Temperatura do ar	61
5.1.1.2. Temperatura radiante média	61
5.1.1.3. Umidade relativa do ar	62
5.1.1.4. Velocidade do ar	63
5.1.2. Fatores pessoais	63
5.1.2.1. Atividade desenvolvida	63
5.1.2.2. Resistência térmica da vestimenta	64
5.1.3. Método dos votos médios estimados	65
5.1.4. Avaliação do conforto térmico	69
<b>6. Desempenho térmico das edificações</b>	<b>71</b>
6.1. Componentes externos	71
6.1.1. Coberturas	72
6.1.2. Paredes	73
6.2. Métodos de avaliação do desempenho térmico	75
6.2.1. Métodos experimentais e simulações	75
6.2.2. Método com base na Norma da ABNT	82
<b>Parte III – Metodologia</b>	
<b>7. Desenvolvimento do projeto experimental</b>	<b>87</b>
7.1. Protótipo	87
7.1.1. Descrição do projeto	87
7.1.1.1. Localização e fundação	88
7.1.1.2. Sistema estrutural	89
7.1.1.3. Sistema de vedação	89
7.1.1.4. Sistema de cobertura	90
7.1.1.5. Instalações	90
7.1.1.6. Pintura e tratamento	91
7.1.2. Descrição da área de implantação do protótipo	91

7.2. Medições	93
7.2.1. Procedimentos para coleta de dados	93
7.2.2. Equipamentos utilizados nas medições	94
7.2.2.1. Temperatura do ar	94
7.2.2.2. Temperatura radiante média	95
7.2.2.3. Umidade relativa do ar	95
7.2.2.4. Velocidade relativa do ar	96
<b>8. Análise – Norma da ABNT</b>	<b>97</b>
8.1. Parte 2: Propriedades térmicas dos componentes	97
8.1.1. Painel simples	97
8.1.2. Painel duplo com ar confinado	99
8.1.3. Painel duplo com fibra de coco	101
8.1.4. Análise dos resultados dos painéis	103
8.2. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas	104
8.2.1. Diretrizes Construtivas	104
8.2.2. Estratégias de condicionamento térmico passivo	105
<b>9. Análise dos resultados</b>	<b>107</b>
9.1. Análise descritiva das médias das temperaturas internas e externas do ar	108
9.2. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar comparando os três tipos de painéis de fechamento	117
9.3. Análise descritiva das diferenças das médias das Temperaturas externa e interna do ar comparando as três situações de abertura de janela nos protótipos	122
9.4. Análise descritiva do conforto térmico através do software de Conforto 2.02	127
<b>Parte IV – Considerações finais</b>	
<b>10. Discussão</b>	<b>131</b>
<b>11. Conclusão</b>	<b>137</b>
<b>12. Referências</b>	<b>139</b>
<b>13. Obras Consultadas</b>	<b>147</b>
<b>Apêndice A – Tabelas – Medições experimentais</b>	<b>151</b>
<b>Apêndice B – Gráficos – Sol e Sombra</b>	<b>163</b>
<b>Apêndice C – Gráficos – Diferenças Painéis</b>	<b>175</b>
<b>Apêndice D – Voto Médio Estimado - VME</b>	<b>179</b>
<b>Apêndice E – Projeto Protótipo</b>	<b>191</b>
<b>Apêndice F – Fotos - Protótipos</b>	<b>209</b>
<b>Anexo A – Tabelas Embrapa</b>	<b>215</b>

## LISTA DE TABELAS

---

<b>3. Área objeto de estudo</b>	<b>11</b>
Tabela 3.1 – Tabela climática da região norte	20
Tabela 3.2 – Dados meteorológicos médios e extremos de Belém. Período 1967-1996	25
Tabela 3.3 – Melhor orientação para ambientes	30
Tabela 3.4 – Níveis de absorção da energia solar	34
<b>5. Conforto térmico</b>	<b>59</b>
Tabela 5.1 – Taxas de metabolismo	64
Tabela 5.2 – Isolamento térmico para peças de roupa	65
Tabela 5.3 – Escala de sensação térmica	66
<b>7. Análise experimental</b>	<b>87</b>
Tabela 7.1 – Fases para coleta de dados	93
<b>8. Análise – Norma da ABNT</b>	<b>97</b>
Tabela 8.1 – Propriedades térmicas dos materiais empregados na pesquisa	97
Tabela 8.2 – Resultados do cálculo das propried. térmicas dos componentes	103

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>3. Área objeto de estudo</b>	<b>11</b>
Figura 3.1 – Localização de Belém	11
Figura 3.2 – Mapa de Belém do século XVII	13
Figura 3.3 – Casas geminadas no início do século	14
Figura 3.4 – Vista aérea de Belém atual	15
Figura 3.5 – Classificação climatológica, segundo IBGE.	18
Figura 3.6 – Mapa de Koppen	19
Figura 3.7 – Carta solar 1,3°	27
Figura 3.8 – Climatologia (Belém)	29
Figura 3.9 – Efeito da radiação solar nos materiais	32
Figura 3.10 – Influência da vegetação na direção dos ventos	35
<b>4. Madeira na Arquitetura</b>	<b>37</b>
Figura 4.1 – Estrutura da madeira – gimnosperma	39
Figura 4.2 – Estrutura da madeira – angiosperma	40
Figura 4.3 – Seção transversal do tronco de uma árvore	41
Figura 4.4 – Nutrição da árvore	43
Figura 4.5 – Corte do tronco ilustrando os planos fundamentais	47
<b>5. Conforto térmico</b>	<b>59</b>
Figura 5.1 – Relação entre VME e PEI	68
<b>7. Análise experimental</b>	<b>87</b>
Figura 7.1 – Vista aérea da Embrapa Amazônia Oriental e localização dos protótipos	92
Figura 7.2 – Área escolhida ao sol	92
Figura 7.3 – Área escolhida a sombra	92
Figura 7.4 – Datalogger Testo175-3	94
Figura 7.5 – Datalogger Testo175-3 (temp. superficial)	94
Figura 7.6 – Datalogger Testo175-T2	95
Figura 7.7 – Termômetro deglobo	95
Figura 7.8 – Datalogger Testo175-2	96
Figura 7.9 – Termoanemômetro Testo 445	96
<b>8. Análise – Norma da ABNT</b>	<b>97</b>
Figura 8.1 – Painel de madeira simples	97
Figura 8.2 – Painel de madeira dupla com ar confinado	99
Figura 8.3 – Painel de madeira dupla com isolante térmico – fibra de coco	101

## LISTA DE GRÁFICOS

---

<b>4. Madeira na Arquitetura</b>	<b>97</b>
<b>Gráfico 4.1</b> – Condução térmica da madeira e derivados em função da densidade	44
<b>Gráfico 4.2</b> – Condutividade térmica da madeira em função da umidade	45
<b>Gráfico 4.3</b> – Condutividade térmica da madeira em função da temperatura	46
<b>Gráfico 4.4</b> – Calor específico em função da temperatura	48
<b>Gráfico 4.5</b> – Calor específico em função da umidade da madeira	48
<b>9. Análise experimental</b>	<b>107</b>
<b>Gráfico 9.1</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS FECHADAS, PAINEL SIMPLES</b>	109
<b>Gráfico 9.2</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS L/O, PAINEL SIMPLES</b>	110
<b>Gráfico 9.3</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS N/S, PAINEL SIMPLES</b>	111
<b>Gráfico 9.4</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS FECHADAS, PAINEL DUPLO C/ AR</b>	112
<b>Gráfico 9.5</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS L/O, PAINEL DUPLO C/ AR</b>	113
<b>Gráfico 9.6</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS N/S, PAINEL DUPLO C/ AR</b>	114
<b>Gráfico 9.7</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS FECHADAS, PAINEL DUPLO C/ FIBRA</b>	115
<b>Gráfico 9.8</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS L/O, PAINEL DUPLO C/ FIBRA</b>	116
<b>Gráfico 9.9</b> – Médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS N/S, PAINEL DUPLO C/ FIBRA</b>	117
<b>Gráfico 9.10</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS FECHADAS, SOL</b>	118
<b>Gráfico 9.11</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS L/O, SOL</b>	119
<b>Gráfico 9.12</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS N/S, SOL</b>	119
<b>Gráfico 9.13</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS FECHADAS, SOMBRA</b>	120
<b>Gráfico 9.14</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS L/O, SOMBRA</b>	121
<b>Gráfico 9.15</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>JANELAS ABERTAS N/S, SOMBRA</b>	121
<b>Gráfico 9.16</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOL, PAINEL SIMPLES</b>	122
<b>Gráfico 9.17</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOL, PAINEL DUPLO C/ AR</b>	123
<b>Gráfico 9.18</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOL, PAINEL DUPLO C/ FIBRA</b>	124
<b>Gráfico 9.19</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOMBRA, PAINEL SIMPLES</b>	125
<b>Gráfico 9.20</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOMBRA, PAINEL DUPLO C/ AR</b>	126
<b>Gráfico 9.21</b> – Diferença médias das Temp. do Ar, <b>SOMBRA, PAINEL DUPLO C/ FIBRA</b>	127

## ***PARTE I***

---

### ***Introdução***

---



# 1. Introdução

---

## 1.1. Contextualização

A construção civil é dinâmica e, portanto, surgem constantemente novos materiais e tecnologias cada vez mais avançados, em busca sempre de uma maior qualidade e desenvolvimento para o setor. Um dos grandes desafios para os profissionais atuantes nesta área é o desenvolvimento de produtos e sistemas construtivos que, juntamente com a prática do uso racional dos recursos naturais, incrementem a produtividade, reduzam o tempo de execução, incentivem o uso de matéria prima local, gerando menor custo final ao consumidor. Nesse contexto, surge a madeira como material de potencial altíssimo, tanto pela abundância com que é encontrado na natureza, quanto pelo fato de ser proveniente de fonte renovável.

Entretanto, a madeira tem sua utilização mais comum voltada para fins estruturais, coberturas, cimbramentos, pontes, benfeitorias rurais, entre outros, conforme afirma Lamén (2002). Apesar dos conhecidos preconceitos e a falta de informações inerentes à madeira, profissionais da arquitetura e engenharia que trabalham nesta área, buscam cada vez mais soluções tecnológicas, visando aliar respeito à natureza com o bem estar do homem. E na busca para se alcançar este bem estar, as construções habitacionais deveriam, por sua vez,

respeitar as diferenças climáticas constantes não apenas na região, mas também no Brasil.

O conhecimento de determinada região permite o estabelecimento de parâmetros entre as condições de conforto térmico e as atividades desenvolvidas pelas pessoas em determinados ambientes. Assim, o projeto de uma habitação deve se preocupar, além dos aspectos estéticos, com as questões que envolvem o conforto ambiental no interior da mesma.

Particularmente, no caso das habitações este tema se torna de grande importância frente aos problemas de moradia e materiais utilizados, muitas vezes de forma irregular, não adequados ao clima ou ao uso da edificação. Isso é percebido no campo da arquitetura, em que os processos tecnológicos estão cada vez mais avançados. Para alguns profissionais o conhecimento dessas novas tecnologias, mais adequadas, muitas vezes é deixado de lado em detrimento de modelos importados de outras regiões ou mesmo de outros países.

Mesmo assim, na Amazônia pode-se encontrar uma arquitetura erudita, a qual resgata soluções e processos construtivos adotados, em grande parte, pelos povos primitivos da região. Contudo, a arquitetura não é constituída de partes isoladas e estáticas, ou seja, o mais importante é que ela não assuma caráter extremista, com relação a um regionalismo muitas vezes decadente e retrógrado. Ao contrário, deve buscar sempre soluções inovadoras, aprimoramento tecnológico, utilizar processos mais dinâmicos, preocupando-se com a adequação dos materiais às condições ambientais. E, no caso da Amazônia, buscando sempre uma linguagem bem particular com a cultura de seu povo.

Com enfoque para esta região de clima tropical quente-úmido, é necessário compreender algumas peculiaridades, para se propor uma arquitetura que reflita as características climáticas e culturais do local. Possui temperaturas bastante

elevadas, assim como a umidade relativa do ar, que pode chegar a 90% no período chuvoso. A luz do sol é muito intensa, embora seja reduzida, de vez em quando, pela alta nebulosidade. Outro aspecto importante é o que diz respeito à ventilação. Sendo a velocidade do ar limitada, os projetos são elaborados de modo a captar qualquer brisa, utilizando materiais com pouca inércia térmica.

Dessa forma, os fechamentos vertical e horizontal, e as aberturas são alguns elementos para se efetuar a troca de energia com o exterior e o interior de uma edificação, influenciando, principalmente, no ambiente interno como fonte de luz e calor, além do aspecto estético.

Abordando a questão do conforto térmico, este trabalho visa avaliar os parâmetros ambientais em protótipos de madeira, analisar o desempenho térmico dos painéis de fechamento, assim como fazer uma pesquisa acerca do interesse em habitações em madeira na região. Ao final pretende-se trazer contribuições positivas para as construções locais, em especial para as habitações, para que se tenha uma arquitetura que espelhe as reais características, tanto climáticas quanto culturais, da região Amazônica.



## 2. Objetivo

---

### 2.1. Objetivo Geral

Ampliar os subsídios para a melhoria do conforto térmico das habitações em madeira na cidade de Belém-Pa.

### 2.2. Objetivo Específico

Como objetivos específicos esta pesquisa aponta os seguintes aspectos:

- Avaliação de utilização de três alternativas de painéis de fechamento em madeira;
- Avaliação do desempenho térmico das três alternativas de painéis de fechamento, com a construção de dois protótipos;
- Avaliar o conforto térmico no interior dos protótipos;
- Levantamento acerca do interesse em habitações em madeira na região.



## ***PARTE II***

---

### ***Revisão Bibliográfica***



### 3. Área objeto de estudo

A cidade de Belém situa-se na parte setentrional da Amazônia, com latitude de 1°28'S, longitude de 48°27'W e altitude 24m acima do nível do mar, segundo Nascimento (1995). Apresenta, de acordo com Penteado (1968), algumas peculiaridades climáticas em relação ao restante da região, assim como outras localidades situadas na zona intertropical.



Figura 3.1: Localização de Belém.  
Fonte: NASCIMENTO, 1995.

Esse fato é confirmado por Nimer (1979), quando diz que o clima local possui um quadro peculiar em relação à circulação atmosférica e índices pluviométricos, por ser do tipo Equatorial super-úmido e sem períodos de seca. Da mesma forma, o Plano Diretor da Grande Belém – PDGB de 1975 acrescenta que tais

peculiaridades ocorrem pelos mecanismos dos sistemas atmosféricos atuantes na região, e ressalta a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), zona que comanda as duas estações climáticas de Belém, estação chuvosa e menos chuvosa.

De acordo com esses pressupostos, serão abordadas, a seguir, com mais profundidade, algumas considerações sobre a história da cidade de Belém. Posteriormente serão apresentados os dados do clima local e, finalmente, as questões pertinentes à adequação da arquitetura ao clima.

### **3.1. Considerações históricas**

Fundada sob o nome de Feliz Luzitânia, Belém, capital do Pará, figura com um marco da ocupação de tropas portuguesas na região, as quais, em 12 de janeiro de 1616, comandadas por Francisco Caldeira Castelo Branco, edificaram uma fortificação às margens dos rios da região, dando início assim a um pequeno núcleo instalado ao redor do chamado Forte do Presépio.

Voltada para as preocupações militares, Belém ocupou uma das áreas mais desfavoráveis à urbanização, entre a Baía do Guajará a Oeste e ao Sul pelo rio Guamá. Porém sua localização era estratégica, sob o ponto de vista militar, cujo propósito era marcar a ocupação da região Amazônica, defendendo-a das invasões estrangeiras.

Contudo, Nascimento (1995) relata que, apesar dos objetivos militares traçados, Belém iniciou seu crescimento ao longo do Rio Guamá até onde permitiu o Igarapé Piri, hoje consolidado pelo bairro mais antigo da capital paraense, chamado de Cidade Velha. Mais tarde, ainda no século XVII, ocorre o segundo movimento de expansão, desta vez no sentido contrário, ou seja, em direção à

Baía do Guajará, dando origem ao bairro da Campina, em áreas mais firmes e elevadas e propiciando a expansão central em terras com melhores condições de urbanização.

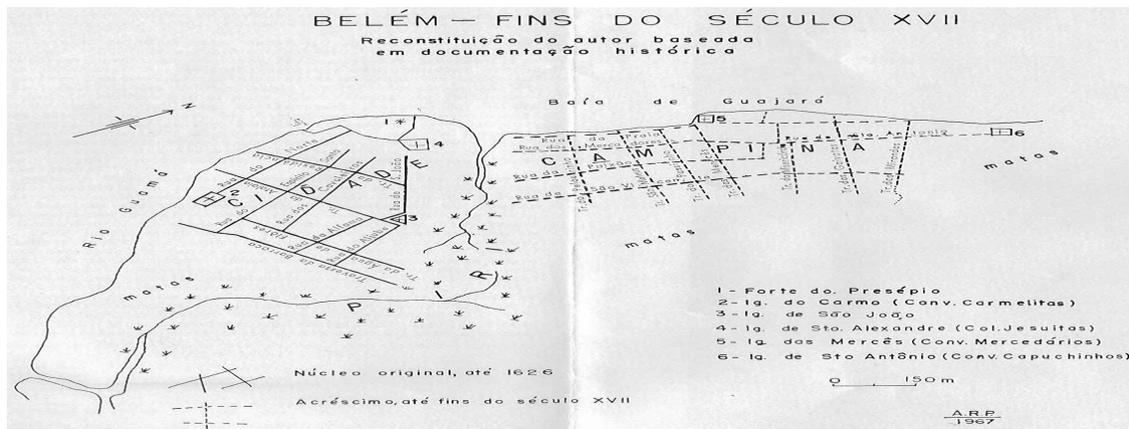


Figura 3.2: Mapa de Belém do século XVII.  
Fonte: PENTEADO, 1968, p. 101.

No século seguinte, Belém experimenta outra fase com a introdução de culturas tropicais, favorecidas por investimentos vindos de Portugal que geram acúmulo de capitais. Na mesma época é fundada a Companhia de Comércio do Grão Pará e Maranhão, acrescenta Castro Filho (1984), fato que gerou um crescimento constante, embora lento, até meados do século XIX, quando o ciclo da borracha propicia um maior desenvolvimento à capital, que passa a ser chamada de “Capital da Borracha”, consolidando-se como a Metrópole da Amazônia.

Dangelo (1995) ressalta que é neste período que surgem obras de grande vulto como monumentos, palacetes, o Teatro da Paz, o mercado do Ver-o-Peso, ou seja, a cidade passa o viver um período de riquezas e exuberância. Porém, este período se estende até 1912, quando a crise da borracha deixa Belém em grave situação financeira. O advento da borracha sintética leva Belém às novas condições impostas pelo mercado e a voltar às origens para reconstruir sua economia e impulsionar novamente os setores agrícola e industrial.

A partir daí Nascimento (1995) relata outro aspecto que obriga o crescimento urbano de Belém a tomar outros rumos. Isso porque, continua o autor “com instalação, em 1940 entre a 1ª e 2ª légua patrimonial, de um cinturão de áreas institucionais, que iriam constituir verdadeiros obstáculos físicos à sua expansão, segundo sua orientação natural”. Castro Filho (1984) complementa dizendo que a cidade vê-se obrigada a se acomodar na primeira légua patrimonial, com sua população sempre crescente, o que irá gerar um processo de verticalização, ainda que seja de maneira lenta.



Figura 3.3: Casas geminadas no início do século  
Fonte: DANGELO, 1995.p. 90.

Fundada sob os moldes de implantação das cidades portuguesas, a ocupação do solo deu-se de forma espontânea e desorganizada, principalmente com o adensamento das áreas já ocupadas na primeira légua patrimonial e ainda pela ocupação das áreas de baixadas. As casas foram sendo construídas nos limites dos lotes e veio com isso a implantação das casas geminadas, que formavam verdadeiros paredões, margeando as ruas, comenta Castro Filho (1984).

Mas, Belém precisava crescer e era inevitável expandir-se. E assim ocorreu a partir da década de 60, quando são descobertas as reservas minerais da Serra dos Carajás, no sul do Pará, ricas em ferro, cobre, alumínio, estanho, níquel e

manganês. Segundo Dangelo (1995), mais uma vez o progresso da cidade está relacionado com as riquezas naturais da região. A cidade, então, aprendeu com os erros do passado, e há de se preocupar mais com as questões ambientais como, desmatamento indiscriminado, poluição e, sobretudo, com a sua cidade, na preservação de seu acervo arquitetônico, que conta um pouco a história do povo brasileiro.



Figura 3.4: Vista aérea de Belém atual.  
Fonte: Prefeitura Municipal de Belém

O crescimento urbano é observado, principalmente, com a construção de grandes conjuntos habitacionais, promovendo uma transformação radical na periferia da cidade vernácula da Primeira Léguas Patrimonial, segundo Lima (2005). Para o autor a transição de uma época rural para o presente urbano não seguiu uma identidade com o passado do lugar, de tal forma que a política habitacional que se inicia no final dos anos 60 visa incrementar essas mudanças. E os terrenos amplos, com suas frentes voltadas para uma única via pública, servem como antecedente do novo desenho da cidade além dos limites ocupados.

A partir dos anos 70, as normas urbanísticas a serem seguidas basearam-se no controle da densidade do uso do solo, onde a preocupação com a ocupação da periferia era para descentralizar o centro urbano ou Primeira Léguas

Patrimonial. De acordo com o autor, isso ocorreu em consequência de fatores econômicos e políticos, época da instalação do governo de 1964.

Assim, os novos conjuntos foram um marco para arquitetos e planejadores colocarem em prática suas idéias projetuais e desenvolverem a periferia, através de políticas habitacionais coerentes com a realidade do local, de forma a incrementar o crescimento urbano. Segundo o autor, uma outra tendência desse processo é a implementação de condomínios de luxo, no final dos anos 80, criando um ambiente urbano com elementos independentes da cidade real, expressando um culturalismo, com restrições de uso e acesso para os não moradores.

Em Belém, a construção dos primeiros conjuntos habitacionais, deu-se à margem de uma nova rodovia, surgida para ligação da Primeira Léguas Patrimonial ao distrito de Icoaraci. Essa via passa a guiar a ocupação da periferia, através de conjuntos e condomínios. A infra-estrutura implementada para a construção dos conjuntos habitacionais, passa a ser um dos elementos motivadores para o surgimento de condomínios de luxo em Belém, assim como a alta verticalização da área urbana central e a inexistência de empreendimentos voltados à classe de renda mais alta.

Com essa ocupação, ao longo do tempo, observou-se uma mudança na utilização da rodovia principal, construída para servir de corredor de ligação entre dois centros urbanos, possuindo largura em conformidade com seu uso. A partir do arruamento dos conjuntos, porém, passa a ser uma via praticamente local, para acesso aos mesmos. Esse problema poderia, segundo o autor, ser resolvido com a implementação de vias de hierarquia intermediária paralelas à rodovia e, ainda, com a disposição de áreas verdes, para amortecimento do tráfego.

Contudo, após trinta anos de implementação, não houve avanço significativo no intuito de descentralizar o centro urbano, através de conjuntos habitacionais na periferia, e dar continuidade ao ciclo evolutivo da Primeira Léguas Patrimonial. Ao contrário, outro problema foi se agravando ao longo das décadas de 70, 80 e 90, que foram as constantes invasões de terras de baixadas em Belém.

Para o arquiteto Nassar (2005), no final do regime militar, as áreas de Marinha e da Aeronáutica começaram a ser invadidas, resultando, nos dias atuais, em altíssimos níveis de densidade populacional. Isso ocorreu, também, em alguns bairros da capital. A rodovia Perimetral, que contorna a cidade, praticamente não tem mais chance de duplicação, em decorrência de uma política deliberada de apoio às invasões. O autor ressalta que deveria haver uma política habitacional preocupada em atender aos interesses dos menos favorecidos, para que não sejam objetos de manipulação, criando soluções para a melhoria das condições de vida e habitabilidade dos mais carentes.

## **3.2. Clima quente-úmido**

As regiões tropicais compreendem uma extensa faixa ao redor do planeta, com aproximadamente 23.5° de latitude de ambos os lados da linha do Equador, estando esta faixa localizada entre os Trópicos de Câncer, ao norte, e Trópico de Capricórnio, ao sul.

Segundo Oliveira (1994), no Brasil, as regiões tropicais são determinadas pelos seguintes tipos de climas: subtropical, semi-árido, equatorial, tropical, tropical de altitude e tropical atlântico ou tropical úmido, os quais estão melhor representados na figura 3.5.

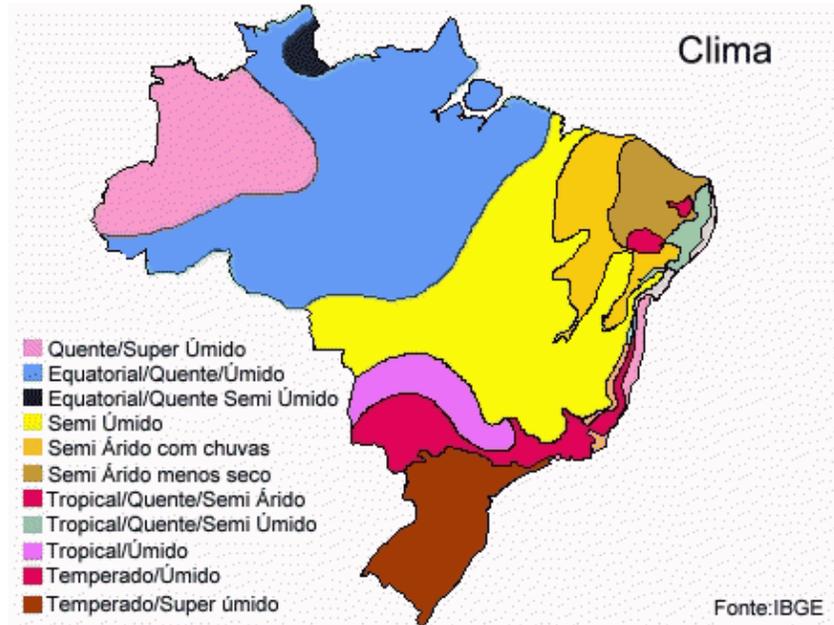


Figura 3.5: Classificação climatológica, segundo IBGE.  
 Fonte: *Clima* (2005)

Para caracterizar melhor a região em estudo, este trabalho irá se concentrar nos climas quente-úmidos, mais exatamente na região Amazônica. Segundo Castro Filho (1984), a região está situada entre os paralelos de 5° Norte e 16° Sul. Sendo cortada pela linha do Equador, uma pequena parte encontra-se no hemisfério Norte, enquanto que a maior parte está no hemisfério Sul. A região está compreendida ao Norte do país e possui a maior floresta quente-úmida do planeta. O autor afirma ser, em sua maior parte, uma imensa e desconhecida região, que faz com que, dentre os diversos elementos abordados, seu clima seja um dos menos estudados. Fato reforçado por Nimer (1979), quando fala a respeito do clima da Amazônia: *"por diversos motivos, tem permanecido como um dos menos conhecidos. Isto tem gerado uma série de conceitos, parcialmente incorretos e até mesmo falsos de suas propriedades climáticas"*.

Segundo Perdigão (1994), quando se fala a respeito de temperatura do ar, deve-se levar em consideração os condicionantes climáticos de cada cidade em diferentes altitudes. Pois é comum se pensar, simplesmente em altas temperaturas na região Amazônica, mas o que na realidade acontece é uma variação mínima entre as temperaturas médias mensais e diárias, isto em baixas latitudes, ou seja,

em regiões superúmidas, os níveis de temperatura, aliados à alta umidade e baixíssima velocidade do ar, propiciam grandes sensações de desconforto. Nessa zona, a temperatura na sombra poucas vezes ultrapassa os 32°C, mas os índices elevados da umidade relativa do ar acarretam enorme desconforto, pior do que nas zonas secas, onde as temperaturas são mais altas.

Nimer (1979) afirma que são necessários conhecimentos de outros fatores, além dos geográficos, para uma maior compreensão do clima. Por exemplo, de que forma os mecanismos atmosféricos atuantes nesta região interagem com os fatores estáticos, tais como relevo, latitude entre outros.

Contudo, Castro Filho (1984) caracteriza a região como uma das mais homogêneas do país, com uma pequena amplitude térmica (mín. 20°C e máx. 32°C – durante todo o ano). Classifica-se, segundo a escala Koppen, em três climas.

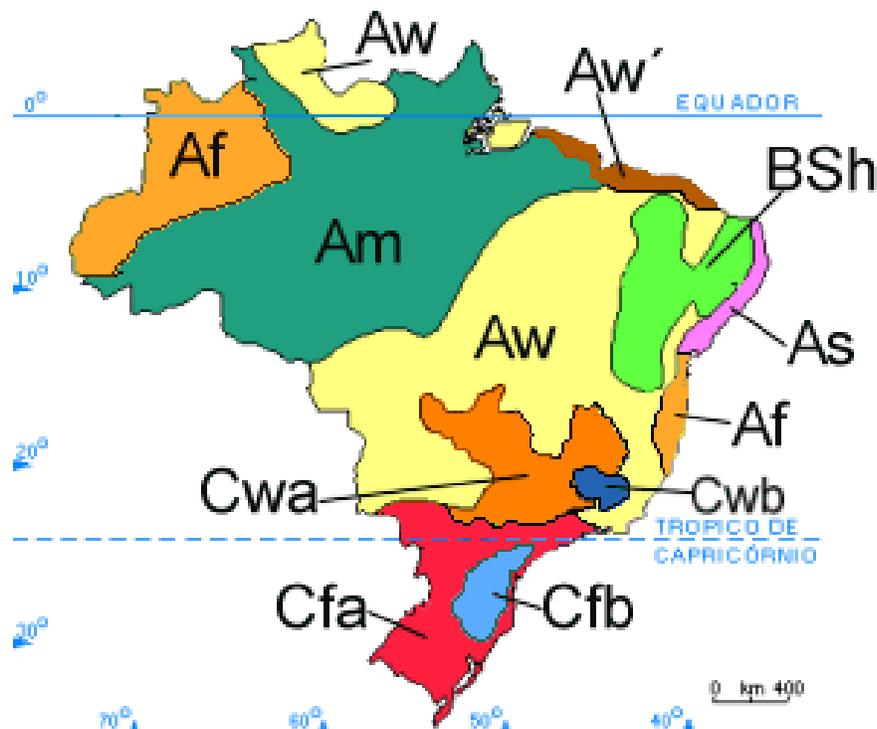


Figura 3.6: Mapa de Koppen.  
Fonte: Clima Brasileiro (2005).

- Am/Af – Clima das florestas tropicais: quente-úmido, chuvoso e ocorre nas planícies ou vertentes de montanhas;
- Aw – Clima de Savana: quente, com chuvas no verão e seca no inverno. Ocorre nos maciços brasileiros e nas Guianas;
- Aw' – Clima temperado úmido: quente, com chuvas no verão, relativamente frio e seco no inverno. Ocorre nas partes altas do platô.

Já Nimer (1979), propôs outra classificação com base nos regimes térmicos e pluviométricos, com é mostrado na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Tabela climática da região norte

DOMÍNIOS CLIMÁTICOS	SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	VARIETADES CLIMÁTICAS	TIPO
Quente {	Super-úmido	Sem seca Com sub-seca	Equatorial
	Úmido	De 1 a 2 meses secos De 3 meses secos	
	Semi-úmido	De 4 a 5 meses secos	Tropical

Fonte: Adaptado de NIMER (1979).

O autor ainda destaca que em alguns locais a sudoeste da região Amazônica, abrangendo as áreas serranas da fronteira setentrional, chapada dos Parecis (Rondônia) e Acre, possuem médias anuais abaixo de 24°C. Isso porque se encontram bem acima da planura regional e ainda recebem influência de massas do pólo sul. São períodos chamados de friagem, que ocorrem pela invasão de anticiclones de origem polar, através do sul do Chile e da Cordilheira dos Andes.

Outro aspecto que exerce influência nesse tipo de clima, segundo Nimer (1979), é a atuação direta dos sistemas de circulação atmosférica, que se destaca por ser um dos fatores responsáveis pelas variações das composições climáticas na Amazônia, no tempo e no espaço. Em linhas gerais, são quatro os sistemas decorrentes desse mecanismo, a saber:

- Sistemas de ventos NE e E dos anticiclones subtropicais do Atlântico Sul e dos Açores. Sopram através da Amazônia Oriental e com tempo estável;
- Sistemas dos ventos de W da massa Equatorial continental (mEc) ou linha de instabilidades tropicais (IT). Sopram através da Amazônia Ocidental e com tempo instável;
- Sistemas de ventos N da zona de convergência intertropical (ZCIT). Sopram através do Amapá e Pará e com tempo instável podem acarretar fortes aguaceiros;
- Sistemas de ventos S do anticiclone ou frente polar. Sopram através do sul da região (Acre, Rondônia, sul do Amazonas e sul do Pará), com tempo estável – frio e seco – e à medida que caminha passa a ter o tempo instável.

De acordo com o autor, os três últimos sistemas constituem correntes perturbadas, sendo responsáveis por instabilidades e chuvas na região. Isso faz com que a Amazônia se torne a região mais pluviosa do Brasil. Muito embora o período chuvoso na região seja nas épocas de verão-outono, ao norte dos paralelos de 2° a 5° latitude sul, o máximo pluviométrico se dá no outono, e o mínimo, na primavera. O autor explica esse fato pela combinação das chuvas de instabilidades tropicais (IT) da massa Equatorial continental (mEc) com as chuvas do norte da zona de convergência intertropical (ZCIT), atingindo mais freqüentemente as áreas setentrionais da região.

Ayoade (2001) comenta que as chuvas ocorrem durante todo o ano na região, principalmente em torno da zona equatorial, enquanto que na maioria das regiões tropicais ocorre apenas variação sazonal. Ressalta ainda que o volume de precipitação geralmente diminui com a continentalidade e, de uma maneira geral, as áreas de elevadas altitudes possuem melhores climas fisiológicos em comparação com as áreas mais baixas, que normalmente são quentes e úmidas.

Para Castro Filho (1984), outro fator que pode ser destacado como forte manifestação climática na Amazônia é a umidade relativa do ar, que, em função da hidrografia da região, alto índice pluviométrico, grande massa de floresta nativa e outros fatores, chega a níveis elevados, fator este que será de grande importância para adequação dos projetos arquitetônicos ao clima.

### **3.3. Características climáticas em Belém**

Segundo Nascimento (1995), devido a cidade de Belém estar na zona equatorial úmida, o seu clima se caracteriza pelas altas temperaturas, ventos com pouca velocidade, intercalados com calmarias freqüentes, altos índices de umidade relativa do ar e precipitações abundantes. Acrescenta ainda que, em decorrência da baixa latitude, os raios solares incidem em planos praticamente verticais durante todo o ano, elevando assim o valor da carga térmica. Não ocorrem variações estacionais térmicas que determinem diferenças entre períodos quentes e frios, visto que a amplitude térmica é mínima.

Todos esses elementos climáticos são os que mais interferem no nível de conforto ambiental. Eles determinam as particularidades e variações do clima, atuam simultaneamente e influenciam-se uns aos outros de diversas maneiras e, portanto, merecem estudos mais minuciosos para uma melhor compreensão do papel que cada um deles desempenha nesse processo. Para análises microclimáticas, faz-se necessário, primeiramente, o estudo dos dados macroclimáticos, que serão apresentados a seguir.

#### **3.3.1. Temperatura**

Segundo Castro Filho (1984), a temperatura é a variável climática mais importante, que permite a caracterização da influência térmica sobre o homem.

Nascimento (1995) caracteriza o clima pela baixa amplitude térmica, diferença entre as temperaturas médias do mês mais quente, período menos chuvoso (26,5°C – novembro) e do mês mais frio, período de maior precipitação (25,4°C – março), que é de apenas 1,1°C. Bastos et al (2002) relatam que as médias, máximas e mínimas no período de 1967-1996, foram de 26,4°C, 31,8°C e 22,9°C, respectivamente. Explica que as temperaturas são elevadas pela proximidade da linha do equador, pela baixa altitude local e pela pequena variação térmica que está associada ao regime de chuvas na região, como foi dito anteriormente. Ver tabela 3.2.

### **3.3.2. Radiação solar**

Segundo Bastos et al (2002), em decorrência da baixa latitude de Belém, o fotoperíodo, duração do dia astronômico, ou seja, o número máximo de horas de insolação ou brilho solar, que em dias claros representam doze horas, no caso de Belém é reduzido pela concentração de chuvas e o total anual fica em torno de 2.300 h e a média diária na faixa de 6.4 h, no período de 1967 a 1996. Para o autor a altura do sol nesta região é sempre elevada às doze horas, com menor altura acima de 60°, o que acarreta uma radiação solar global alta, seja como radiação direta em dias ensolarados, seja em forma de radiação difusa em dias nublados, sendo esta última uma componente significativa da radiação global, devido ao alto índice de nebulosidade durante todo o ano. Ayoade (2001) relata que a duração do período de luz afeta a quantidade de radiação recebida e é maior nas latitudes mais próximas ao equador, porém em Belém os dias e as noites são de duração quase igual ao longo do ano. Nas regiões próximas ao Equador, há dois máximos de insolação, nos equinócios e dois mínimos nos solstícios. Os valores mais elevados de radiação solar global ficaram em torno de 500W/m<sup>2</sup>, nos meses de agosto a outubro e os menores foram registrados nos meses de dezembro a maio, ficando abaixo de 460 W/m<sup>2</sup>, segundo Bastos et al (2002).

### 3.3.3. Umidade

Segundo Castro Filho (1984), a umidade influi sobre a radiação da atmosfera e está relacionada com as precipitações e evaporações. No caso de Belém, Nascimento (1995) coloca da seguinte maneira: nos meses de dezembro a maio ocorrem chuvas abundantes, maior nebulosidade, menor insolação, menor evaporação e neste caso maior umidade relativa do ar, porém nos meses de junho a novembro, com menor pluviosidade, menor nebulosidade, maior insolação, maior ventilação, maior evaporação, a umidade relativa do ar será menor. Bastos et al (2002) apresentam dados do período de 1967 a 1996, evidenciando que a média anual registrada foi de 84%. Segundo este estudo, a relação de umidade com a distribuição mensal de chuvas e a temperatura do ar foi confirmada. Nos meses de maior pluviosidade foram observados os maiores índices de umidade. No caso da relação com a temperatura, no período noturno quando os índices estavam mais baixos a umidade relativa do ar aumentou acima de 95%, a partir das 24 horas, estendendo-se até às sete horas da manhã. Os índices mais baixos registrados foram próximos a 50% entre as 12 e 15 horas.

### 3.3.4. Ventos

Segundo dados dos estudos feitos no período de 1967-1996 por Bastos et al (2002), a velocidade média anual dos ventos foi de 1,5 m/s a 2m de altura. Verificou-se que tem relação com os níveis de pluviosidade, pois a menor média (1,3 m/s) foi registrada nos meses mais chuvosos (janeiro a abril), e os maiores índices (1,6 m/s) ocorreram nos meses de estiagem (setembro a novembro). Os estudos apontam que os índices mais baixos da velocidade dos ventos são observados à noite, enquanto que os mais altos ocorrem no período diurno, principalmente entre as 9 e 16 horas. Com relação à direção dos ventos verificou-se que a primária é NE e a secundária é E. Ver tabela 3.2.

Tabela 3.2: Dados meteorológicos médios e extremos de Belém. Período 1967-1996.

Mês	Temperatura do ar (°C)					UR(%)	Chuva (mm)		Ins (h)	Vento	
	Máx	Mín	TXA	TMA	Méd		Total	Máx		D	V(m/s)
Jan	31,1	22,9	34,3	20,0	26,0	88	378,1	107	140,9	NE	1,3
Fev	30,7	23,0	34,7	20,2	25,8	89	426,6	130	108,4	NE	1,3
Mar	30,7	23,1	36,0	20,5	26,0	89	441,2	136	111,5	NE	1,3
Abr	31,2	23,3	34,0	20,7	26,2	89	381,5	125	134,2	E	1,3
Mai	31,8	23,3	34,6	21,0	26,4	86	299,8	105	190,4	E	1,4
Jun	32,0	22,9	33,9	19,9	26,4	83	172,0	95	236,7	E	1,6
Jul	32,0	22,5	34,0	20,0	26,2	82	160,7	101	259,0	E	1,5
Ago	32,4	22,6	35,2	20,5	26,5	81	140,0	88	268,4	E	1,5
Set	32,5	22,6	35,2	19,4	26,6	81	139,8	54	242,5	NE	1,6
Out	32,6	22,7	35,0	20,0	26,8	80	119,3	73	244,2	NE	1,6
Nov	32,7	22,9	35,7	20,0	27,0	80	122,7	59	214,8	NE	1,6
Dez	32,2	23,0	36,6	20,4	26,7	83	219,6	109	187,3	NE	1,4
<b>Ano</b>	<b>31,8</b>	<b>22,9</b>	<b>36,6</b>	<b>19,4</b>	<b>26,4</b>	<b>84</b>	<b>3001,3</b>	<b>136</b>	<b>2338,3</b>	<b>NE</b>	<b>1,5</b>

Temperatura máxima (Máx), Temperatura mínima (Mín), Temperatura máxima absoluta (TXA), Temperatura mínima absoluta (TMA), Temperatura média (Méd), Umidade Relativa (UR), Chuva total (mm), Chuva máxima em 24 horas (Máx 24h), Insolação (h), Direção do vento (D) e Velocidade do vento (m/s).

Fonte: Bastos et al (2002)

### 3.3.5. Pluviosidade

Segundo os dados do período 1967-1997, os índices pluviométricos anuais variam entre 2.188 mm em 1983 e 3.980 mm em 1989, com média registrada no período de 3.001 mm. A seguir, apresenta-se, de acordo com Bastos et al (2002), um breve resumo do comportamento médio das chuvas em Belém durante o período, a saber:

- Período chuvoso: de dezembro a setembro, onde as precipitações são originadas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), brisas marítimas, massas frontais vindas do sul do continente e extensa cobertura vegetal, principalmente entre 14 e 15 horas;

- Período de transição: este período, assim como o período de estiagem, ocorre sob determinadas condições médias, que na maioria das vezes não acontece na região;
- Período de estiagem: de outubro a novembro, onde as precipitações são provocadas pelos fenômenos de mesoescala, entre 15 e 16 horas;

Nascimento (1995) reforça que pela localização geográfica de Belém, situada quase sob a linha do Equador, seu clima sofre influência da zona de convergência intertropical (ZCIT), e que na época do verão no hemisfério sul,

*"os ventos alíseos, boreais e austrais, em convergência, se elevam por convecção térmica e dinâmica, provocando aguaceiros enérgicos e constantes, por vezes acompanhados de ventos fortes. É o período das chuvas, o chamado inverno dos belemenses".*

O autor continua dizendo que na época do verão no hemisfério norte a ZCIT emigra,

*"deixando a área metropolitana sob a ação exclusiva dos ventos alíseos austrais, caracteristicamente secos. Instala-se então na área um mecanismo de convecção local: a evaporação se acumula em cumulus-nimbus no decorrer do dia, pelo constante aquecimento, acaba por despejar pesadas chuvas à tarde, freqüentemente com trovoadas. São típicas chuvas de convecção térmica, que marcam o período seco do clima local ou o verão".*

### **3.3.6. Nebulosidade**

Ayoade (2001) especifica a nebulosidade pela porção de céu coberto por qualquer tipo de nuvens. A unidade de medidas é "okta", que representa um

oitavo do céu dentro do campo visual do observador. Ocorrem índices baixos de nebulosidade para as baixas latitudes, isto devido à falta geral de nuvens estratiformes. Nas regiões equatoriais, os índices são ligeiramente maiores e estão associadas às baixas pressões e ao fluxo convergente do ar.

### 3.4. Características fotoperiódicas e de outros elementos

Partindo-se dos dados macro-climáticos, serão colocados a seguir os requisitos micro-climáticos, que muito contribuirão com a melhoria dos índices de conforto.

#### 3.4.1. Cartas solares e orientação

As cartas solares indicam o número possível de horas de incidência da radiação solar direta em paredes verticais nas diversas orientações, horários e épocas do ano, bem como o ângulo zenital e o azimute do sol. No caso das latitudes, situadas entre o 0° e 2°, como é o caso de Belém, pode ser utilizada a carta solar de 0°, como mostra a figura 3.7.

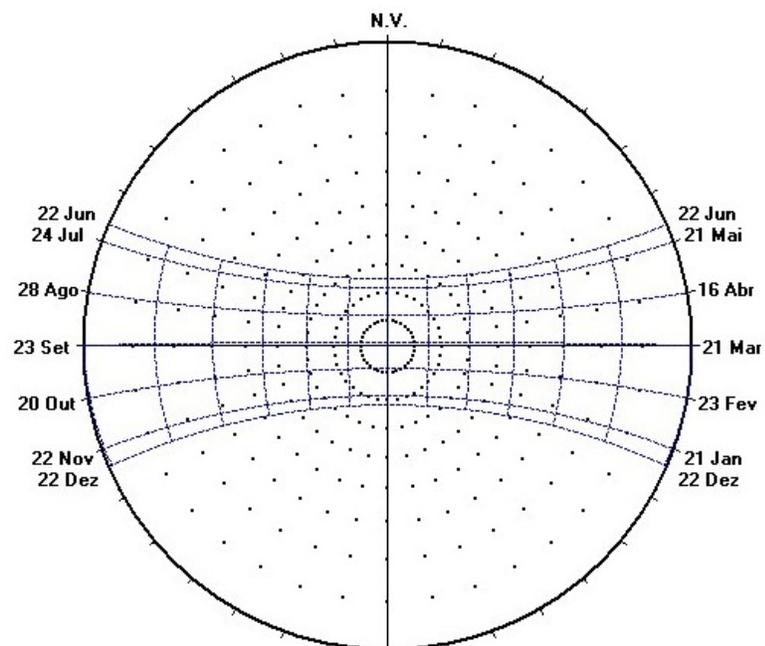
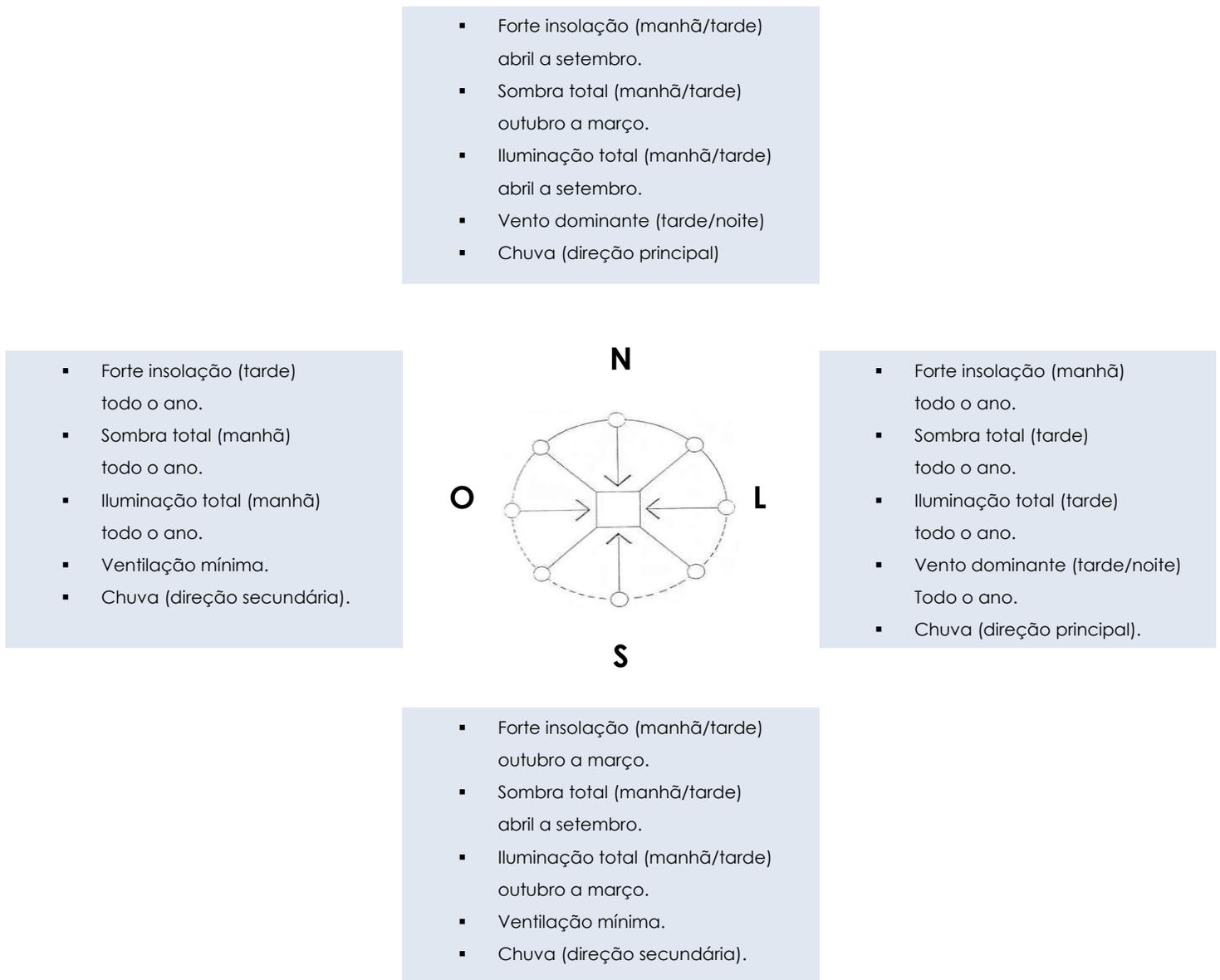


Figura 3.7: Carta solar de 1,3°.  
Fonte: FROTA, 2004

Observa-se que as fachadas com orientações para leste e oeste estão mais expostas à insolação durante todo o ano. Porém, verifica-se que a nordeste, como já foi dito anteriormente, apresenta-se as maiores freqüências anuais de ventilação, o que permite que as habitações se voltem para esta direção, com a finalidade de captação de ventos. Com base em cálculos nos solstícios e nos equinócios, com as orientações voltadas para todas as direções Castro Filho, (1984), constatou o seguinte:

- Nas faces leste e oeste, a insolação é constante durante o período da manhã e tarde, respectivamente;
- A face norte é menos insolada de outubro até março, e o contrário ocorre de abril a setembro;
- A face sul é a mais insolada em dezembro e janeiro, porém esses níveis se reduzem de março a setembro.

Assim, percebeu-se que, como não existem estações definidas, é preferível considerar o total da insolação durante todo o ano, sem distinguir sua distribuição nos vários meses, porém dando ênfase à insolação matutina. O autor observou, ainda, que as fachadas menos insoladas são norte e sul, sendo que a fachada sul recebe mais insolação nos meses mais nublados, enquanto que, para a fachada norte, o máximo de insolação coincide com os meses de dias mais claros. Dessa forma, o autor montou um esquema sobre as influências climáticas nas orientações de uma edificação, como mostra a figura 3.8.



\_\_\_\_\_ “Caminhamento” do sol de abril a setembro.  
- - - - “Caminhamento” do sol de outubro a março.

Figura 3.8: Climatologia (Belém).  
Fonte: Adaptada de CASTRO FILHO (1984).

Castro Filho (1984) montou uma tabela para nortear a posição dos aposentos das edificações, de acordo com as melhores condições de orientação. Foi dividido em dois períodos no ano: de abril a setembro, época em que a fachada norte está mais insolada, e de outubro a março, quando a maior insolação se observa na fachada sul.

Tabela 3.3: Melhor orientação para ambientes.

ÉPOCA DO ANO	ABRIL A SETEMBRO			OUTUBRO A MARÇO			ANO TODO		
Melhor Período De Ocupação	manhã	tarde	dia	manhã	tarde	dia	manhã	tarde	dia
Orientação	E	NE	ENE	E	N	NE	E	N	NE

Fonte: CASTRO FILHO (1984)

### 3.4.2. Distribuição dos ambientes

Outro aspecto importante para se adequar a arquitetura ao clima está nas soluções adotadas quanto ao partido arquitetônico, principalmente em terrenos com posicionamento desfavorável. Nesse caso, algumas das soluções empregadas se preocupam com o posicionamento dos ambientes mais freqüentados, assim deixando para o lado menos privilegiado os ambientes de pouca permanência ou de circulação.

Outra opção indicada por Castro Filho (1984) foi a de especialização das fachadas, ou seja, *“quando um lado insolado pela manhã, projeta-se sala ocupada à tarde e conseqüentemente em lados com insolação vespertina, projeta-se sala de ocupação principalmente matutina”*. Com esta estratégia, pode-se amenizar ou ainda solucionar o problema de insolação excessiva.

### 3.4.3. Materiais de construção

Para Castro Filho (1984), na região em estudo, quando se trata de materiais de construção, deve-se preocupar com a questão da prevenção do aquecimento interno das habitações. Como os materiais representam uma barreira frente aos condicionantes climáticos ambientais, é necessário se analisar as características, propriedades, e seu comportamento em regiões com climas quentes, como o da Amazônia.

Machado (1986) acrescenta que se deve explorar ao máximo as potencialidades oferecidas pelos materiais nativos da região, tanto do ponto de vista econômico, quanto sua facilidade de adaptação ao meio em questão. Com relação à utilização de materiais novos, deve-se preocupar com a sua correta utilização e emprego adequado.

Rivero (1985) relata que, com relação aos materiais utilizados nas edificações, deve-se dar importância para os seguintes condicionantes:

- Controle da energia solar incidente, com orientação adequada, proteção externa e aproveitamento dos elementos externos;
- Controle da energia solar absorvida, tirando partido das propriedades superficiais dos materiais e componentes;
- Controle da transmissão térmica e radiação solar transmitida, aproveitando as propriedades termo-físicas internas dos materiais e componentes construtivos de uma habitação.

Para ilustrar os efeitos da radiação solar nos materiais, a figura 3.9 apresenta um diagrama com os principais pontos atuantes neste aspecto.

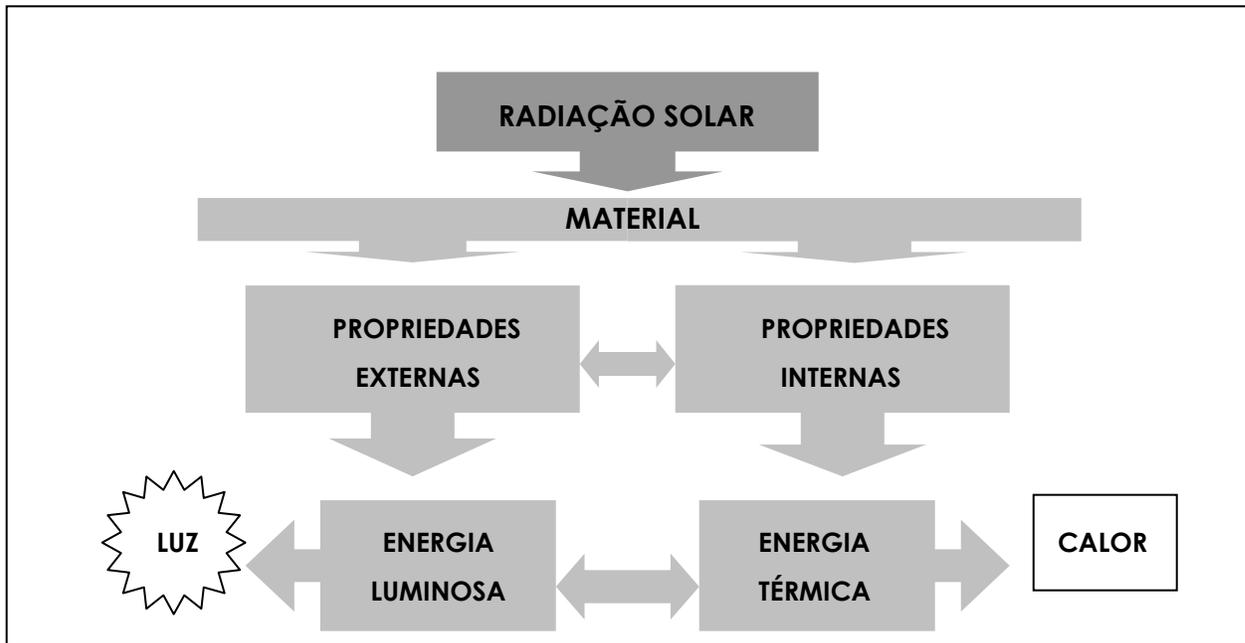


Figura 3.9: Efeito da radiação solar nos materiais  
 Fonte: CASTRO FILHO (1984)

### 3.4.4. Elementos de proteção

Para Castro Filho (1984), há outras maneiras de corrigir habitações com problemas de orientações. É justamente através de elementos de proteção que se consegue muitas vezes, criar barreiras aos excessivos níveis de insolação da região. Portanto, há vários elementos arquitetônicos com esta finalidade, entre os quais se destacam os brises-soleil, beirais quebra sol e quebra chuva, bandejas de luz, entre outros.

Mesmo assim, continua o autor, para que esses elementos tenham boa eficiência, ou seja, protejam as fachadas mais insoladas sem que haja prejuízo da iluminação natural, é necessário que os materiais e sistemas construtivos empregados sigam alguns requisitos básicos, a saber:

- Material mal condutor de calor;
- Fachadas com revestimentos que reflitam o calor externo;
- Ambientes internos com revestimentos que reflitam bem a luz e mal condutores do calor.

### **3.4.5. Aberturas**

As aberturas são de fundamental importância para a ventilação natural em Belém. Segundo Mascaró (1978), elas devem ser amplas, sem que sejam totalmente cobertas por vidros, e devem estar protegidas contra o sol, chuva e posicionadas para a direção predominante dos ventos. Castro Filho (1984) complementa, dizendo que essas aberturas devem ser projetadas com elementos que proporcionem a saída do ar quente e também a entrada do ar fresco, estes abaixo da linha neutra.

O autor acrescenta, ainda, que, por ser uma região com alto índice de insolação, deve-se evitar aberturas ou fachadas totalmente envidraçadas. Mascaró (1978) explica que nos climas quentes e úmidos a abóbada celeste está freqüentemente coberta de nuvens, mas continua sendo bastante luminosa. Assim o problema da iluminação é totalmente distinto dos climas temperados, pois não há escassez de luz e sim excesso de luz e calor. Isso faz com que as aberturas não necessitem de grandes superfícies de vidro e sim que sejam amplas e dispostas a estimular o movimento de ar. Ressalta a importância de que as superfícies envidraçadas não devem exceder a 20% da área de parede ou em alguns casos podem ser inferiores a 15%. Isso visa controlar os efeitos que a radiação solar pode causar nos ambientes, como aquecimento interno em consequência do "efeito estufa".

### 3.4.6. Coberturas

Quanto às coberturas, elas têm um papel fundamental na proteção das habitações com relação ao sol e à chuva. No que diz respeito à proteção solar, Castro Filho (1984) orienta que o material utilizado deverá absorver o mínimo de energia solar, para atenuar o calor transmitido para os ambientes internos. E ainda devem ser usados amplos beirais, tanto para proteção do sol como da chuva, sem que para isso seja necessário fechar as janelas. O autor continua dizendo que podem ser feitas aberturas altas na direção oposta dos ventos dominantes para que se proporcione o chamado "efeito chaminé", ou seja, quando através das diferenças de pressão originadas das diferenças de temperatura ocorre a renovação constante do ar aquecido. Mascaró (1978) destaca um ponto importante para as coberturas neste tipo de clima. Nas coberturas não poderão ser utilizados elementos zenitais horizontais ou outras aberturas protegidas com vidros na cobertura.

### 3.4.7. Áreas verdes

Segundo Castro Filho (1984), alguns materiais são de extrema importância na absorção da radiação solar, e a vegetação é um dos elementos com maior eficiência neste aspecto. O autor coloca que as superfícies gramadas ao redor da edificação ou arbustos no quadrante mais ventilado podem aumentar bastante os níveis de absorção, como mostra na tabela abaixo.

Tabela 3.4: Níveis de absorção da energia solar

<b>SUPERFÍCIE</b>	<b>ABSORÇÃO</b>
Água	60%
Areia seca	75%
Campo lavrado	75%
Neve	25%
Campo com grama	90%
Floresta densa	95%

Fonte: CASTRO FILHO (1984).

As árvores de maior porte também podem ser utilizadas, principalmente como elemento de sombreamento, direcionando a ventilação predominante, resfriando-a e filtrando-a. Este artifício é indicado, principalmente no quadrante oeste, onde é forte a insolação e fraca a velocidade dos ventos.

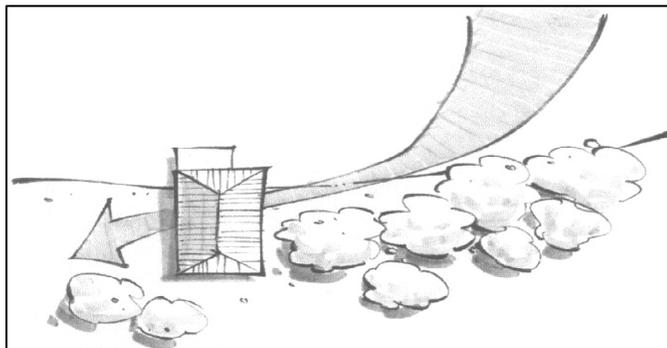


Figura 3.10: Influência da vegetação na direção dos ventos.  
Fonte: SOUZA (2002).

### 3.4.8. Outros elementos

Para melhoria do micro-clima, Castro Filho (1984) ressalta que a vegetação é ponto importante para amenizar temperaturas, sombrear, resfriar e filtrar os ventos que por ela passam.

Outros elementos colocados pelo autor, para proteção da insolação, sem perder iluminação, são os elementos vazados, pérgulas, persianas, venezianas móveis e outras formas que podem ser criadas, de acordo com as necessidades de cada projeto. Porém, em muitas situações, o artifício ainda hoje mais utilizado para melhoria das condições ambientais internas é o condicionamento artificial. Contudo, este artifício não deve ser uma solução pré-estabelecida e sim um último recurso, quando todos os outros artifícios já estiverem se esgotado para se atingir o conforto térmico e luminoso.



## 4. Madeira na Arquitetura

---

Pravia & Ghelen (2002) destacam a madeira como um dos materiais mais antigos utilizados na construção civil, e um dos motivos relatados se deve às suas características mecânicas, como boa resistência à tração e à compressão e, ainda, por ser um bem renovável de origem natural, que demanda pouca energia em sua formação, e se multiplica sem a intervenção humana.

Grieger (1990) acrescenta que, a madeira por ser um produto proveniente de recursos naturais renováveis, encontrada em grande quantidade e desde que seja explorada de maneira sustentável, terá sua durabilidade quase que infinita. Reúne, ainda, em um só produto, algumas qualidades que dificilmente são encontradas em outro.

No caso do Brasil, a utilização da madeira na arquitetura surgiu com a vinda de imigrantes, principalmente alemães, italianos e poloneses, que realizaram inúmeras edificações com soluções técnicas e grande beleza, principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, segundo Pravia & Ghelen (2002). Porém os autores colocam que esta tradição da construção em madeira está sendo perdida, seja pela opção e surgimento de outros materiais ou pelo preconceito quanto ao uso do mesmo.

Para Bittencourt (1995), a população brasileira que, ainda reside em edificações de madeira, possui casas, muitas vezes, executadas com matéria-prima local e com técnicas diversas. Contudo, isso não significa que este material esteja sendo empregado de forma correta, atendendo aos requisitos e critérios recomendados ao seu desempenho. A autora ressalta que no Brasil inexistem uma base industrial-tecnológica em condições de garantir o uso da madeira em grande escala, apesar de suas reservas florestais e elevadas potencialidades do setor florestal. A ausência de uma tecnologia adequada gera, muitas vezes, um desconhecimento sobre as potencialidades desse material, acarretando muitos preconceitos quanto ao seu desempenho nas construções no país. E apesar de inegáveis vantagens, como facilidade de manuseio, reaproveitamento, ser proveniente de fonte renovável, grande resistência mecânica, a utilização da madeira requer instrumentos, técnicas e métodos de trabalho para o seu processamento que muitas vezes são deixadas de lado, aumentando a imagem negativa das construções em madeira no país.

## 4.1. Estrutura da madeira

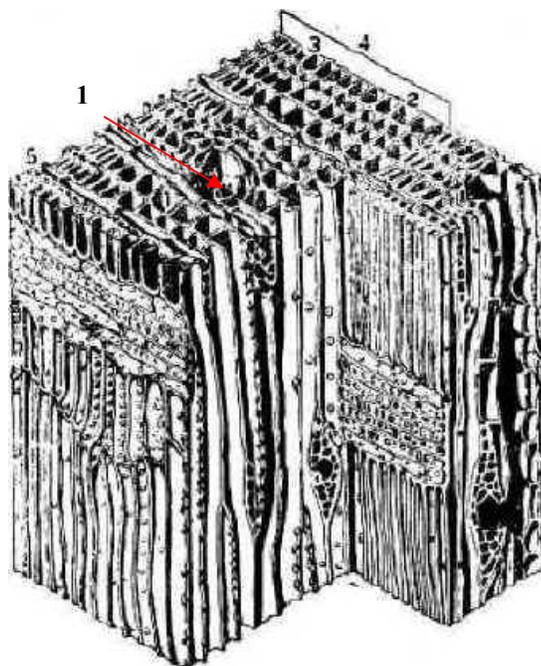
### 4.1.1. Classificação das árvores

A árvore caracteriza-se por ser um material orgânico, heterogêneo, e de elevada complexidade anatômica e fisiológica, possuir grande variedade de tipo ou espécie. Segundo Lepage et. al (1986) as árvores classificam-se em:

- **Gimnospermas** (coníferas): resinosas, não porosas, pela ausência de vasos ou poros nas madeiras, e também conhecidas como "softwood", ou seja, madeiras moles. Possuem folhas perenes, com formato de escamas ou agulhas. São árvores típicas dos climas temperados e frios, porém podem ser encontradas algumas espécies tropicais. Segundo Lamén (2002), as coníferas possuem no Hemisfério

Norte, grandes áreas de florestas, produzindo madeiras para diversos usos e setores da indústria, comércio e outros segmentos. Na América do Sul, são conhecidas como pinheiros ou pinus. No Brasil, podem ser encontradas várias espécies como, por exemplo: Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*), Pinho Bravo (*Podocarpus lambertii* e *P. Sellowii*). Outras espécies que pertencem a este mesmo grupo são *Pinus elliottii*, *P. taeda*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. caribaea*, e outras menos expressivas. Principais características:

- Não possuem vasos;
- Traqueídeos: células alongadas, responsáveis pela resistência da madeira e pela condução das seivas, possuem pontuações areoladas por onde ocorre a passagem dos líquidos;
- Apresentam células de parênquima longitudinal e radial;
- Apresentam anéis de crescimento bem nítidos;
- Lenho inicial (primavera) possui traqueídeos;
- Lenho tardio (verão) possui fribotraqueídeos.

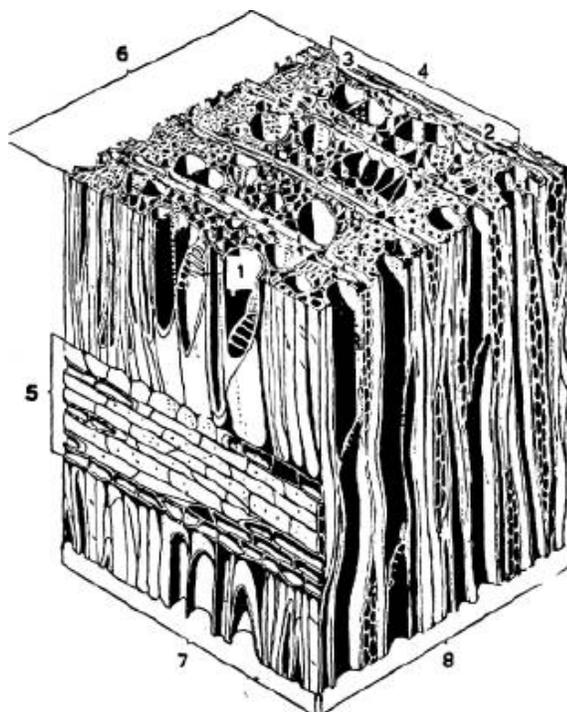


1. canal resinífero;
2. madeira primavera-verão;
3. madeira outono-inverno;
4. anel de crescimento;
5. raio medular;

Figura 4.1: Estrutura das madeiras - Gimnosperma  
Fonte: LEPAGE et. al (1986)

▪ **Angiospermas** (dicotiledôneas ou folhosas): são as árvores mais importantes no mercado da produção de madeiras, e também são conhecidas na literatura como “hardwood”, ou seja, madeiras duras. Produzem árvores com folhas de formatos diferentes, que se renovam periodicamente e constituem a maior parte das espécies encontradas nas florestas tropicais, segundo Lamén (2002). Principais características:

- Fibras, células responsáveis pela rigidez e flexibilidade;
- Vasos, elementos vasculares alongados que conduzem nutrientes da raiz às folhas, possuem pontuações areoladas;
- Parênquima longitudinal são células derivadas de iniciais do câmbio, são menores que as anteriores, de cor mais clara e com pontuações simples;
- Parênquima radial, células dispostas no sentido radial em relação ao eixo da árvore, são de cor mais clara e aparecem como linhas retilíneas, formando os raios lenhosos.



1. poros;
2. madeira primavera-verão;
3. madeira outono-inverno;
4. anel anual;
5. raio medular;
6. seção transversal;
7. seção radial;
8. seção tangencial.

Figura 4.2: Estrutura das madeiras – Angiosperma  
Fonte: LEPAGE et. al (1986)

### 4.1.2. Fisiologia da árvore

Serão apresentados, a seguir, os principais aspectos relativos às funções orgânicas, processos como o crescimento, nutrição, respiração, que juntos compõem a fisiologia, ramo da biologia que estuda os processos vitais das árvores.

Segundo Lepage et. al (1986), a cada ano há um novo crescimento vertical e a formação de camadas sucessivas vai se sobrepondo ao redor das camadas mais antigas. São os anéis de crescimento, pelo fato de as células do fim de cada aumento e do início do próximo marcar as camadas anuais de crescimento, dessa forma, é possível avaliar a idade da árvore contando esses anéis. Cada anel é formado por duas camadas, onde a madeira formada no período de primavera-verão tem coloração mais clara, com células dotadas de paredes mais finas. Nessa fase o crescimento é rápido. A madeira formada no período de outono-inverno tem coloração escura, células pequenas e crescimento lento.

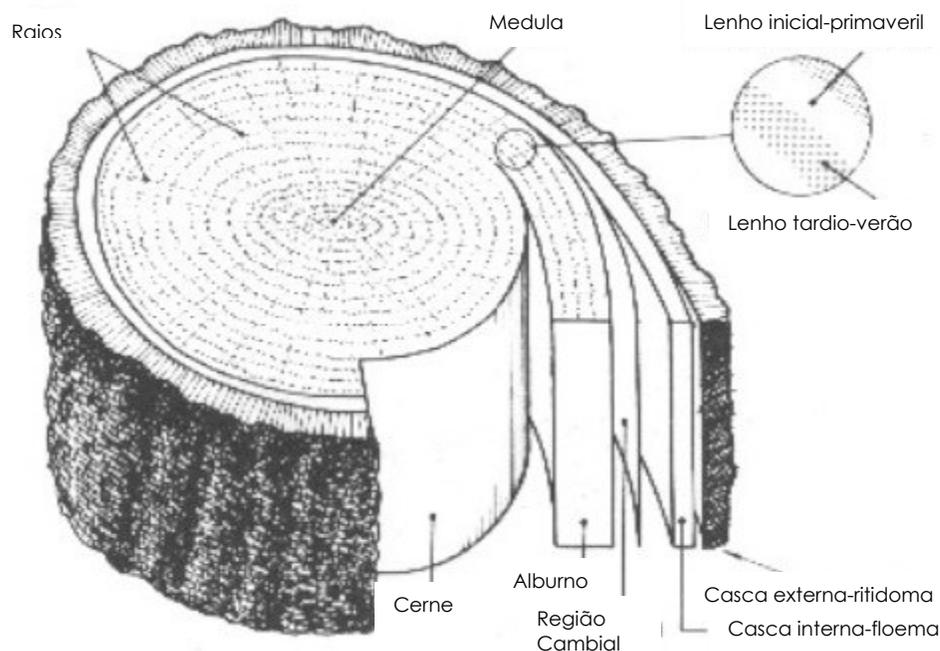


Figura 4.3: Seção transversal do tronco de uma árvore.  
Fonte: LEPAGE et. al (1986)

Observam-se as seguintes partes:

- a) Casca: que protege a árvore contra agentes externos, sendo dividida em duas partes:
  - 1. Camada externa (camada cortical), composta de células mortas;
  - 2. Camadas internas, formadas por tecidos vivos moles úmidos.
- b) Lenho: é a parte resistente do tronco, apresenta as seguintes partes:
  - 1. Alburno, formado de madeira jovem, mais permeável, menos denso, e mais sujeita ao ataque de fungos apodrecedores e insetos e com menor resistência mecânica;
  - 2. Cerne, parte formada das modificações do alburno, onde ocorre madeira mais densa mais resistente que a do alburno.
- c) Medula: parte central que resulta do crescimento vertical, onde ocorre madeira de menor resistência.
- d) Raios medulares: que ligam as diferentes camadas entre si e também transportam e armazenam a seiva.

Entre a casca e o lenho existe uma camada delgada, visível com o auxílio de lentes, aparentemente fluida, denominada '**cambio**' a parte viva da árvore. Todo o aumento de diâmetro da árvore vem dele, por adição de novas camadas e não do desenvolvimento das mais antigas.

O processo de nutrição ocorre através da retirada da seiva bruta do solo, que sobe pelo alburno até as folhas, onde será processada a fotossíntese, produzindo a seiva elaborada que desce pela parte interna da casca (floema) até as raízes, enquanto que outra parte desta seiva é conduzida radialmente até o centro do tronco por meio dos raios medulares. As substâncias não utilizadas pelas células como alimentos são lentamente armazenadas no lenho, mais precisamente no cerne que é a parte do lenho modificada por essas substâncias.

O processo de nutrição da árvore está esquematizado na figura 4.4.

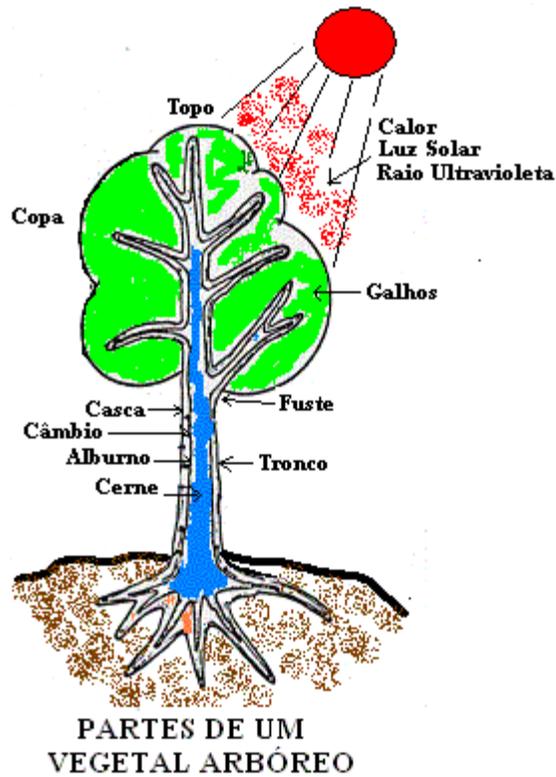


Figura 4.4: Nutrição da árvore.  
Fonte: RODRIGUES (2000)

## 4.2. Propriedades térmicas da madeira e seus derivados

A madeira como um material de construção possui propriedades térmicas específicas. Segundo Uchôa (1989), as mais significativas são a condutividade térmica, o calor específico e a difusividade térmica. Por ser um material poroso tem a propriedade de ser má condutora de calor, e quanto mais porosa e menos densa, terá coeficiente de condutividade térmica baixo, elevando-se com o aumento da densidade.

Grobério (1999) relata que há diferenças entre a condução de calor através da madeira sólida para os materiais derivados de madeira, por sua estrutura e disposição dos elementos constituintes do produto final produzido. A autora comprovou que existe influência do arranjo estrutural das fibras sobre a condutividade térmica.

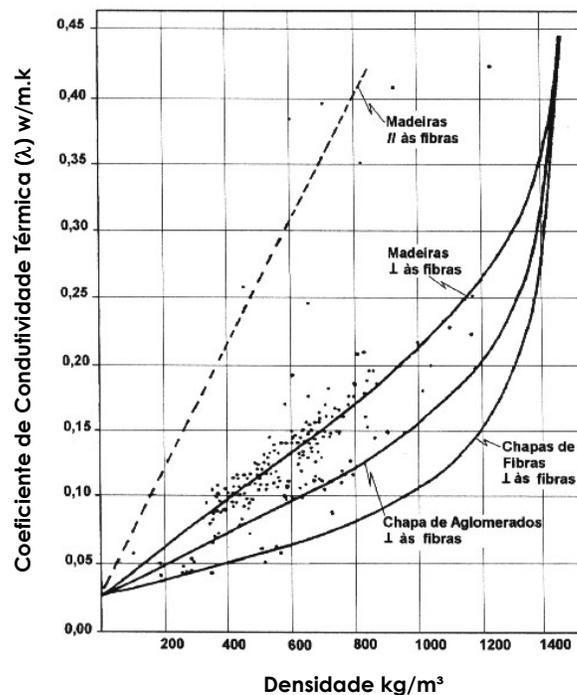


Gráfico 4.1: Condutividade térmica da madeira e seus derivados em função da densidade  
Fonte: UCHÔA (1989)

Analisando o gráfico 4.1, observou-se que as diferenças de densidade diminuíam à medida que diminuía o volume dos poros da madeira e de seus derivados, convergindo à curva para um único ponto. A autora acrescenta que a partir do conhecimento da estrutura da madeira, torna-se possível compreender o processo de condução de calor e os fatores aos quais estão associados, como densidade, anisotropia, umidade, temperatura, etc.

### 4.2.1. Umidade, densidade e temperatura

A madeira, por ser um material higroscópico, ou seja, que absorve água, tem a facilidade de perder ou ganhar umidade, dependendo do seu próprio conteúdo de umidade e da umidade relativa do ar do ambiente em que se encontra. Uchôa (1989) relata que o coeficiente de condutividade térmica da madeira não é constante e que ela aumenta aproximadamente 25% para cada 1% de incremento na umidade.

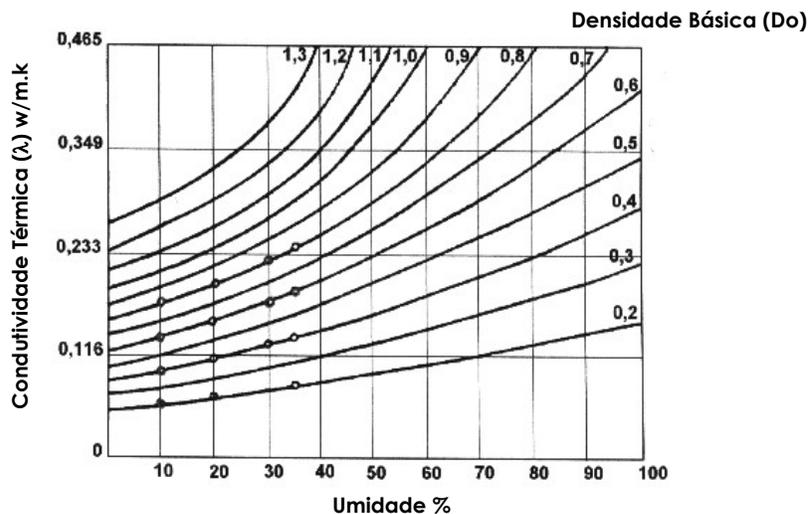


Gráfico 4.2: Condutividade térmica da madeira em função da umidade  
Fonte: UCHÔA (1989)

De acordo com Kollmann (1959) apud Uchôa (1989), o gráfico 4.2 mostra as curvas a partir da densidade da madeira e a influência da sua umidade na condutividade térmica, fornecendo bons pontos de referência de condutividade

para umidade acima de 30%. Carvalho (1995) cita que a condutividade térmica da madeira, na direção transversal aos elementos anatômicos como fibras, traqueídeos, etc, é dezessete vezes maior que a do ar confinado, o que explica a variação da condutividade térmica com a densidade da madeira seca, aumentando com a redução da quantidade de ar em seu interior.

Kühlmann (1962) apud Uchôa (1989) verificou que para uma determinada espécie, a variação linear da condutividade térmica em relação a temperatura, no domínio higroscópico, para uma temperatura abaixo de 0°C, é constante, e após 60°C percebe-se um aumento da condutividade térmica. O gráfico 4.3 mostra essas variações, ressaltando que a temperatura influi mais na condutividade térmica das madeiras úmidas.

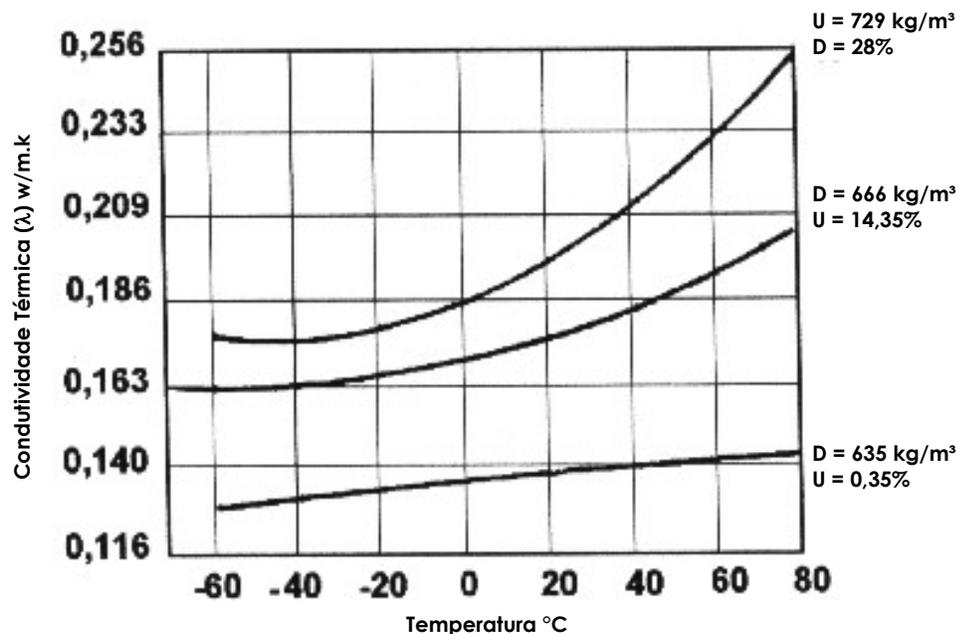


Gráfico 4.3: Condutividade térmica da madeira em função da temperatura  
Fonte: UCHÔA (1989)

De acordo com Uchôa (1989), as propriedades da madeira são fortemente influenciadas pela presença dos elementos anatômicos nas três direções, devido à anisotropia da madeira, como se observa na figura 4.5.

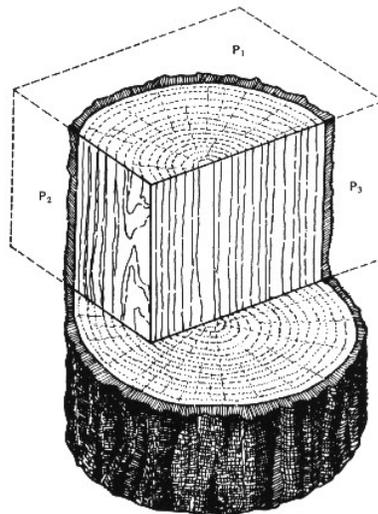


Figura 4.5: Corte do tronco ilustrando os planos fundamentais: P<sup>1</sup>-Transversal; P<sup>2</sup>-longitudinal; P<sup>3</sup>-radial  
Fonte: UCHÔA (1989)

Os valores da condutividade térmica no plano longitudinal variam de 1,73 a 2,26 vezes em relação ao plano radial. Já no plano transversal essas diferenças ficam entre 0,86 e 0,94 vezes em relação ao plano radial.

### 4.2.2. Calor específico

Segundo Uchôa (1989), a madeira apresenta um calor específico relativamente alto, o que gera a necessidade de uma grande quantidade de calor para elevar sua temperatura. Kühlmann (1962) apud Uchôa (1989) ressalta que o calor específico independe da densidade da madeira, porém depende da sua temperatura e umidade. Essa independência é explicada pelo valor do calor específico da madeira ser quase o mesmo do ar. O autor complementa que a umidade da madeira exerce uma influência bem maior sobre o calor específico que a temperatura, este variando de forma linear para madeira seca e levemente curva para a madeira úmida.

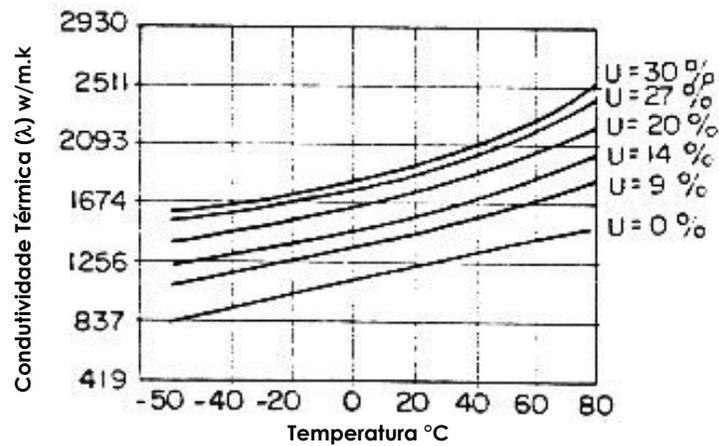


Gráfico 4.4: Calor específico em função da temperatura  
Fonte: UCHÔA (1989)

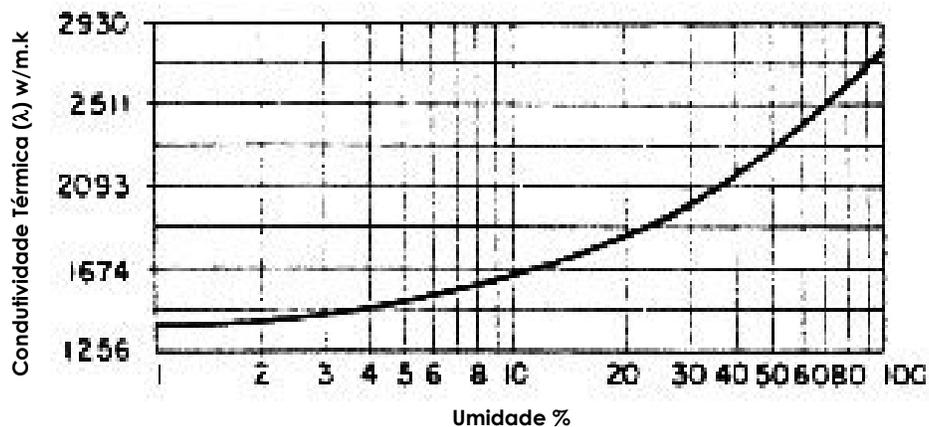


Gráfico 4.5: Calor específico em função da umidade da madeira  
Fonte: UCHÔA (1989)

### 4.2.3. Difusividade térmica

De acordo com Pompeu (1984) apud Carvalho (1995), a difusividade térmica é um parâmetro quantificador do processo de difusão do calor por condução, que depende do tipo de escoamento. É expresso em  $\text{m}^2/\text{s}$ . Uchôa (1989) denomina a difusividade térmica ( $\alpha$ ) de condutividade de temperatura, sendo função da condutividade térmica ( $\lambda$ ), do calor específico ( $c$ ) e da densidade ( $D$ ).

$$a = \frac{\lambda}{cD} \quad (4.1)$$

A autora acrescenta que, devido aos pequenos valores de condutividade térmica, densidade e calor específico da madeira, sua difusividade térmica é muito menor em relação a outros materiais de construção, como concreto, tijolo cerâmico e a pedra. O conhecimento desta propriedade se torna de grande importância frente aos processos de secagem das madeiras, no estudo de armazenamento térmico nas edificações, estudos de fluxos de calor ou ainda na investigação de incêndios. E, assim como acontece com a condutividade térmica, a difusividade é diferente nos planos radial, transversal e longitudinal.

#### **4.2.4. Sensação térmica**

Esta propriedade relaciona-se com os sentidos do homem e, por esse motivo reflete-se na melhoria do conforto humano. Pesquisas feitas por Harada, Nakato & Sadoh (1983), apud Uchôa (1989), comparam as sensações térmicas através do contato das mãos humanas com as superfícies de várias espécies de madeiras e de outros materiais. Após análise nas peças de madeira de mesma espécie, a superfície da seção transversal foi considerada mais fria que a superfície radial ou longitudinal. Foi analisado o efeito da colocação de uma fina camada de madeira sobre outro material e o resultado comprovou que a sensação térmica foi afetada pela condutividade térmica do material da base, isto com a camada de espessura menor que 6mm. Esses estudos são de grande importância para se atingir o conforto humano, e um exemplo disso está no mobiliário urbano, em que a simples substituição dos bancos de concreto, um material com alta difusividade térmica, por bancos em madeira consegue-se atingir excelente desempenho térmico, principalmente em climas frios.

### **4.3. Levantamento sobre o uso da habitação em madeira na região**

Segundo Bassalo (2005), o Estado do Pará vem experimentando, a partir da última década, uma significativa mudança na sua política sócio-econômica, fruto da gradual implantação de um modelo de desenvolvimento, que pretende compatibilizar o crescimento econômico com a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Hoje, mais da metade da população paraense vive em cidades.

A intensificação do processo de urbanização dos últimos anos, todavia, em face de sua rapidez e heterogeneidade, não se fez acompanhar pelo desejável aumento na melhoria da qualidade de vida da população, e, ainda trouxe consigo, uma série de problemas relacionados à carência de moradias, à dotação insuficiente dos serviços públicos, equipamentos urbanos e comunitários, observados, sobretudo, nas principais cidades do Estado. Daí a dimensão urbana constituir-se num dos aspectos fundamentais para a consolidação da estratégia de desenvolvimento do Pará.

É verdade que o déficit habitacional tem rendido inúmeros artigos e reportagens. Mas uma revisão das atuais e já ultrapassadas soluções arquitetônicas para unidades e conjuntos destinados à população de baixa renda recebem pouca atenção, seja da mídia, seja dos próprios arquitetos e administradores públicos. Novos modelos que, além de eficientes e de baixo custo, contemplem as mudanças ocorridas, devem ser buscados.

Tendo claro esse quadro e, diante da missão institucional de propor e coordenar as ações que objetivam a melhoria na qualidade de vida da população há a necessidade de se desenvolver pesquisas inovadoras, marcadas pela noção de

diversidade – de ocupação, de materiais e de soluções técnicas. Uma das grandes possibilidades atuais no repertório de materiais é a madeira. Porém, mesmo tendo esse entendimento, ainda não se observa grandes avanços com relação à utilização desse material em habitação na região, muito pelo contrário, o que se vê é um grande desconhecimento quanto à utilização racional da madeira como material construtivo.

Segundo Pedreschi (2005), o preconceito seria remanescente da colonização, desde idéias sobre utilização, processo de produção do material, conservação e técnicas que não evoluíram na prática. De uma maneira geral, as construções são feitas com ressalvas em relação à questão ambiental, ao desmatamento, incêndio e durabilidade. Um agravante é o fato da mão-de-obra não ser especializada, gerando construções sem conhecimento técnico, o que influencia na vida útil da edificação, resistência, custos, etc.

Em face desse quadro, a utilização da madeira na região, ainda está direcionada a um público de baixa renda, onde se verifica maior intensidade em áreas de invasão, com habitações autoconstruídas fora de especificações técnicas, utilizando madeiras sem qualidade, e de segunda classe.

O governo estadual, através da Companhia de Habitação do Pará (COHAB/Pa) e outras cooperativas habitacionais voltadas para população de baixa renda, por sua vez, não mostram interesse em construções em madeira, e citam alguns motivos como: a falta de financiamento financeiro da Caixa Econômica Federal, de cobertura de seguro por parte das empresas seguradoras, de mão-de-obra especializada, custos elevados e questões culturais, os quais impedem que projetos bem elaborados, adaptados à região sejam desenvolvidos e implementados a fim de resolver um problema tão grave, que é falta de moradia.

Campanili (2001) relata que a primeira iniciativa para construção de moradias em madeira, surgiu em 2001, ainda no governo do Presidente Fernando Henrique Cardoso, através da parceria entre o Programa Comunidade Solidária e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). O objetivo do programa era utilizar madeira ilegal apreendida em programas sociais e evitar que o produto apodrecesse na mata, impedindo, ainda, sua utilização pelos infratores. Pretendia, também, envolver os municípios em projetos de educação ambiental e desenvolvimento sustentável.

O projeto desenvolvido pelo LPF (Laboratório de Produtos Florestais) do IBAMA se destinou à construção de 60 unidades habitacionais no município de Pimenta Bueno-RO, em assentamento do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) denominado Casulo Formiguinha, com 900m<sup>3</sup> de madeira doada. Outros municípios do estado de Rondônia, também, seriam contemplados com essas construções, como, Ji-Paraná e Espigão do Oeste, e se estenderia para Poxoréo em Mato Grosso, sul da Bahia e Paraná. A escolha dos beneficiados levou em conta a carência pessoal e a disponibilidade de madeira apreendida na região em operações de fiscalização do IBAMA.

Dando continuidade a essa iniciativa o Governo atual apresentou um conjunto de soluções, juntamente com o IBAMA, para proporcionar um destino adequado à madeira apreendida em ações de fiscalização, dando um destino digno ao raro produto, a fim de transformar em ação social uma atitude ilegal, por parte de quem retira a madeira das matas. A construção de habitação com madeira apreendida foi anunciada em fevereiro de 2004, durante o lançamento do novo Programa Nacional de Florestas, no Palácio do Planalto pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva e pela ministra Marina Silva, do Meio Ambiente, com a presença de empresários, representantes de ONGs ambientalistas e políticos de diversos Estados, conforme descrito em Brasil (2004a).

Para tanto, o (LPP) do IBAMA em parceria com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (UNB) desenvolveu um projeto para uma habitação unifamiliar com dois quartos, sala, cozinha, varanda e banheiro (52m<sup>2</sup>), construída com 20m<sup>3</sup> de várias espécies de madeira, com os seguintes nomes comerciais: itaúba, ipê, cumaru, maçaranduba, preciosa, pau-amarelo, muiracatiara, angelim e outras. As soluções técnicas desenvolvidas permitem que a construção tenha baixo custo, pouco mais de R\$ 8 mil reais, maior durabilidade e montagem simples. Desta forma, com o uso de madeiras alternativas apreendidas, reduz-se a pressão extrativista sobre florestas e espécies tradicionais, segundo Brasil (2004b).

Em junho de 2004, cerca de 300m<sup>3</sup> de madeira doados pelo IBAMA à Diocese de Bragança/Pa e Paróquia de Paragominas, tinham por finalidade a construção de oito casas na Fazenda Esperança, em Paragominas/Pa, abrigando o Centro de Recuperação Dom Eliseu Coroli, voltado ao tratamento de dependentes químicos e ainda a construção de outras habitações de interesse social, na periferia do município. Na oportunidade, as paróquias organizaram campanhas para arrecadar recursos e parceiros para as construções.

O mesmo aconteceu em Santarém-Pa, no mês seguinte, quando o Ministério do Meio Ambiente obteve a liberação de 136 toras de madeira apreendida pela fiscalização do IBAMA, no Pará. Parte do material se destinou à construção dos primeiros seis protótipos de habitações populares em madeira, onde foram usadas 23 toras de madeira. Uma das casas foi construída no IBAMA, em Santarém, outra no 8º BEC (Batalhão de Engenharia de Construção), uma na Floresta Nacional de Tapajós e outras três em assentamentos do INCRA.

Na Flona<sup>1</sup>, a residência abriga uma base para pesquisas científicas, como as desenvolvidas pelo Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA, do inglês *Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia*). O restante da madeira liberada foi usado posteriormente na construção de 30 habitações na Reserva Extrativista Tapajós/Arapiuns-Pa, com quase 650 mil hectares. Foram parceiros dessa iniciativa a Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra), a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA), os ministérios da Defesa, da Saúde e do Desenvolvimento Agrário e o LBA, de acordo com Brasil (2004c).

Em agosto do mesmo ano foi apresentada a primeira residência com madeira apreendida pelo IBAMA, construída no Parque de Exposições Amílcar Tocantins, durante a 38ª Feira Agropecuária de Paragominas, no Pará, a 300 quilômetros da capital Belém, e servirá como demonstrativo para estimular a produção de novas unidades no estado. O projeto adotado é do LPF em parceria com a UNB, e foram usadas espécies como massaranduba, cumarú, piquiá, angelim vermelho e guaruba. Após a construção, as sobras de madeira foram usadas na fabricação de pequenos objetos, decorativos e utilitários. A montagem da habitação contou com a colaboração do ProManejo, do Ministério da Agricultura, do Sindicato do Setor Florestal de Paragominas (Sindiserpa), de serrarias, de indústrias moveleiras, de cerâmicas e de profissionais da região. Conforme o IBAMA/PA, a construção do protótipo também serviu para criar um "fato político", demonstrando a necessidade da criação de um programa para construção de casas populares em madeira na região amazônica, conforme citado em Brasil (2004d).

---

<sup>1</sup> Flona – São áreas de domínio público providas de cobertura vegetal nativa ou plantada, estabelecidas com os seguintes objetivos: I.promover o manejo dos recursos naturais, com ênfase na produção de madeiras e outros produtos vegetais; II.garantir a proteção dos recursos hídricos, das belezas cênicas, e dos sítios históricos e arqueológicos; III.fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo. Lei 4771 - Art 5º Programa de Florestas Nacionais - FLONA. (Brasil, 2006).

Outros projetos estão em adiantado avanço de implementação no estado do Pará, dependendo, apenas, de alguns ajustes com relação à forma jurídica de doação do material apreendido, e de acertos com empresas para o beneficiamento da madeira. Alguns órgãos como o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), estão engajados nessa idéia, no intuito de fomentar o desenvolvimento das construções habitacionais.

O IBAMA já dispõe de, aproximadamente, 100 mil metros cúbicos de madeiras apreendidas, em condições para construção de cinco mil residências em assentamentos em municípios no interior do estado, gerando, pelo menos, cinco mil empregos diretos em áreas com reconhecido déficit de moradias e de postos de trabalho. A iniciativa é inédita e pretende dar um "destino social" às madeiras apreendidas no Pará, proporcionando o acesso à moradia em assentamentos do INCRA, a famílias de baixa renda e extrativistas.

Outra contribuição importante nesse aspecto aconteceu em 16 de maio de 2005, quando o Deputado Federal, Carlos Nader (PL-RJ) propôs o Projeto de Lei 5236/05, que dispõe sobre a utilização de madeira apreendida para a construção de habitações populares e dá outras providências. O projeto autoriza o Poder Executivo a usar a madeira apreendida pelo IBAMA para construções de habitações populares, e para tanto estabelece algumas condições para sua utilização, como: o interessado deve residir no Estado de origem da madeira há mais de dois anos, demonstrar não ser proprietário de outro imóvel e possuir renda familiar de até cinco salários mínimos, ficando as mulheres chefes de família com prioridade de atendimento nesses programas. O autor defende que a proposta representa uma alternativa frente ao déficit habitacional e proporciona um destino adequado à madeira apreendida, segundo Brasil (2005a).

Tramitando pela Câmara no início de agosto do mesmo ano, o relator da matéria na comissão, Deputado João Magno (PT-MG), apresentou parecer pela rejeição da proposta, conforme descrito em Brasil (2005b). Embora reconheça que o déficit habitacional de cerca de 76% no Brasil esteja concentrado na camada da população com renda familiar de até três salários mínimos, Magno discorda da solução apresentada no projeto, não acreditando que a madeira apreendida possa ser a base de programas habitacionais. Cita a Lei de Crimes Ambientais (9605/98) que prevê que a madeira e os produtos perecíveis apreendidos pela fiscalização ambiental devam ser "doados a instituições científicas, hospitalares, penais e outras com fins beneficentes". Portanto não há impedimento para que associações sem fins lucrativos, que atuem na questão habitacional, venham a ser beneficiárias nas doações.

Magno acredita, no entanto, que o órgão ambiental responsável pela apreensão é que têm o dever de verificar a realidade local, o volume de madeira e outras circunstâncias para decidir, justificadamente como se exige de todo ato administrativo, a destinação adequada a ser dada ao material apreendido. O relator lembra ainda que, em muitos casos, o alto custo do transporte da madeira do local da apreensão para aquele onde há demanda habitacional pode inviabilizar a construção de moradias. Assim, em 31 de agosto seguinte, com base nos termos apresentados pelo relator Deputado João Magno, a Comissão de Desenvolvimento Urbano da Câmara dos Deputados se reuniu para votar pela rejeição do Projeto de Lei 5236/05, de acordo com Brasil (2005c).

Em novembro de 2005, na seqüência da tramitação, o projeto passou pelas vistas do Deputado Oliveira Filho (PL-PR), que deu parecer favorável pela aprovação na forma de substitutivo, de acordo com o texto apresentado em Brasil (2005d). Na avaliação do Deputado, parece claro que a madeira apreendida não resolverá os graves problemas habitacionais do País. Contudo, ele discorda da rejeição da proposta, pois entende que caberá ao Poder Executivo analisar a

viabilidade da utilização da madeira em programas habitacionais, e se for adequado, não caberá ser proibido.

O Deputado entende que a redação do dispositivo da Lei de Crimes Ambientais impede a aplicação da madeira em habitações. Desta forma, sugere uma mudança no texto, inserindo o seguinte § 3º – No caso de madeira, admite-se também a destinação para programas habitacionais de interesse social – para que desta forma possa viabilizar o emprego desse material apreendido em construções habitacionais, criando um substitutivo ao projeto de Lei nº 5.236, de 2005. Como última ação o prazo de vistas foi encerrado em 16 de dezembro de 2005 e o projeto aguarda aprovação final.

## 5. Conforto térmico

---

A norma ASHRAE 55-92 (1992), sobre as Condições de um Ambiente Térmico para a Ocupação Humana, apresenta a seguinte definição de conforto térmico: “*Um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa*”. Acrescenta, ainda, que é considerado aceitável o ambiente em que 80% dos ocupantes expressam satisfação com o mesmo.

As condições de conforto térmico dependem de um conjunto de variáveis: ambientais, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura radiante; e pessoais: resistência térmica das vestimentas e atividade desenvolvida. Essas variáveis, apesar de serem diversas e variando diferentemente, podem produzir condições finais que proporcionam respostas semelhantes.

### 5.1. Fatores que determinam as condições de conforto térmico

Ao estudar as condições físico-ambientais que atendam às necessidades humanas, quanto a um ambiente atmosférico saudável e confortável, Nascimento (1995) relata que a inter-relação do homem com seu ambiente, não

se resume à sua capacidade de adaptação ao mesmo, mas sim aos efeitos do meio sobre sua saúde, bem estar e conforto, buscando enfocar a questão bioclimática na associação da biologia, climatologia e arquitetura, a fim de satisfazer as exigências e necessidades fisiológicas do homem.

O homem é um animal homeotérmico, isto é, pode manter a temperatura corporal interna constante, dentro de certos limites, independente da temperatura ambiente. A temperatura do corpo humano deve permanecer equilibrada e constante, em torno de 37°C. A energia térmica que o organismo humano produz advém de reações químicas internas, sendo a combinação do carbono sob forma de alimentos, e do oxigênio através da respiração, a mais importante das reações. Da energia produzida pelo processo metabólico, apenas cerca de 20% são utilizados para o funcionamento do organismo e para o desenvolvimento das atividades humanas. A parcela restante, cerca de 80% se transforma em calor, e é dissipado pelo organismo para que suas trocas térmicas com o ambiente permaneçam em equilíbrio.

Assim, Villas Boas (1982) apud Nascimento (1995) considerou o ambiente físico como uma estrutura composta, formada por muitos fatores que podem ser ditos como sub-ambientais e que agem diretamente sobre o homem, e estão em constante variação como o fator térmico, atmosférico, aquoso, luminoso, acústico, entre outros.

Para se atingir o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o ambiente a sua volta, é necessário uma série de condições. Segundo Labaki (2002), a temperatura do corpo deve ter poucas variações, independente das variações de temperatura do ambiente externo. Esses fatores são de ordem ambiental e individual, e serão mais bem detalhados a seguir.

## **5.1.1. Fatores ambientais**

### **5.1.1.1. Temperatura do ar**

A temperatura do ar resulta da taxa de aquecimento e resfriamento da terra e, conseqüentemente, dos ambientes exteriores. Em espaços internos, o ar quente tende a se elevar, pois é mais denso que o ar frio, podendo acarretar uma diferença de temperatura a 0,1m e a 1,7m do chão que não deve exceder a 3°C. Assim, a quantidade de perda de calor do corpo por convecção é inversamente proporcional a temperatura do ar ambiente, isto é, quanto maior for a temperatura do ar, menor será a perda. Quando se tratar de perdas por evaporação, a temperatura do ar dependerá da umidade relativa e da velocidade do ar.

### **5.1.1.2. Temperatura radiante média**

Segundo Labaki (2002), para se verificar os efeitos da radiação, utiliza-se um parâmetro conhecido por TRM (temperatura radiante média), definido como a temperatura superficial uniforme de um meio, constituído por superfícies negras, com a qual um indivíduo considerado corpo negro ideal, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com o meio real não uniforme.

Esta temperatura pode ser obtida através de um termômetro, chamado termômetro de globo, uma esfera oca, com aproximadamente 1mm de espessura, em cujo interior é colocado um sensor de temperatura. A TRM está também relacionada diretamente com o calor trocado por convecção, e a velocidade do ar tem importância fundamental nessa troca. Ruas (2003) apresenta as seguintes expressões para o cálculo:

- Cálculo da TRM com convecção natural é:

$$Trm = \left[ (tg + 273)^4 + 0,25 \cdot \frac{10^8}{\varepsilon} \cdot \left( \frac{|tg - ta|}{d} \right)^{0,25} \cdot (tg - ta) \right]^{0,25} - 273 \quad (5.2)$$

TRM – temperatura radiante média

$t_g$  – temperatura de globo

$t_a$  – temperatura ambiente

$v$  – velocidade do ar

$\varepsilon$  – emissividade de globo

$d$  – diâmetro de globo

- Cálculo da TRM com convecção forçada é:

$$Trm = \left[ (tg + 273)^4 + 1,1 \cdot \frac{10^8 \cdot v^{0,6}}{\varepsilon \cdot d^{0,4}} \cdot (tg - ta) \right]^{0,25} - 273 \quad (5.3)$$

### 5.1.1.3. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é um parâmetro responsável pela indicação da quantidade de vapor de água presente na atmosfera. É determinada pela razão entre o número de gramas de vapor d'água em 1m<sup>3</sup> de ar e a quantidade máxima de gramas de vapor d'água que 1m<sup>3</sup> pode conter quando está saturado naquela temperatura, de acordo com Ruas (1999). A umidade relativa varia com a temperatura do ar: quanto mais elevada, maior a quantidade de vapor d'água que 1m<sup>3</sup> pode conter. Em situações de elevada umidade do ar, a perda de calor do corpo por evaporação é dificultada, o que não ocorre com baixas umidades, onde o ar mais seco permite absorção da umidade da pele mais rapidamente.

Sua avaliação é verificada através de termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido (TBS e TBU, respectivamente), que constituem o chamado psicrômetro.

#### **5.1.1.4. Velocidade do ar**

A ventilação contribui de forma efetiva para a perda de calor do corpo humano, mas esse processo depende da temperatura e umidade relativa do ar. Nos processos de evaporação e convecção, os efeitos da ventilação são mais facilmente percebidos, pois em situações em que a temperatura do ar é inferior à da pele, o ar não está saturado e com o aumento da velocidade do ar a umidade é retirada com mais rapidez, e o inverso, ou seja, com a diminuição da ventilação, a velocidade desses processos também diminui. Os equipamentos utilizados para medir a velocidade são os chamados anemômetros, que chegam a medir velocidades entre 0,1 e 1,0 m/s, isso para ambientes internos.

### **5.1.2. Fatores pessoais**

#### **5.1.2.1. Atividade desenvolvida**

A atividade desenvolvida pelo indivíduo gera a produção do chamado calor metabólico, que afetará em maior ou menor grau o equilíbrio térmico do corpo humano com o ambiente. Esse processo se desencadeia a partir da transformação dos alimentos em energia, que é consumida na manutenção das funções vitais e na realização dos trabalhos mecânicos externos, e o restante é liberado através da produção de calor. Os valores da taxa de metabolismo são dados em  $W/m^2$  e em  $met$ , que representa a unidade de taxa de metabolismo, e corresponde à taxa de produção de energia por unidade superficial do corpo de uma pessoa sentada, sendo  $1met = 58,2W / m^2$ , segundo Labaki (2002).

Os valores da taxa de metabolismo de uma dada atividade são apresentados na tabela 5.1. De acordo com Ruas (2002), para trabalhos envolvendo atividades diferentes, ponderam-se as taxas de cada atividade executada em relação ao tempo e por um período de horas.

Tabela 5.1: Taxas de metabolismo

Atividade	Metabolismo		
	(W/m <sup>2</sup> )	(met)	
Reclinado	46	0,8	
Sentado, relaxado	58	1,0	
Ativ. Secundária (escritório, residência, escola, laboratório)	70	1,2	
Em pé, ativ. leve (compras, laboratório, indústria leve)	93	1,6	
Em pé, ativ. média (trabalho com máquina, doméstico)	116	2,0	
	2 km/h	110	1,9
	3 km/h	140	2,4
Andando em superfície nivelada	4 km/h	165	2,8
	5 km/h	200	3,4

Fonte: adaptado de ISO 7730 (1994)

### 5.1.2.2. Resistência térmica da vestimenta

O papel da vestimenta é criar uma barreira na realização de trocas térmicas por convecção e radiação. No caso das trocas por convecção, forma um obstáculo entre o ar e a pele, e diminui o processo de evaporação do suor, variando de acordo com a permeabilidade da roupa. Para as trocas por radiação, seu efeito vai depender da emissividade e absorvância de radiação pela roupa, em função do tecido, fibra e ajuste ao corpo. Sua unidade é “clo” e equivale a 0,155 m<sup>2</sup> K/W, Ruas (2002). A tabela 5.2 apresenta alguns valores para diferentes itens do vestuário.

Tabela 5.2: Isolamento térmico para peças de roupa

Peças de Roupas		Isolamento térmico (clo)
	Calcinha, cueca	0,03
Roupa de baixo	Camiseta sem manga	0,10
	Camiseta manga curta	0,04
Camisa-blusa	Mangas curtas	0,15
	Leve, mangas longas	0,20
	Normal, mangas longas	0,25
Calça	Shorts	0,06
	Leve	0,20
Vestido-saia	Normal	0,25
	Saia leve (verão)	0,15
	Saia pesada (inverno)	0,25
Sueter	Vestido leve, mangas curtas	0,20
	Colete sem manga	0,12
Paletó	Sueéter leve	0,20
	Sueéter pesado	0,35
	Leve, paletó de verão	0,25
Roupas para ambientes externos	Paletó	0,35
	Guarda-pó	0,30
	Casaco	0,60
	Jaqueta	0,55
Diversos	Casaco com capuz	0,70
	Meias	0,02
	Sapatos (sola fina)	0,02
	Sapatos (sola grossa)	0,04

Fonte: adaptado de ISO 7730 (1994)

### 5.1.3. Método dos votos médios estimados

O pesquisador dinamarquês Olé Fanger desenvolveu, em 1972, um método para determinação das condições de conforto térmico a partir de uma equação de balanço térmico do corpo, a qual relaciona a sensação térmica com a atividade metabólica do corpo humano.

Além disso, leva em consideração as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média e as variáveis individuais: resistência térmica da vestimenta, atividade desenvolvida

(nível de metabolismo). Assim, com a combinação dessas variáveis são obtidos três princípios:

- O corpo está em constante equilíbrio com o ambiente, sendo que a perda de calor se iguala à taxa de calor produzido pelo corpo e pelo metabolismo.
- A temperatura da pele é um indicativo de conforto e para tanto possui valores menores para altas taxas metabólicas do que para atividades sedentárias.
- Para atingir o conforto, considera-se a existência de uma taxa ideal de sudação, além disso, a transpiração gera desconforto, que também é função da taxa metabólica.

O método proposto por Fanger (1970) é baseado em uma escala de sensação térmica, de sete pontos.

Tabela 5.3: Escala de sensação térmica

<b>VOTO MÉDIO ESTIMADO (VME)</b>	<b>SENSAÇÃO TÉRMICA</b>
-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Levemente frio
0	Neutralidade térmica
1	Levemente quente
2	Quente
3	Muito quente

Fonte: adaptado de Fanger (1970)

A sensação térmica é função do índice de atividade térmica (IAT), que é a diferença entre a energia gerada internamente no corpo, para uma determinada atividade e o calor trocado pela pele, sob condições de neutralidade térmica, considerando mesma atividade e mesmo ambiente

térmico. Em condições de neutralidade, o valor de IAT é nulo, e cresce em valor absoluto à medida que o ambiente se afasta dessas condições. Nesse caso pode-se dizer que a sensação térmica ( $Y$ ) para uma dada atividade ( $M$  – metabolismo) é função do IAT:

$$Y = f(IAT, M) \quad (5.4)$$

Após realizar experiências com centenas de indivíduos na Universidade Estadual de Kansas (EUA), Fanger (1970) apud Carvalho (1995) obteve a seguinte equação:

$$Y = [0.352e^{-(0.042M)} + 0.032]IAT \quad (5.5)$$

O valor do IAT é obtido pela seguinte equação:

$$IAT = M(1 - \eta) - RE - (-C - R + E) \quad (5.6)$$

$M$  – metabolismo ( $W/m^2$ );

$\eta$  – eficiência mecânica do corpo humano;

$RE$  – calor eliminado no processo de respiração por unidade de área superficial do corpo ( $W/m^2$ );

$C$  – calor trocado por convecção, por unidade de área ( $W/m^2$ );

$R$  – troca de calor por radiação, por unidade de área superficial do corpo ( $W/m^2$ );

$E$  – calor eliminado por evaporação, por unidade de área superficial do corpo ( $W/m^2$ ).

De acordo com a Equação 5.5, que foi obtida através do voto de indivíduos, o valor  $Y$ , denominado “voto médio estimado” (VME), possibilita obter a sensação térmica para qualquer combinação dos parâmetros de conforto. Através de

análises estatísticas realizadas com algumas centenas de indivíduos, foi obtida uma relação entre a sensação térmica e a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PEI) para dado ambiente térmico. Como a sensação térmica foi obtida através do voto de indivíduos, o valor de Y é denominado voto médio estimado (VME). (Ibaki, 2002). A relação entre o voto médio estimado e a porcentagem estimada de insatisfeitos, obtida por Fanger, é apresentada na Figura 5.1.

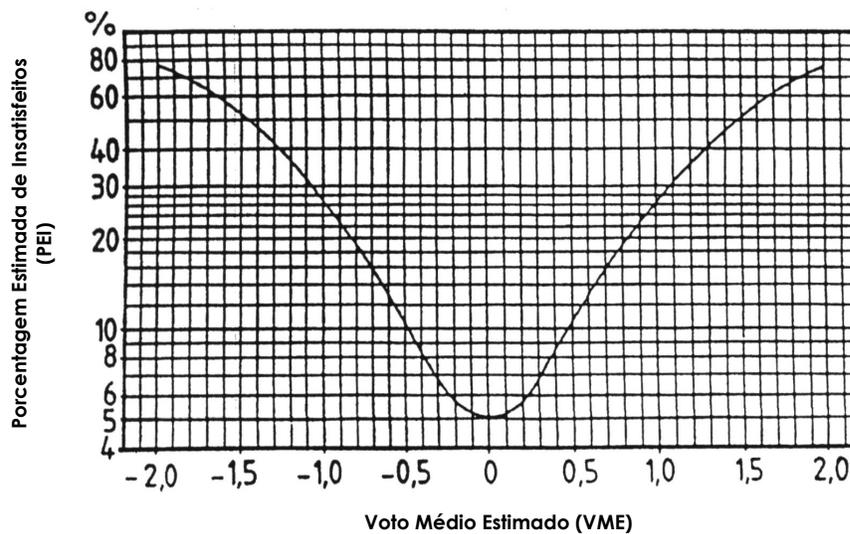


Figura 5.1: Relação entre VME e PEI  
 Fonte: adaptada de Fanger (1970)

Analisando-se a figura 5.1, pode-se observar dois aspectos importantes:

- a condição de neutralidade corresponde a 5% de insatisfeitos, ou seja, é impossível obter uma situação de unanimidade;
- a curva é simétrica em relação ao ponto de neutralidade (VME=0), caracterizando uma igualdade de pessoas insatisfeitas para ambientes que proporcionem sensações de frio e calor (mesmo VME em valores absolutos).

O modelo de Fanger foi adotado pela Norma ISO 7730 de 1994 “Ambientes térmicos moderados – Determinação dos Índices VME e PEI e especificação das

condições para conforto térmico". Essa norma estima a sensação térmica e a porcentagem de pessoas insatisfeitas, e é aplicada a indivíduos sadios em ambientes térmicos moderados, ou seja, onde a combinação das variáveis ambientais e individuais leva a um VME entre o intervalo de  $-2$  a  $+2$ . Entretanto, a norma recomenda que se adote PEI menor que 10%, ficando no intervalo de  $-0,5$  a  $+0,5$ . Já pela norma ASHRAE 55 (1992) que sugere que um ambiente atende aos requisitos de conforto térmico quando satisfaz pelo menos 80% de seus ocupantes, a porcentagem de pessoas insatisfeitas fica limitada a 20%, o que corresponde a:  $-0,82 < VME < +0,82$ .

#### **5.1.4. Avaliação do conforto térmico**

O software Conforto 2.02, desenvolvido por Ruas (2002) em sua tese de doutorado, foi adotado nesta pesquisa para avaliar o conforto térmico no interior do ambientes estudados. De acordo com o autor, o software possibilita várias aplicações como: simulação de interferências nos ambientes, a fim de colaborar na melhoria da sensação térmica, seja na fase de projeto ou de pós-ocupação; ferramenta para avaliação instantânea da sensação térmica em estudos sobre conforto térmico. Os dados de entrada, fornecidos pelos usuários do programa, são:

Variáveis ambientais

- Temperatura do ar, ou temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ );
- Velocidade relativa do ar (m/s);
- Temperatura radiante média ou temperatura de globo;
- Umidade relativa do ar (%) ou temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Variáveis pessoais

- Isolamento térmico (clo);
- Taxa de metabolismo ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

O autor acrescenta que todas as variáveis podem ser introduzidas diretamente no programa. Contudo, com relação à temperatura radiante média, umidade relativa do ar, isolamento térmico da roupa e taxa de metabolismo, o programa dispõe de rotinas específicas para auxílio no cálculo ou na escolha desses valores.

A avaliação de conforto térmico neste software é baseada no índice dos Votos Médios Estimados (VME) e pela Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PEI), conforme norma ISO 7730 (1994).

Ruas (2002) realizou testes para verificar a precisão do software em avaliar o conforto térmico pelos Votos Médios Estimados (VME), comparando-o com a norma ISO 7730 (1994), e concluiu que não há diferença significativa entre os dois métodos. E ressalta que o VME é um método que “...*inter-relaciona a sensação térmica de um grupo de pessoas a cada um dos principais fatores físicos que a influenciam...*” tornando este método um dos mais amplamente testados e aceitos.

## **6. Desempenho térmico das edificações**

---

Para melhor entendimento do comportamento térmico das edificações, faz-se necessário considerar os fenômenos térmicos aí processados, os quais irão permitir um estudo mais aprofundado sobre as questões climáticas e seu relacionamento com os organismos humanos. Em climas tropicais os ganhos de calor nas edificações são bastante elevados, e assim a transmissão desse calor para o ambiente deve ser controlada. Para isso, deve-se conhecer os mecanismos responsáveis pelas trocas de calor.

### **6.1. Componentes externos**

O desempenho térmico das edificações, segundo Perdigão (1994), está baseado na influência das aberturas, quantidade de energia térmica recebida, espaço interno e na insolação combatida pelos dispositivos de proteção. Alves (1997) acrescenta outros aspectos para concepção do projeto, a fim de se obter um melhor conforto, que são as características da implantação, ventilação, orientação e tratamento do entorno. E somado a esses, um fator de grande importância que é a correta aplicação e escolha dos materiais que irão compor os componentes externos e internos, através do conhecimento de suas propriedades termo-físicas e assim como dos isolantes, quando for necessário.

Segundo a autora, a radiação solar é um dos principais fatores que incidem sobre os elementos de fechamento. No caso das coberturas, elas são as mais exigidas por ficarem mais tempo expostas à radiação solar, tendo grande responsabilidade pelo ganho de calor na edificação. As paredes, por sua vez, estão expostas à intensa radiação, porém, somente durante alguns períodos do dia e dependendo do seu posicionamento ou se não possuem dispositivos de proteção, como varanda, beirais longos ou brises.

A seguir, serão apresentadas as características principais dos componentes arquitetônicos de fechamentos horizontais e verticais, coberturas e paredes, respectivamente, do ponto de vista de trocas de calor com o meio exterior.

### **6.1.1. Coberturas**

A cobertura, como já foi dito anteriormente, é o elemento de fechamento mais exposto à radiação solar direta, ao vento, à umidade e à chuva. Para Alves (1994), a cobertura é uma grande responsável pela transmissão de calor, porém se houver ventilação no ático reduzir-se-ão, bastante a transferência de calor para o interior do ambiente. Perdigão (1994) cita alguns trabalhos sobre o desempenho térmico de coberturas e paredes, em que são estudados diferentes materiais em experimentação de campo ou simulação computacional. Destacam-se os seguintes:

- Akutsu & Sato (1981) desenvolveram um protótipo com cobertura em telha cerâmica, e outro para comparação onde foram simuladas três configurações de cobertura. Na primeira, adotou-se laje pré-moldada e impermeabilizada por manta asfáltica. Na segunda, apenas foi acrescentada uma camada de argila expandida. Na terceira, a laje foi coberta com telha ondulada de cimento amianto. Após medições, verificou-se que em regiões com pouca variação de temperatura não há grandes diferenças do ar interior, entre os protótipos em

telha cerâmica e de cimento amianto. Contudo, perceberam-se na superfície interna das telhas cerâmicas, índices de variações diárias de temperatura inferiores às registradas na laje.

- Ngoka (1986) e Alucci (1997) recomendam, para regiões de clima quente-úmido, coberturas com longos beirais, materiais leves, com baixa inércia térmica e que a ventilação seja potencializada.
- Moura et al (1991) acrescentaram a esse estudo a telha térmica, com perfil trapezoidal, duas chapas de alumínio (0.5mm) e poliuretano expandido entre elas. E comprovaram que essa é mais eficiente que a telha de fibrocimento simples e menos eficaz comparada à telha dupla. Porém, mais uma vez a telha cerâmica é a que apresenta melhor desempenho de conforto em relação a todas.
- Akutsu, Vittorino & Yoshimoto (1994) realizaram uma pesquisa onde adotaram dois tipos de coberturas, telha de barro e telha de fibrocimento, com três tipos de forro, sendo na posição horizontal, acompanhando a inclinação da cobertura e inserindo isolante térmico. Concluíram que o desempenho térmico varia de acordo com o material isolante, e quando não possuem isolamento, o melhor desempenho é alcançado pelas telhas cerâmicas. Acrescentam que o conforto no ambiente interno pode ser conseguido associando a inércia térmica das paredes com os materiais de cobertura.

### **6.1.2. Paredes**

A parede é o componente de fechamento vertical de uma edificação e um dos responsáveis pelas trocas de calor entre o ambiente externo e interno e, dependendo das propriedades de seus materiais e espessuras, pode transmitir o calor com mais rapidez ou retardar sua propagação, segundo Alves (1997). Rivero

(1985) coloca a resistência térmica do fechamento como uma propriedade importante, porém deve-se também, ter o conhecimento sobre sua capacidade de amortecimento e seu retardo térmico.

Os fechamentos opacos constituem, segundo Rivero (1985), a maior parcela da envolvente exterior onde incidem os agentes térmicos do clima. Cita algumas formas de controlar os efeitos causados pela excessiva radiação, como a cor, que muitas vezes é a responsável pela diminuição da absorção, e os beirais e outros dispositivos de proteção, também devem ser empregados, se as condições do meio ou orientação não estiverem satisfatórias. A vegetação é outro artifício capaz de complementar as demais soluções, a fim de alcançar melhores resultados no desempenho térmico dos elementos opacos.

O autor ressalta as propriedades térmicas dos materiais que influenciam no comportamento térmico de um fechamento: coeficiente de absorção da radiação solar, emissividade das superfícies, condutividade térmica, calor específico, e espessura dos materiais.

Segundo Rivero (1985), os fechamentos transparentes, que compõem a envoltória da edificação, acarretam grandes problemas térmicos, acústicos, econômicos e construtivos que, muitas vezes, dificultam o desempenho de suas principais funções, como promover a iluminação natural ao ambiente e estabelecer uma ligação com o ambiente externo.

O autor ressalta que esses fechamentos são pouco eficientes termicamente e aumentam a sensação de desconforto à medida que o ambiente externo não responde às exigências climáticas. Porém, há vários tipos de vidros e dispositivos de proteção lançados no mercado de forma a combater os efeitos da energia solar. Rivero (1985) orienta que os fechamentos envidraçados direcionados para SE ou SO, no hemisfério sul, ou seja, em baixas latitudes, devem utilizar dispositivos

de proteção, enquanto que nas zonas frias ou muito quentes são mais aconselhados os vidros duplos.

## **6.2. Método de avaliação do desempenho térmico**

Este trabalho trará, a seguir, uma breve explanação de alguns métodos de avaliação de desempenho térmico das edificações e de componentes construtivos, com base em estudos feitos através de sensações individuais, simulação computacional, métodos experimentais, com medições físicas em protótipos, assim como avaliação através de cálculos das propriedades térmicas dos componentes das edificações, como Norma Brasileira/1998 (Parte2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações).

### **6.2.1. Métodos experimentais e simulações**

Com relação às edificações em madeira são apresentadas algumas contribuições com pesquisas desenvolvidas nesta área, no campo experimental ou através de simulação computacional.

Uchoa (1989) realizou pesquisa sobre a condutividade térmica em cinco espécies de madeira nativa. São elas: Castanheira (*Bertholletia excelsa*), Cedrilho (*Qualea sp*), Tamboril (*Enterlobium sp*), Cambará (*Erisma uncinatum*) e Ipê (*Tabebuia serratifolia*). Foram realizados teste no LaMEN em São Carlos/SP, utilizando corpos de prova com diversos conteúdos de umidade. Para isso foram aplicados três métodos para avaliação: método de sonda, fio quente e paralelo e ensaios de referência no aparelho de “placas quentes” existente no IPT. Na análise dos resultados obtidos, ficou comprovada a influência da densidade na condutividade térmica em madeiras não preservadas. E no caso da comparação

entre madeiras não preservadas com as preservadas, percebeu-se que estas últimas não apresentam grandes variações na condutividade térmica.

Quanto à umidade, os ensaios mostraram-se satisfatórios em madeiras com teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Quando estão acima, desse ponto, a autora relata que não há dados suficientes que comprovem uma elevação da umidade e que devem ser realizados mais testes, para se comprovar o comportamento além desses pontos. Observou-se que, em madeiras menos densas, é maior a influência da água na elevação da condutividade térmica. Para madeiras preservadas ou não preservadas o aumento de umidade provoca, em ambos os casos, um aumento da condutividade térmica. Segundo a autora, a relação entre a umidade e a condutividade térmica é linear.

A aplicação dos valores de condutividade térmica foi feita através do programa NBSLD, de simulação computacional. Para avaliar o desempenho térmico, foi adotado um modelo de uma habitação popular e submetido às condições ambientais equivalentes nas cidades de Cuiabá/MG e Campos do Jordão/SP, com diferentes combinações de materiais. Com clima predominantemente quente, a cidade de Cuiabá requer em suas edificações uma proteção maior da radiação solar e aproveitamento total da ventilação natural. Nos resultados obtidos nas simulações computacionais, percebeu-se que as menores temperaturas são dos modelos em alvenaria, o que evidenciou a baixa inércia térmica da edificação em madeira, ou seja, por ser um material leve e de baixa densidade permite, mais facilmente, a passagem do calor para o interior da construção. Para a cidade de Campos do Jordão, a madeira com isolante térmico apresentou um desempenho melhor, mantendo as temperaturas internas quase sempre acima do modelo em alvenaria. A autora comenta que muitos casos requerem o uso de climatização artificial, porém com a utilização

adequada de técnicas de projeto, pode-se reduzir a energia necessária para manter as condições de conforto em uma edificação.

Com objetivo de avaliar o desempenho térmico de paredes e coberturas em Belém/Pa, Lopes (1993) analisou, através de simulação computacional, com o programa ARQUITROP, doze sistemas construtivos, onde foram simulados materiais distintos nas paredes e coberturas. De acordo com os resultados das simulações, foram destacados os seguintes sistemas construtivos em madeira:

- Fechamentos em tábuas de madeira simples, telha cerâmica ou fibrocimento e sem forro: o atraso térmico e o amortecimento são muito pequenos, aproximadamente uma hora, sendo o calor transmitido, quase que simultaneamente para o interior;
- Fechamentos em tábuas de madeira simples, telha cerâmica, fibrocimento ou metal e com forro: neste caso, a utilização de forro ventilado, melhora de 50% a 70% o desempenho térmico da cobertura, dependendo da cor. As paredes têm o mesmo comportamento que a anterior;
- Fechamentos em madeira dupla, telha cerâmica ou fibrocimento e sem forro: as paredes funcionam como parede única, o que gera um ganho de 0.2 a 0.4 °C nas temperaturas internas mínimas e máximas, sendo que estas últimas tendem a se manter constante ao longo do dia, decrescendo lentamente até a madrugada;
- Fechamentos em madeira dupla, telha cerâmica ou fibrocimento e com forro ventilado: reduzem em até 50% os ganhos de calor para o interior, e as temperaturas internas caem de 0.1 a 0.3 °C. As paredes duplas conservam por mais tempo suas temperaturas internas máximas, perdendo lentamente o calor interno;
- Fechamentos em madeira dupla com isolante térmico, telha cerâmica ou fibrocimento e com forro ventilado: demonstram um aumento da temperatura interna máxima de 0.1 a 0.3 °C e de 0.1 a 0.2 a temperatura

interna mínima, em relação a fechamentos duplos sem isolante. Esta condição pode melhorar com a combinação de fechamento e coberturas com isolantes térmicos, podendo reduzir a temperatura máxima em torno de 0.2 a 1.0 °C, comparando com forros não ventilados.

Segundo Lopes (1993), os sistemas são recomendáveis para a região, mas sua utilização deve seguir alguns critérios, destacados a seguir, para que a construção possa se adaptar ao clima local:

- Orientação deve ser preferencialmente Nordeste;
- Pé direito mínimo de 3,00m;
- Forro com câmara de ar ventilado;
- Cobertura com isolamento térmico;
- Beirais largos, para proteger paredes e aberturas laterais;

Oliveira (1993) verificou o comportamento térmico de um protótipo em madeira, frente a condicionantes climáticos na cidade de São Carlos/SP. Nessa pesquisa foi desenvolvido um protótipo, com a seguinte dimensão: 3,00 x 3,00m e pé direito de 3,00m. As paredes foram construídas com régua de madeira de 2,5cm de espessura e 1m de comprimento, com sistema de encaixe macho e fêmea, cobertura em telha de fibrocimento e piso em assoalho de pinus, apoiado sobre pilotis de madeira elevado 30cm do solo.

Nesse protótipo foram instalados termopares que, por meio de um cabo telefônico, foram conectados ao sistema de aquisição de dados e um micro-computador, onde as leituras foram feitas e registradas. O protótipo foi analisado em três situações distintas, a saber:

- I. Parede simples (conforme projeto original)
- II. Parede de madeira (2,5cm) + ar (1cm) + papelão (0,3cm)

III. Parede de madeira (2,5cm) + ar (1cm) + papelão (0,3cm)+ ar (1cm) + papelão (0,3cm)

O autor concluiu que a situação I é a mais desfavorável ao conforto térmico, pois nos períodos mais quentes tornou-se mais quente dentro do que fora do protótipo e, para os períodos mais frios o interior do protótipo se manteve mais frio do que fora. A situação II mostrou-se mais favorável em relação à primeira, porém ainda apresenta momentos de desconforto nos períodos da tarde, estendendo-se até a madrugada nos períodos mais quentes. A situação que melhor atende ao conforto térmico é situação III, apresentando um período de conforto em torno de 70% do desejável, principalmente nos períodos mais frios. No caso de períodos mais quentes, a situação pode ser amenizada através de dispositivos de proteção e abertura que potencialize a ventilação no ambiente.

Carvalho (1995) analisou o comportamento térmico de uma habitação em madeira pinus roliço, sob determinadas condições de exposição, na cidade de São Carlos-SP. Seu protótipo foi construído nas dependências da empresa Postes Irpa Ltda, São Carlos/SP. A habitação foi construída em sistemas de paredes compostas de toras de pinus roliço, torneadas com diâmetro de 9.5 cm, com forro horizontal de pinus e cobertura em telha cerâmica, formando o ático não ventilado, piso em cimento queimado, e elevado do solo 30 cm.

A experimentação foi realizada durante uma semana no verão e no inverno, março e junho, respectivamente. As medições se deram com portas e janelas fechadas, exceto no verão em que as mesmas permaneceram abertas das 8h às 16hs. A base metodológica adotada foi a de Akutsu & Vittorino (1992) e o método de Fanger, descritos no trabalho.

Analisando os resultados com o Método de Fanger, a autora concluiu que o protótipo apresentou, no verão, condições de conforto durante o dia, das 9hs às

21hs. Nos outros horários, por causa das chuvas, houve necessidade do uso de agasalhos e cobertas leves. No inverno, exceto em um dia analisado, o protótipo teve um desempenho térmico satisfatório para o período diurno. Nos demais horários, houve a necessidade de roupas e cobertores mais pesadas.

De acordo com os critérios propostos por Akutsu e Vittorino (1992) apud Carvalho (1995), o protótipo foi classificado no nível "B", indicando que o valor máximo diário da temperatura do ar interno não ultrapassou o valor máximo diário da temperatura do ar externo, para o inverno e verão. Porém mostrou-se mais eficiente que outros sistemas construtivos em madeira, pois no inverno manteve a temperatura interna mais elevada e no verão a temperatura interna foi sempre menor que a temperatura máxima do ar exterior, para todo o período medido.

Alves (1997) analisou um protótipo em madeira, com vedação em painéis sanduíches com chapas de compensado, e outro protótipo em alvenaria de tijolos de barro cozido, a fim de verificar o desempenho térmico dessas duas tipologias de fechamentos, ambos construídos no Campus Universitário da EESC-USP. Os protótipos adotaram a mesma planta baixa, com dimensões de 2,40 x 2,80m e cobertura em telha de barro tipo francesa.

Foram realizadas medições "*in loco*", com o protótipo em madeira seguindo três situações distintas. Na primeira, a vedação é formada por painéis sanduíches com ar confinado. Na segunda, a camada central do painel recebeu o isopor como isolante. Na terceira, foi mantido a mesma formação do painel da segunda situação e acrescentado forro horizontal em lambril de pinus com 10cm, formando um ático não ventilado. As aberturas laterais foram mantidas fechadas.

Na fase experimental, foram registradas as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura radiante média. As medições aconteceram nos períodos de verão, a partir da 2ª quinzena de janeiro

até a 1ª quinzena de março e no inverno a partir da 2ª semana de junho até a 3ª semana de agosto.

Ao aplicar o Método de Fanger para as duas primeiras situações, percebe-se um desempenho bastante similar, pois em ambas os protótipos de madeira ofereceram mais vezes de conforto do que o de alvenaria, no período da manhã e da noite. À tarde, foi observado desconforto em ambas situações. Na terceira situação com a inserção de forro, o protótipo de madeira apresentou condição de conforto à noite, madrugada e grande parte da manhã, porém à tarde apresentou desconforto, mesmo com as temperaturas externas mais agradáveis.

No inverno, pelo Método de Fanger, os protótipos, nas situações I e II, tiveram um bom desempenho térmico, pela manhã e madrugada, com as diferenças mais significativas, entre 1°C até 5°C a mais no interior do protótipo em relação ao ar externo. No período da tarde, mostrou-se desconfortável, pois as temperaturas excederam o limite de 23°C no inverno. Na situação III, o protótipo apresentou as melhores condições de conforto em todos os períodos do dia, tanto nos dias mais quentes (max. 28°C-ext) como nas noites mais frias (min. 10°C-ext.).

A autora apresenta algumas recomendações básicas para adequar o projeto às condições climáticas locais, tanto para vedações em madeira como para vedações em alvenaria: ambientes com no mínimo 9,00m<sup>2</sup>, pé direito de 3,00m, protetores solares nas fachadas mais expostas à radiação solar, colocação de forro, que no inverno impede a perda de calor pelas frestas das telhas e no verão reduz o aquecimento transmitido pela cobertura para o interior da edificação. O mais importante é promover no verão a ventilação cruzada nos ambientes e no inverno se preocupar com a estanqueidade do ar, independente do material utilizado.

## 6.2.2. Métodos com base na Norma da ABNT

A norma brasileira é adotada para avaliação do desempenho térmico das edificações. Na Parte 2, são calculadas as propriedades térmicas – resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar – de elementos e componentes de edificações e a Parte 3 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações aplicáveis na fase de projeto, estabelecendo um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, com recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixado.

### Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.

A seguir, são apresentadas as fórmulas básicas para cálculo das propriedades térmicas dos componentes das edificações.

- a) Resistência térmica:** de acordo com a norma, a resistência térmica de uma camada homogênea de material sólido é determinada pela expressão 5.7.

$$R = e / \lambda \quad (5.7)$$

- b) Transmitância térmica:** é o inverso da resistência térmica total, conforme a expressão 5.8.

$$U = 1 / R_T \quad (5.8)$$

- c) Capacidade térmica de um componente:** é dada pela expressão 5.9.

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (5.9)$$

Onde:

- $\lambda$  - condutividade térmica do material da 1ª camada
- $R$  - resistência térmica da 1ª camada
- $e$  - espessura da 1ª camada
- $c$  - calor específico do material da 1ª camada
- $\rho$  - densidade de massa aparente do material da 1ª camada

**d) Atraso térmico:**

-No caso de elemento homogêneo, é dado pelas expressões 5.10 ou 5.11.

$$\varphi = 1,382.e.\sqrt{\frac{\rho.c}{3,6.\lambda}} \quad (5.10)$$

$$\varphi = 0,7284.\sqrt{R_t.C_T} \quad (5.11)$$

Onde:

- $\varphi$  - atraso térmico
- $\lambda$  - condutividade térmica do material
- $e$  - espessura da placa
- $c$  - calor específico do material
- $\rho$  - densidade de massa aparente do material
- $R_t$  - resistência térmica de superfície a superfície do componente
- $C_T$  - capacidade térmica total do componente
- $C_{ext}$  - capacidade térmica da camada externa do componente

-No caso de elemento heterogêneo é dado pela expressão 5.12.

$$\varphi = 1,382.R_t.\sqrt{B_1 + B_2} \quad (5.12)$$

sendo  $B_1$  e  $B_2$  determinados pela expressão 5.13 e 5.14, respectivamente:

$$B_1 = 0,226.\frac{B_0}{R_t} \quad (5.13)$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left[ \frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right] \cdot \left[ R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right] \quad (5.14)$$

Dessa forma,  $B_0$  é determinado pela expressão 5.15.

$$B_0 = C_T - C_{Text} \quad (5.15)$$

**e) Fator de calor solar:** é dado pela expressão 5.16.

$$FS = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se} \quad (5.16)$$

Onde:

$FS$  - fator solar em porcentagem

$U$  - transmitância térmica do material

$\alpha$  - absorvância da radiação solar em função da cor

$R_{se}$  - resistência superficial externa

Como para  $R_{se}$  é adotado um valor constante, igual a 0,04, pode-se utilizar a expressão 5.17.

$$FS = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (5.17)$$

### **Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.**

A Parte 3 da Norma Brasileira da ABNT/1998 estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, dividindo o território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Formulou-se, então, um conjunto de recomendações e estratégias construtivas, destinadas às habitações unifamiliares de interesse social, que aperfeiçoam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. Essas recomendações e diretrizes construtivas, não apresentam caráter normativo, para adequação climática de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos. Para o clima de Belém/Pa, as diretrizes estão descritas no capítulo seguinte, que trata da metodologia.

## ***PARTE III***

---

### ***Metodologia***



## 7. Análise experimental

---

Neste trabalho foram construídos dois protótipos em madeira, com a mesma configuração de planta, sendo que um ficou locado em área sombreada e o outro em área totalmente insolada. Teve como propósito estabelecer uma análise comparativa entre os dois, para verificar o conforto térmico nas diferentes implantações, assim como avaliar o desempenho térmico das três configurações de painel de fechamento. A seguir serão descritos o sistema construtivo adotado e a área de implantação.

### 7.1. Protótipo

A proposta do protótipo apresentada foi desenvolvida com base em Melo et al. (2002). As madeiras utilizadas foram as seguintes: o Jatobá (*Hymenaea courbari* L.) para as réguas de fechamento, o Cumarú (*Dipteryx Odorata Willd*) para as peças estruturais e cobertura, e a Andiroba (*Carapa Guianensis Aubl.*) para portas e janelas; todas fornecidas pela empresa MG–Madereira Araguaia, secas em estufa e posteriormente serrados, conforme especificações do projeto.

#### 7.1.1. Descrição do projeto

O projeto do protótipo foi idealizado a partir das seguintes premissas:

- Disponibilidade de madeira na região;
- Utilização de espécie de madeira adequada à construção habitacional;
- Sistema construtivo flexível, adaptável a vários tipos de fechamentos;
- Simplificação do processo construtivo;
- Modulação estrutural dos painéis;
- Padronização do dimensionamento das peças;
- Solução que permitisse o conforto térmico interno.

Atendidos estes prepostos, foram definidas as várias etapas de implantação dos protótipos, desde os serviços preliminares até a conclusão da obra. A seguir são apresentadas seis etapas, considerando vários aspectos como otimização dos recursos humanos, materiais inerentes à proposta, e ainda a simplificação de procedimentos técnicos de forma a agilizar sua execução. O projeto detalhado do protótipo pode ser conferido no Apêndice E deste trabalho.

#### **7.1.1.1. Locação e fundação**

Foram disponibilizadas duas áreas distintas para a construção, sendo uma em local aberto e vulnerável à insolação e outra em local arborizado com menos vulnerabilidade aos raios solares. A locação da obra foi feita de maneira convencional, com o uso de gabarito de madeira e linha de nylon. A escavação do terreno para execução dos blocos de concreto deu-se de forma manual, e não foi utilizada fôrma de madeira, devido o local possuir o solo firme. Foram executados em cada protótipo quatro blocos em concreto armado com dimensões 60x60x60cm, ascendentes a um lastro de concreto magro (10x60x60cm), aproximadamente a 1,20m do nível do terreno e a armadura utilizada foi do tipo gaiola com  $\phi$  8.0mm.

### 7.1.1.2. Sistema estrutural

A proposta para o sistema estrutural foi de uma planta com dimensões a eixo de 3,00m x 3,00m, cuja principal característica foi a modularidade e padronização das peças. Os pilares e montantes apresentam fendas no sentido longitudinal, de forma a permitir o encaixe das tábuas macheadas.

Primeiramente os quatro pilares (15x15cm), que formam a base estrutural da edificação, foram concretados nos blocos (60x60x60cm), após a cura foram parafusadas peças (7,5x25cm) nos pilares, para apoio das vigas de amarração em madeira (7,5x25cm) e, sobre estas foram pregadas, vigas de piso (7,5x15cm). Na seqüência, foram pregadas as tábuas do assoalho (1,9x7,6cm), com encaixe tipo macho-fêmea, cobrindo toda a área do piso.

### 7.1.1.3. Sistema de vedação

O sistema de vedação foi composto por tábuas com encaixe tipo macho-fêmea ou também chamadas de tábuas macheadas. A montagem dos painéis iniciou-se pela colocação dos pilares (15x15cm) e montantes (7,5x15cm). Essas peças apresentavam fendas no sentido longitudinal que permitiram que as tábuas macheadas (1,9x7,6cm) fossem encaixadas uma a uma. As tábuas seguiram um padrão com dois comprimentos (92 e 46cm). Está listada no Apêndice E uma tabela com a relação de materiais empregados na obra. Este sistema foi executado em três etapas distintas, que corresponderam às etapas de coleta de dados, a saber:

- **1ª fase:** os protótipos foram executados considerando apenas as tábuas na face externa, ou seja, os fechamentos possuíam uma espessura de 1,9 cm;
- **2ª fase:** nesta fase os protótipos receberam, também, tábuas de fechamento na face interna, ou seja, as paredes possuíam espessura total

de 11,3 cm. Neste caso foi considerado nas medições, o ar confinado no interior da parede;

- **3ª fase:** na última fase os protótipos receberam no interior das paredes um material isolante. Neste trabalho foi proposta a manta de fibra de coco, por ser um material abundante na região, proveniente de fonte renovável, e que está passando por um grande aperfeiçoamento tecnológico, sendo utilizado para vários fins.

Juntamente com a montagem dos painéis foram sendo instalados os caixilhos das esquadrias de portas e janelas, executados pelo encaixe e fixação dos batentes e travessas nos montantes verticais. Posteriormente foram colocadas as folhas de portas e janelas com suas respectivas ferragens. O projeto apresentou no total quatro janelas, posicionadas em cada uma das faces dos protótipos, e uma porta de acesso. A relação desses materiais está disponibilizada em tabela no Apêndice E.

#### **7.1.1.4. Sistema de cobertura**

A cobertura foi executada em quatro águas, um lanternim para saída do ar quente, e beirais longos (80cm). A distribuição do madeiramento da cobertura obedeceu ao detalhamento descrito em projeto, composto pelas seguintes peças: frechal, caibros, ripas, pontalete e pendural fixados através de parafusos e pregos. O projeto não possui forro de lambril de madeira. O tipo de cobertura adotada foi telha cerâmica tipo Plan, por ser a mais indicada para construções na região. (ver Apêndice E).

#### **7.1.1.5. Instalações**

As instalações elétricas foram executadas nos painéis do protótipo com o uso de canaletas aparentes, conexões e caixas de passagem. Foram instalados em seu

interior, um ponto de luz, uma tomada e um quadro de distribuição para um disjuntor. A relação de materiais elétricos está disponibilizada em tabela no Apêndice E.

#### **7.1.1.6. Pintura e tratamento**

No caso desta proposta, como a madeira utilizada foi de excelente qualidade e aparelhada, optou-se por deixá-la sem pintura e sem verniz, ou seja, de forma natural.

#### **7.1.2. Descrição da área de implantação do protótipo**

Os protótipos foram construídos dentro Embrapa Amazônia Oriental, em Belém/Pa, situada a Av. Perimetral, s/ nº, bairro Marco. Os locais escolhidos são áreas planas, localizados em dois pontos distintos da empresa. Um dos protótipos ficou posicionado em área totalmente insolada, em terreno gramado, situado próximo à estação meteorológica, atrás do centro de Agroindústria. O outro protótipo ficou implantado em área arborizada, com árvores de pequeno e médio porte, em terreno gramado, próximo à via de acesso aos prédios administrativos situados na parte posterior da empresa. Foram locados com uma de suas faces, com aberturas laterais, voltadas para a orientação leste, em virtude de ser esta uma das direções dos ventos predominantes na região.

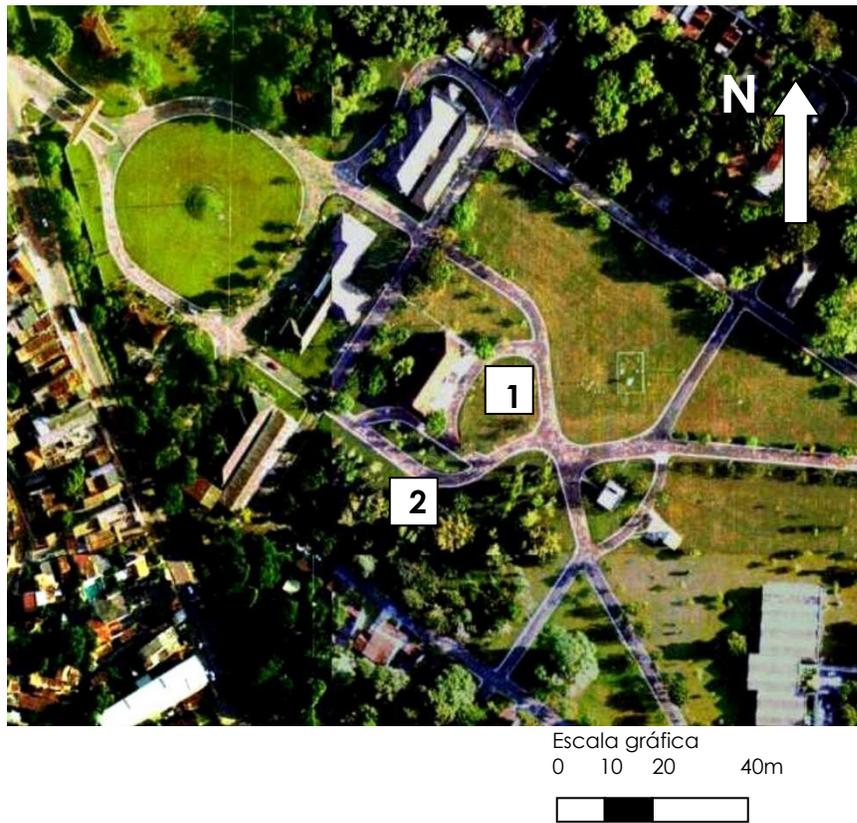


Figura 7.1: Vista aérea da Embrapa Amazônia Oriental e localização dos protótipos: (1) ao sol, (2) à sombra.



Figura 7.2: Protótipo localizado ao sol.



Figura 7.3: Protótipo localizado à sombra.

## 7.2. Medições

As medições ocorreram simultaneamente nos dois protótipos, no intervalo de 10 em 10 min, onde foram registradas as condições térmicas dos ambientes, através de equipamentos instalados em seu interior. A estação meteorológica implantada na Embrapa Amazônia Oriental garantiu o suporte com o registro das condições climáticas do microclima local.

### 7.2.1. Procedimentos para coleta de dados

Foram simuladas três situações distintas para coleta de dados, através de alterações realizadas nos sistemas de vedação dos protótipos, descritos no item 7.1.1.3.

As medições foram realizadas nos meses de maio a setembro de 2005, por um período de (15) quinze dias, em cada uma das situações propostas, de acordo com a tabela 7.1:

Tabela 7. 1: Fases para coleta de dados

FASE	PAINEL	PERÍODO	ABERTURA DE JANELAS
1ª	SIMPLES	16/05 à 21/05	FECHADA
		23/05 à 28/06	ABERTA L – O
		30/05 à 04/06	ABERTA N – S
2ª	DUPLO (ar confinado)	07/06 à 12/06	FECHADA
		13/06 à 18/06	ABERTA L – O
		20/06 à 25/06	ABERTA N – S
3ª	DUPLO (fibra de coco)	16/08 à 21/08	FECHADA
		22/08 à 27/08	ABERTA L – O
		28/08 à 02/09	ABERTA N – S

As variáveis avaliadas nesta pesquisa foram: temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade relativa do ar. A seguir são apresentados os equipamentos empregados neste experimento.

## 7.2.2. Equipamentos utilizados nas medições

Os equipamentos foram posicionados no centro de cada um dos protótipos, em um tripé a 1,10m do piso pronto, seguindo as normas estabelecidas pela ISO 7726 (1998), com a finalidade de fazer uma análise simultânea da situação de conforto térmico nas diferentes implantações. Os equipamentos foram cedidos pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

### 7.2.2.1. Temperatura do ar

Para verificação da temperatura do ar e da superfície interna do painel de fechamento na fachada leste, foram utilizados sensores de temperatura acoplados a dataloggers da marca Testo, modelo 175-3, com programação compatível com o software Windows que acompanha o equipamento (ver fig. 7.4 e 7.5). Possui temperatura de armazenamento na faixa de -40.0 a 70.0 °C, e temperatura operacional entre -35.0 a 70.0 °C, com resolução de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (-35.0 a 70.0°C), e precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (-35.0 a 50.0°C).



Figura 7.4: Datalogger Testo175-3.



Figura 7.5: Datalogger Testo175-3 (temp. superficial)

### 7.2.2.2. Temperatura radiante média

Para avaliação desta variável foi utilizado termômetro de globo, que corresponde a uma esfera oca de cobre pintada de preto fosco, com diâmetro de 15cm, acoplado a um datalogger da marca Testo modelo 175-T2. Possui temperatura de armazenamento na faixa de -40.0 a 80.0 °C, e temperatura operacional entre -35.0 a 70.0 °C, com resolução de  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  (-35.0 a 20.1°C),  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  (-20.0 a 70.0°C) e precisão de  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  (-35.0 a 20.1°C),  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (-20.0 a 70.0°C).



Figura 7.6: Datalogger Testo 175-T2.



Figura 7.7: Termômetro de globo.

### 7.2.2.3. Umidade relativa do ar

Para verificação da umidade relativa do ar, foram utilizados sensores de umidade relativa acoplados a dataloggers da marca Testo, modelo 175-2 (ver fig. 7.8). A temperatura operacional é de -10° a 50° (resolução de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e precisão de 0,5°C) e a umidade relativa, possui faixa de medição, variando de 2.0 a 98% (resolução de  $\pm 0,1\%$  e precisão de  $\pm 3,0\%$ ).



Figura 7.8: Datalogger Testo175-2.

#### 7.2.2.4. Velocidade relativa do ar

Para verificação da velocidade relativa do ar foi utilizado termoanemômetro digital portátil com sensor de fio quente, da marca Testo, modelo 445, alimentado com pilhas de 9 v (ver fig. 7.9). A temperatura operacional é de 0° a 50° (resolução de 0,1°C e precisão de 0,8°C) e a umidade relativa de operação menor que 80%. A escala do anemômetro é de 0,2 m/s a 20,0 m/s, com resolução de  $\pm 0,01$  m/s (0.0 a 10.0 m/s),  $\pm 0,1$  m/s (10.1 a 20.0 m/s).



Figura 7.9: Termoanemômetro Testo 445.

## 8. Análise – Norma da ABNT

### 8.1. Parte 2: Propriedades térmicas dos componentes

Determina-se neste item as propriedades térmicas: resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar, para os três tipos de situações de fechamentos descritos no item 7.1.1.3, segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1998b).

Tabela 8. 1: Propriedades térmicas dos materiais empregados na pesquisa

Propriedades Térmicas	Material	
	Jatobá ( <i>Hymenaea courbari L.</i> )	Fibra de coco
Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) – Kg/m <sup>3</sup>	890	100
Condutividade térmica ( $\lambda$ ) – W/(m.K)	0,29	0,045
Calor específico (c) – KJ/(Kg.K)	1,34	0,70
Absortância ( $\alpha$ ) – cor vermelha	0,74	0,70
Espessura (e) –	0,019	0,05

Fonte: ABNT (1998b).

### 8.1.1. Paineis simples

Considera-se um painel simples conforme figura 8.1



Figura 8.1: Painel de madeira simples.

#### a) Resistência térmica da parede:

$$R_t = \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}}$$

$$R_t = \frac{0,019}{0,29} = 0,0655(m^2.K) / W$$

#### b) Resistência térmica total:

$$R_T = R_{Si} + R_t + R_{Se}$$

Onde:

$$R_{Si} = 0,13$$

$$R_{Se} = 0,04$$

$$R_T = 0,13 + 0,0655 + 0,04$$

$$R_T = 0,2355(m^2.K) / W$$

#### c) Transmitância térmica

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{0,2355} = 4,25W / (m^2.K)$$

**d) Capacidade térmica da parede:**

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times R_i \times c_i \times \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \times c_i \times \rho_i$$

$$C_T = 0,019 \times 1,34 \times 890$$

$$C_T = 23 \text{ KJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**e) Atraso térmico:**

$$\varphi = 0,7284 \times \sqrt{R_t \times C_T}$$

$$\varphi = 0,7284 \times \sqrt{0,0655 \times 23}$$

$$\varphi = 0,9h$$

**f) Fator de calor solar:**

$$FS = 4 \times U \times \alpha$$

$$FS = 4 \times 4,25 \times 0,74$$

$$FS = 12,6\%$$

### 8.1.2. Painel duplo com ar confinado

Considera-se um painel duplo com ar confinado conforme figura 8.2.

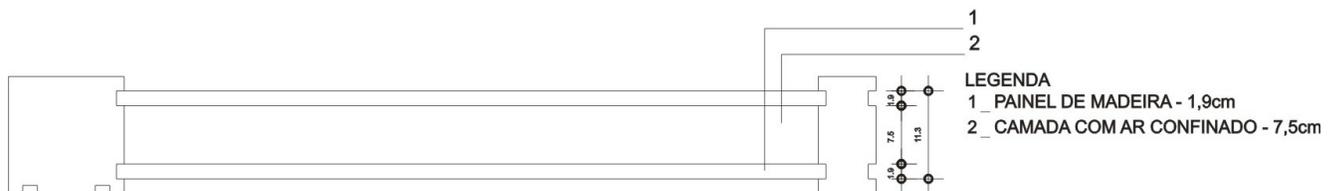


Figura 8.2: Painel de madeira duplo com ar confinado.

**a) Resistência térmica da parede:**

$$R_t = \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}} + R_{ar} + \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}}$$

$$R_t = \frac{0,019}{0,29} + 0,17 + \frac{0,019}{0,29} = 0,3010(m^2.K)/W$$

**b) Resistência térmica total:**

$$R_T = R_{Si} + R_t + R_{Se}$$

Onde:

$$R_{Si} = 0,13$$

$$R_{Se} = 0,04$$

$$R_T = 0,13 + 0,3010 + 0,04$$

$$R_T = 0,4710(m^2.K)/W$$

**c) Transmitância térmica**

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{0,4710} = 2,12W/(m^2.K)$$

**d) Capacidade térmica da parede:**

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times R_i \times c_i \times \rho_i = (e \times c \times \rho)_{madeira} + (e \times c \times \rho)_{ar} + (e \times c \times \rho)_{madeira}$$

$$C_T = 0,019 \times 1,34 \times 890 + 0 + 0,019 \times 1,34 \times 890$$

$$C_T = 45KJ/(m^2.K)$$

**e) Atraso térmico:**

$$B_0 = C_T - C_{Text}$$

$$B_0 = 45 - 23$$

$$B_0 = 22$$

$$B_1 = 0,226 \times \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_1 = 0,226 \times \frac{22}{0,3010} = 17$$

$$B_2 = 0,205 \times \left[ \frac{(\lambda \times \rho \times c)_{ext}}{R_t} \right] \times \left[ R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right]$$

$$B_2 = 0,205 \times \left[ \frac{(0,29 \times 890 \times 1,34)_{ext}}{0,3010} \right] \times \left[ \frac{0,019}{0,29} - \frac{0,3010 - 0,019 / 0,29}{10} \right] = 9,9$$

$$\varphi = 1,382 \times R_t \times \sqrt{B_1 + B_2}$$

$$\varphi = 1,382 \times R_t \times \sqrt{17 + 9,9} = 2,2h$$

**f) Fator de calor solar:**

$$FS = 4 \times U \times \alpha$$

$$FS = 4 \times 2,12 \times 0,74$$

$$FS = 6,3\%$$

### 8.1.3. Painel duplo com fibra de coco

Considera-se um painel duplo com fibra de coco conforme figura 8.3.



Figura 8.3: Painel de madeira dupla com isolante térmico – fibra de coco.

**a) Resistência térmica da parede:**

$$R_t = \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}} + \frac{e_{fibradecoco}}{\lambda_{fibradecoco}} + \frac{e_{madeira}}{\lambda_{madeira}}$$

$$R_t = \frac{0,019}{0,29} + \frac{0,05}{0,045} + \frac{0,019}{0,29} = 1,2421(m^2.K)/W$$

**b) Resistência térmica total:**

$$R_T = R_{Si} + R_t + R_{Se}$$

Onde:

$$R_{Si} = 0,13$$

$$R_{Se} = 0,04$$

$$R_T = 0,13 + 1,2421 + 0,04$$

$$R_T = 1,4121(m^2.K)/W$$

**c) Transmitância térmica**

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{1,412} = 0,71W/(m^2.K)$$

**d) Capacidade térmica da parede:**

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times R_i \times c_i \times \rho_i = (e \times c \times \rho)_{madeira} + (e \times c \times \rho)_{fibradecoco} + (e \times c \times \rho)_{madeira}$$

$$C_T = 0,019 \times 1,34 \times 890 + 0,05 \times 0,70 \times 100 + 0,019 \times 1,34 \times 890$$

$$C_T = 49KJ/(m^2.K)$$

**e) Atraso térmico:**

$$B_0 = C_T - C_{Text}$$

$$B_0 = 49 - 23$$

$$B_0 = 26$$

$$B_1 = 0,226 \times \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_1 = 0,226 \times \frac{26}{1,2421} = 5$$

$$B_2 = 0,205 \times \left[ \frac{(\lambda \times \rho \times c)_{ext}}{R_t} \right] \times \left[ R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right]$$

$$B_2 = 0,205 \times \left[ \frac{(0,29 \times 890 \times 1,34)_{ext}}{1,2421} \right] \times \left[ \frac{0,019}{0,29} - \frac{1,2421 - 0,019/0,29}{10} \right] = -3$$

$$\varphi = 1,382 \times R_t \times \sqrt{B_1 + B_2}$$

$$\varphi = 1,382 \times 1,2421 \times \sqrt{5 + 0} = 3,8h$$

**f) Fator de calor solar:**

$$FS = 4 \times U \times \alpha$$

$$FS = 4 \times 0,71 \times 0,74$$

$$FS = 2,1\%$$

### 8.1.4. Análise dos resultados dos painéis

Analisando os resultados, com base na tabela 8.2, pode-se observar que o painel simples é o que apresenta pior desempenho, acarretando a passagem do calor para o interior do ambiente no menor tempo entre os painéis estudados. Isso confirma a baixa inércia térmica desse tipo de painel.

Com relação ao painel duplo com ar confinado, os resultados demonstraram um desempenho melhor do que o anterior, com maior resistência térmica total da parede, assim como maior capacidade térmica. O atraso térmico, também apresentou bons resultados, aumentando o tempo de passagem do calor para o interior do ambiente.

Tabela 8. 2: Resultados do cálculo das propriedades térmicas dos componentes

Propriedades Térmicas ABNT (1998b)	Painel		
	Simple	Duplo ar confinado	Duplo fib. de coco
Resistência térmica da parede ( $R_t$ ) – $m^2.k/W$	0,0655	0,3010	1,2421
Resistência térmica total ( $R_T$ ) – $m^2.k/W$	0,2355	0,4710	1,4121
Transmitância térmica ( $U$ ) – $W/m^2.k$	4,25	2,12	0,71
Capacidade térmica da parede ( $C_T$ ) – $KJ/m^2.K$	23	45	49
Atraso térmico ( $\varphi$ ) – h	0,9	2,2	3,8
Fator de calor solar ( $FS$ ) – %	12,6	6,3	2,1

Porém, entre todos os painéis estudados, o que obteve o melhor desempenho foi o duplo com fibra de coco, pois apresentou em todos os itens valores que retratam a maior qualidade em relação aos demais, no que se refere a questão do conforto térmico interno.

## 8.2. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes Construtivas

A seguir, apresenta-se com base na ABNT (1998c), diretrizes construtivas relativas às aberturas, fechamentos, coberturas e estratégias de condicionamento térmico passivo para Belém/Pa, região que a norma classifica na zona bioclimática 8.

### 8.2.1. Diretrizes construtivas

- Quanto às aberturas para ventilação, essas devem ser grandes com área maior que 40% (em % da área do piso);
- Quanto ao sombreamento, as aberturas devem ser protegidas por beirais longos ou marquises;
- Quanto às propriedades térmicas:
  - Paredes leves refletoras:  $U \leq 3,60W / m^2.K$   
 $\varphi \leq 4,3horas$   
 $FCS \leq 4,0\%$
  - Coberturas leves refletoras:  $U \leq 2,30W / m^2.K$   
 $\varphi \leq 3,3horas$   
 $FCS \leq 6,5\%$

### 8.2.1. Estratégias de condicionamento térmico passivo

- A desumidificação dos ambientes é conseguida pela renovação do ar interno pelo ar externo, através da ventilação dos ambientes, o que irá melhorar as sensações térmicas;

- A ventilação cruzada é conseguida pelo posicionamento de janelas e portas em paredes opostas, ou seja, é necessário que ambas estejam abertas, de forma a permitir a entrada e saída do ar, circulando pelo ambiente. Outro fator que pode incrementar a ventilação é o posicionamento das aberturas em relação aos ventos dominantes, atentando para o entorno, que pode influenciar na direção dos ventos;
- O resfriamento artificial será necessário em alguns momentos, para melhorar as sensações de desconforto com o calor.

## 9. Análise dos resultados

---

A seguir, serão apresentados os resultados das medições “*in loco*”, realizadas nos protótipos e analisadas de acordo com as determinações abaixo:

1. Análise descritiva das médias das temperaturas interna e externa do ar, comparando o desempenho dos protótipos posicionados no sol e na sombra;
2. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar, comparando os três tipos de painéis de fechamento dos protótipos;
3. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar, comparando as três situações de abertura de janela nos protótipos;
4. Análise descritiva do conforto térmico através do software de Conforto 2.02, que aplica o Método de Fanger para obter os índices de satisfação térmica do ambiente.

As fases e o período das medições estão detalhados no item 7.2.1, do capítulo 7. As variáveis do ambiente externo foram obtidas através da estação meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, localizada a, aproximadamente 50m do protótipo no sol e 100m do protótipo na sombra. Os dados externos, assim como os dados das médias das variáveis ambientais – temperatura do ar,

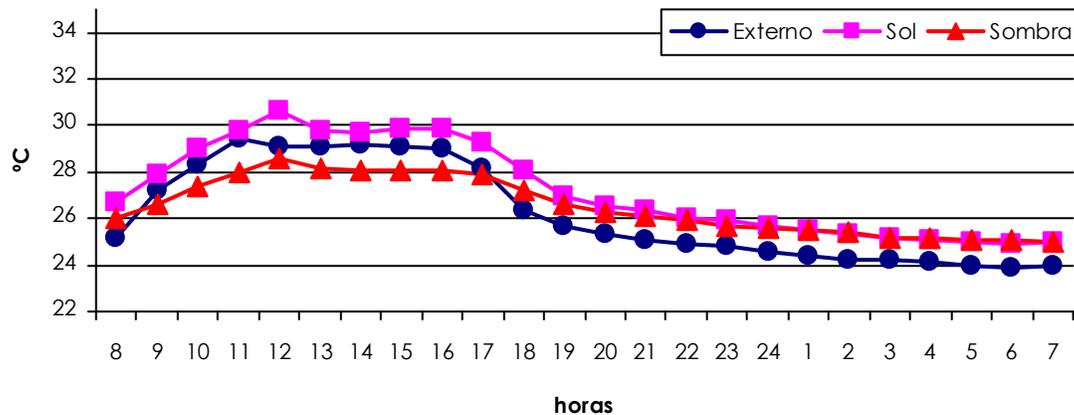
temperatura radiante média, temperatura superficial, umidade relativa do ar e velocidade relativa do ar – coletados nas medições “*in loco*”, estão demonstrados através de gráficos e tabelas e disponibilizados nos Apêndices.

## **9.1. Análise descritiva das médias das temperaturas interna e externas do ar**

Para esta análise, foram determinadas as médias das variáveis ambientais internas e externas, de cada período por hora. As avaliações concentraram-se em analisar separadamente cada configuração de painel de fechamento, com as aberturas de janelas correspondentes, fazendo associação dos protótipos localizados no sol e na sombra com os dados externos do local. Para ilustrar os comentários será apresentado um gráfico para cada configuração de painel, ficando os demais gráficos demonstrados no Apêndice B.

### **1. Painel Simples – Janela Fechada**

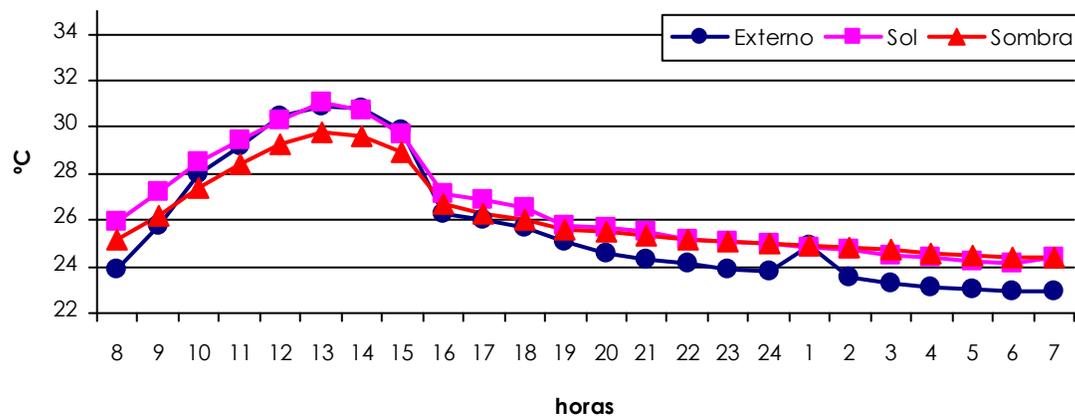
Nessa situação, o protótipo localizado no sol manteve sempre sua temperatura mais elevada do que a do ar externo, com a diferença entre as médias externa e interna de 1,1 °C. Verificou-se, também, que o protótipo posicionado no sol manteve a temperatura mais alta do que aquele posicionado na sombra, no período das 8h às 24h, com diferença entre as médias de 0,8°C e as máximas de 2°C. Nas horas seguintes suas temperaturas aproximaram-se. Observou-se, ainda, que a Temperatura interna do protótipo na sombra, durante o intervalo das 9h às 17h, conseguiu manter-se abaixo do que a do ar externo, começando a subir às 18h, permanecendo assim por toda a madrugada. O que leva a concluir que a sombra, promovida pelas árvores de grande e médio porte, amenizou as temperaturas no interior do protótipo no período diurno. Porém, no período noturno, o calor recebido por seus painéis de fechamento começou a ser transmitido para o ambiente interno, elevando a Temperatura dentro do protótipo acima do ar externo. Ver gráfico 9.1.



**Gráfico 9.1** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005.

## 2. Painel Simplex – Janela Aberta L/O

Nesse caso, o protótipo localizado no sol manteve por quase todo o período temperatura superior à do ar externo, com uma diferença entre suas médias de 0,8°C. Comparando o protótipo no sol com o posicionado na sombra, observa-se que, no primeiro, sua temperatura esteve mais elevada, no período das 8h às 21h, com uma diferença entre as médias de 0,3°C e entre as máximas de 1,3°C. A partir desse momento, suas temperaturas aproximaram-se, com um discreto aumento em torno de 0,3°C, no intervalo de 1h às 6h, para o protótipo na sombra. Relacionando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que durante o intervalo das 10h às 15h, o protótipo conseguiu manter-se com sua temperatura abaixo do que a do ar externo, começando a subir às 16h, permanecendo nessa configuração por toda a madrugada. Nessa situação, a sombra, também, atuou como fator importante no controle das temperaturas no interior do protótipo no período diurno. Porém, assim como na situação anterior o calor recebido por seus painéis de fechamento ao longo do dia, começou a ser transmitido para o ambiente interno, elevando sua temperatura, ao longo da madrugada. Ver gráfico 9.2.

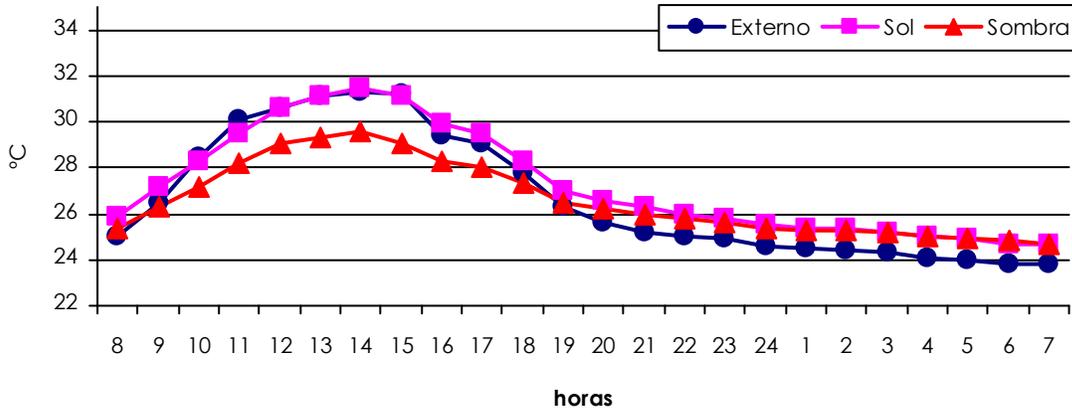


**Gráfico 9.2** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005.

### 3. Painel Simplex – Janela Aberta N/S

Nessa situação, o protótipo localizado no sol apresentou temperaturas próximas às do ar externo. Apenas, em um único momento esteve com temperatura abaixo que o ar externo, com diferença máxima de 0,6°C às 11h, porém no restante do período ficou sempre acima, com diferença entre suas médias de 0,6°C. Atingiu igualdade de temperaturas em dois horários, às 12 e 13h. Verificou-se, também, que o protótipo no sol manteve temperaturas elevadas, comparando com aquele posicionado na sombra e, por quase todo o período, com diferença entre as máximas registradas às 14h, da ordem de 1,9°C. Relacionando o protótipo na sombra com o ar externo, observa-se que durante o intervalo das 9h às 18h, o protótipo conseguiu manter-se com temperaturas abaixo do que as do ar externo, começando a subir às 19h, e permaneceu nessa configuração por toda a madrugada até o início da manhã. O fato de o protótipo no sol ter apresentado um comportamento semelhante em relação ao do ar externo, com temperaturas praticamente iguais no período diurno, pode ser explicado pela falta de ventilação adequada, pois as janelas, na ocasião, não estavam abertas para a direção dos ventos predominantes e, ainda, pelo seu posicionamento ter ficado em uma área sem proteção contra a radiação solar. Ao contrário, o protótipo localizado na sombra apresentou temperaturas mais

baixas que o ar externo na maior parte do período diurno, porém do entardecer até a madrugada todo o calor armazenado nos painéis de fechamentos foi transmitido para o interior do protótipo, elevando sua temperatura, porém sempre próxima aos valores, de temperatura, registrados no ar externo. Ver gráfico 9.3.

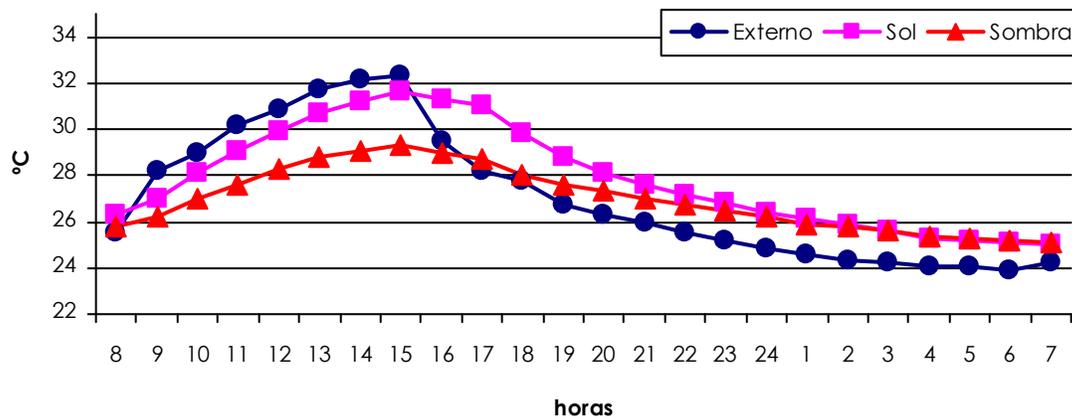


**Gráfico 9.3** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005.

#### 4. Painel Duplo c/ ar – Janela Fechada

Nessa situação, o protótipo localizado no sol apresentou temperaturas mais baixas do que a do ar externo, no intervalo de 9h às 15h, no restante do período ficou sempre acima, com a diferença entre as médias externa e interna de 0,8 °C. Verificou-se, também, que o protótipo posicionado no sol manteve a temperatura mais alta do que aquele posicionado na sombra, no período das 8h às 3h da madrugada, ou seja, na maior parte do período, com diferença entre as médias de 0,9°C e as máximas de 2,3°C. Nas horas seguintes, suas temperaturas aproximaram-se. Observou-se, ainda, que a temperatura interna do protótipo na sombra, durante o intervalo das 9h às 16h, conseguiu manter-se abaixo do que a do ar externa, começando a subir às 17h, permanecendo assim por toda a madrugada e início da manhã. O que leva a concluir que no protótipo posicionado no sol o painel duplo conteve a elevação da temperatura em seu interior, no período mencionado. Para o protótipo na sombra, além do painel

duplo, o sombreamento, também, foi determinante para manter as temperaturas mais baixas no interior do protótipo no período diurno. Ver gráfico 9.4.

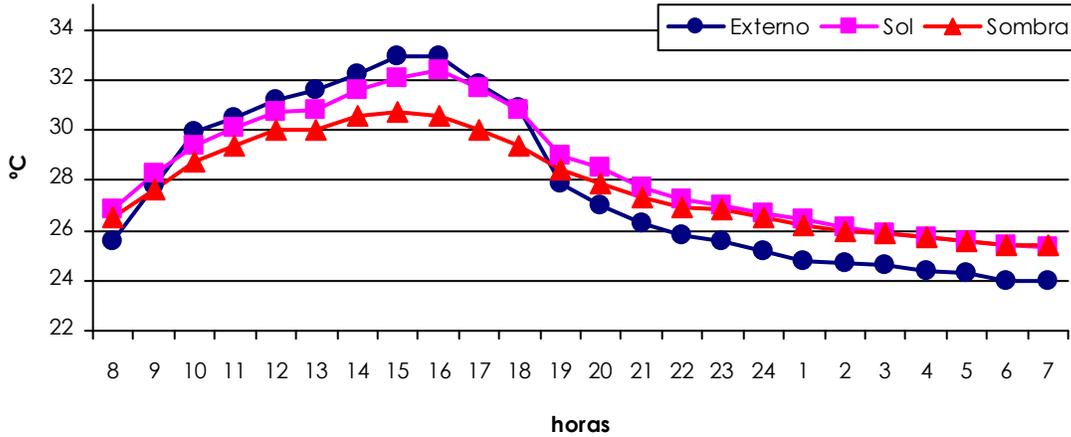


**Gráfico 9.4** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005.

## 5. Painel Duplo c/ ar – Janela Aberta L/O

Nesse caso, o protótipo localizado no sol apresentou temperaturas mais baixas do que a do ar externo, no intervalo de 10h às 18h. No restante do período ficou sempre acima, com a diferença entre as médias externa e interna de 0,6 °C. Comparando o protótipo no sol com o posicionado na sombra, observa-se que no primeiro, sua temperatura esteve mais elevada, no intervalo de 8h e 1h da madrugada. A partir desse momento, suas temperaturas aproximaram-se, até se igualarem, no intervalo de 3h às 6h, com diferença entre as médias, em todo o período, de 0,6°C e entre as máximas de 1,7°C. Relacionando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que durante o intervalo das 9h às 18h, o protótipo conseguiu manter sua temperatura abaixo que a do ar externo, começando a subir às 19h, permanecendo nessa configuração por toda a madrugada até o início da manhã. Assim como na situação anterior, o painel duplo com ar confinado não permitiu que as temperaturas no interior dos dois protótipos ultrapassassem a temperatura do ar externo durante o período diurno. Outro ponto positivo foi a abertura de janelas ter sido, nessa situação, orientada para a direção dos ventos predominantes. E no caso específico do protótipo na

sombra, sua condição ficou ainda melhor, pois conseguiu manter-se com temperaturas inferiores às do ar externo, por um período maior (9h) que o protótipo no sol (8h). Ver gráfico 9.5.

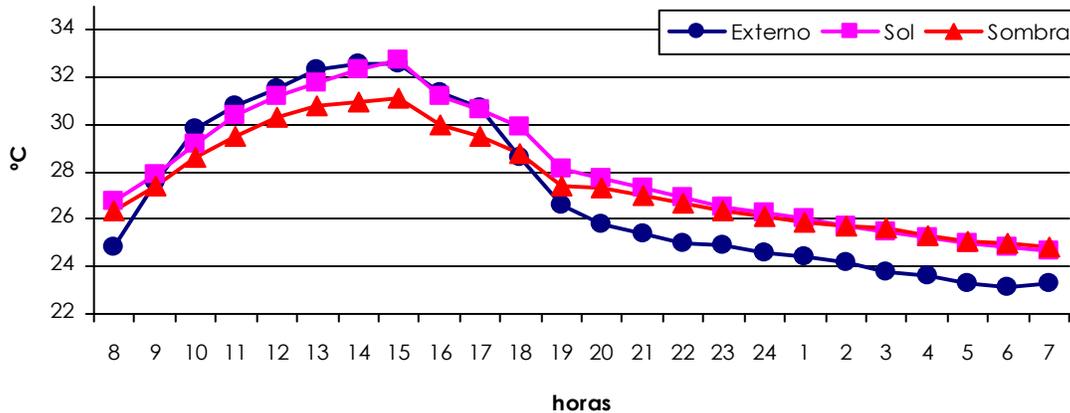


**Gráfico 9.5** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005.

## 6. Painel Duplo c/ ar – Janela Aberta N/S

Nesse caso, o protótipo localizado no sol apresentou temperaturas mais baixas do que a do ar externo, no intervalo de 10h às 14h, no restante do período ficou sempre acima, com a diferença entre as médias externa e interna de 1 °C. Relacionando o protótipo posicionado no sol com o da sombra, observa-se que, no primeiro, sua temperatura esteve mais elevada, no intervalo de 8h e 1h da madrugada. A partir desse momento, suas temperaturas aproximaram-se, até se igualarem às 2h, e de 3h às 7h. O protótipo na sombra apresentou um discreto aumento, ficando em todo o período, com diferença entre as médias, de 0,5°C e entre as máximas de 1,6°C. Relacionando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que, durante o intervalo das 9h às 17h, o protótipo conseguiu manter sua temperatura abaixo que a do ar externo. Na hora seguinte, começa a subir, permanecendo elevada por toda a madrugada até o início da manhã. Ao contrário da situação anterior, apesar de o painel duplo com ar confinado conseguir manter as temperaturas internas dos protótipos abaixo das do ar externo, o fato de não estarem com as aberturas direcionadas para a orientação

dos ventos predominantes, reduziu este período de temperaturas baixas, no sol, para 4h e, na sombra, para 8h. Ver gráfico 9.6.

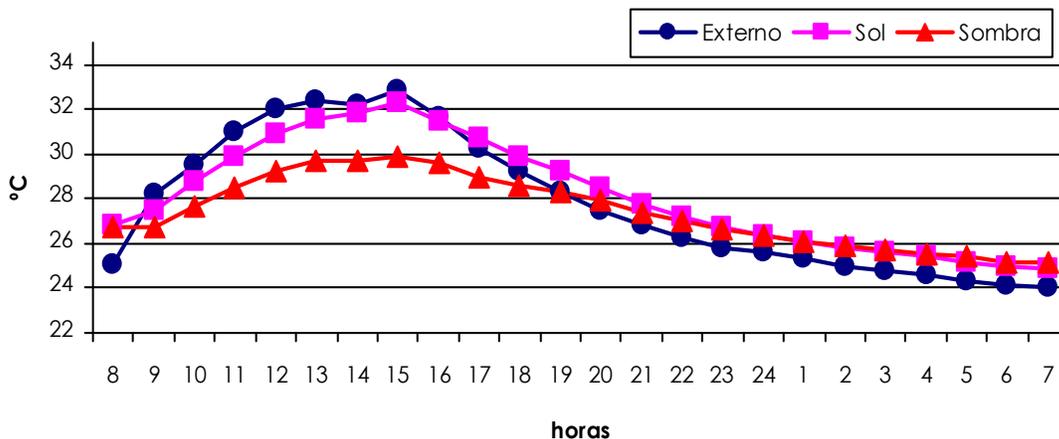


**Gráfico 9.6** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005.

### 7. Painel Duplo c/ fibra – Janela Fechada

Nessa configuração, o protótipo localizado no sol apresentou temperaturas mais baixas do que a do ar externo, no intervalo de 9h às 16h. No restante do período ficou sempre acima, com a diferença entre as médias externa e interna de 0,3 °C. Verificou-se que o protótipo posicionado no sol, comparado com o da sombra, apresenta temperaturas mais elevadas, no período de 8h às 22h. A partir desse horário, suas temperaturas igualam-se nos dois horários seguintes, e de 2h às 7h, o protótipo na sombra apresentou um discreto aumento, ficando em todo o período, com diferença entre as médias, de 0,7°C e entre as máximas de 2,4°C. Relacionando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que durante o intervalo das 9h às 18h, o protótipo conseguiu manter sua temperatura abaixo que a do ar externo. Na hora seguinte, começa a subir, permanecendo elevada por toda a madrugada até o início da manhã. Nessa configuração com painel duplo com fibra de coco, nos dois protótipos, as temperaturas internas ficaram inferiores, às registradas no ambiente externo. No período de presença de sol e, no período da noite, as temperaturas ficaram superiores, porém próximas às do ar

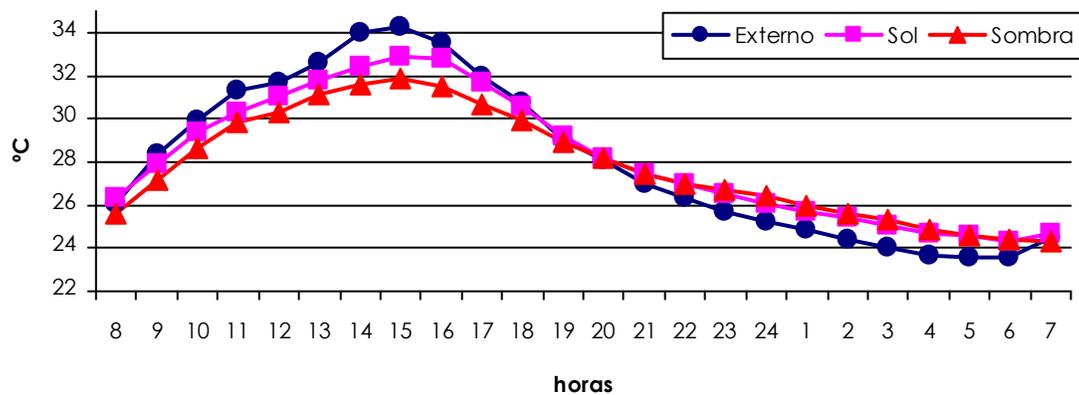
externo, quando o calor recebido durante o dia é transmitido ao ambiente interno. Ver gráfico 9.7.



**Gráfico 9.7** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005.

## 8. Painel Duplo c/ fibra – Janela Aberta L/O

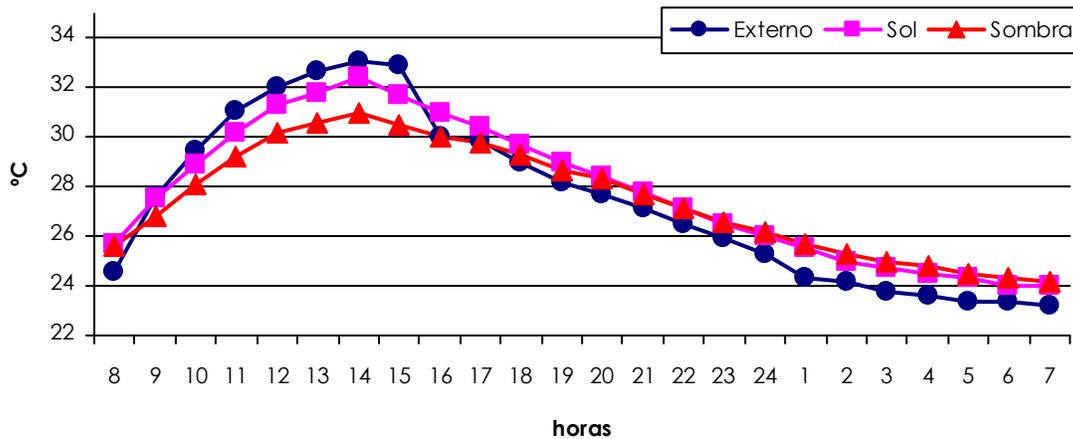
Assim como na situação anterior, o protótipo situado no sol apresentou temperaturas abaixo das registradas no ar externo, no intervalo de 9h às 18h. No restante do período ficou acima, com temperaturas bem próximas e, diferença entre as médias externa e interna de 0,1 °C. Verificou-se que as temperaturas do protótipo posicionado no sol apresentaram temperaturas mais elevadas, do que o da sombra, no período de 7h às 19h. Em seguida observaram-se temperaturas iguais nos próximos três horários e, a partir das 23h, o protótipo na sombra registrou temperaturas mais elevadas, ficando por todo o período, com diferença entre as médias, de 0,4°C e entre as máximas de 1°C. Comparando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que durante o intervalo das 7h às 19h, o protótipo manteve, em seu interior, temperaturas inferiores às do ar externo, que começaram a subir a partir das 20h, permanecendo elevada por toda a madrugada até o início da manhã. Da mesma maneira que na configuração anterior, o painel duplo com fibra de coco manteve sua temperatura inferior à externa, no período diurno e superior à noite e madrugada, com as temperaturas registradas nos protótipos próximas às do o ar externo. Ver gráfico 9.8.



**Gráfico 9.8** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005.

### 9. Painel Duplo c/ fibra – Janela Aberta N/S

Nessa configuração, o protótipo situado no sol apresentou temperaturas abaixo das registradas no ar externo, no intervalo de 9h às 15h. No restante do período, as temperaturas se elevaram, porém ficaram bem próximas. As temperaturas máximas registradas foram às 14h, ficando o ar externo 0,7°C acima do protótipo no sol. Verificou-se que as temperaturas do protótipo posicionado na sombra apresentaram temperaturas abaixo das registradas no protótipo posicionado no sol, no período das 8h às 21h. Na hora seguinte, houve uma igualdade de valores e, a partir das 23h, o protótipo na sombra registrou temperaturas mais elevadas, ficando assim por todo o período. As temperaturas máximas foram registradas às 14h e, as diferenças nesse horário entre os protótipos no sol e na sombra ficaram em 1,4°C. Comparando o protótipo na sombra com o ar externo, percebe-se que durante o intervalo das 9h às 17h, o protótipo manteve, em seu interior, temperaturas inferiores às do ar externo, que começaram a subir a partir 18h, permanecendo elevada por toda a madrugada até o início da manhã. Em relação à situação anterior, o painel duplo com fibra de coco manteve sua temperatura inferior à externa no período diurno, porém por um menor período de tempo. Durante a noite e a madrugada, as temperaturas internas se elevaram em relação ao ar externo, caracterizando a maior duração no período. Ver gráfico 9.9.



**Gráfico 9.9** – Médias das Temperaturas do Ar (TA) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005.

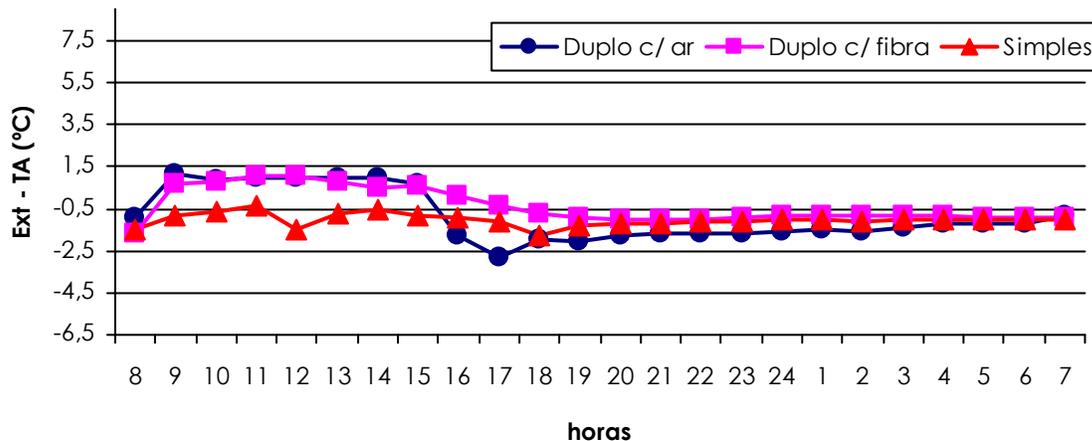
## 9.2. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar comparando os três tipos de painéis de fechamento

Para esta análise, foram determinadas as diferenças das médias das temperaturas externas e internas, de cada período por hora. As avaliações concentraram-se em analisar separadamente cada posicionamento dos protótipos, com as aberturas de janelas correspondentes, fazendo associação com os três tipos de painéis de fechamento. Para ilustrar os comentários, será apresentado um gráfico para cada situação, ficando os demais gráficos demonstrados no Apêndice C.

### 1. Sol – Janelas Fechadas

Nesse posicionamento, o painel simples apresentou o pior desempenho, pois manteve diferenças negativas por o todo o período, isto é, esteve sempre com temperatura superior à do ar externo. Comparando o painel duplo com ar confinado e o duplo com fibra de coco, percebe-se que o segundo apresentou resultado mais satisfatório, pois esteve durante 7h com seus valores positivos, enquanto que o primeiro ficou uma hora a menos nessa condição. O período

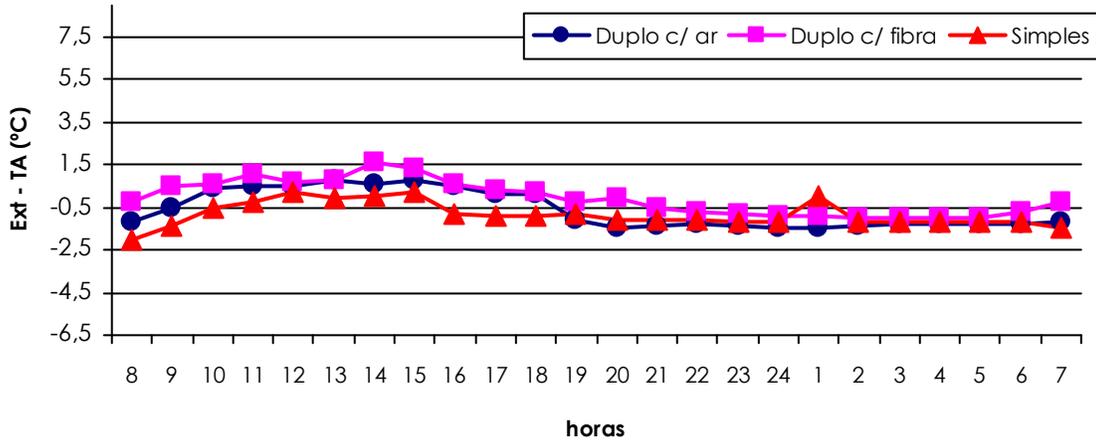
diurno foi o de melhor desempenho, (9h às 16h) com o painel com fibra de coco. Ver gráfico 9.10.



**Gráfico 9.10** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (*Ext*) e aquelas obtidas nos protótipos (*TA*), com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

## 2. Sol – Janelas Abertas L/O

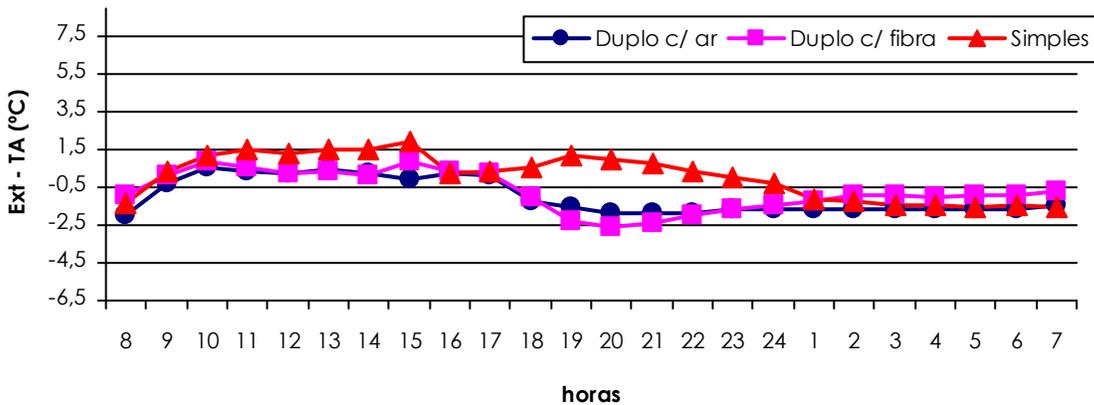
O pior desempenho, ainda, foi do painel simples, porém, teve registro de dois horários de igualdade com o ar externo, às 14h e 1h da madrugada e, às 15h ficou com valor positivo, isto é, na maior parte do tempo sua temperatura foi superior à do ar externo. Comparando o painel duplo com ar confinado com o duplo com fibra de coco, percebe-se que o segundo apresentou resultado mais satisfatório, pois esteve durante 9h com seus valores positivos, enquanto que o primeiro ficou uma hora a menos nessa condição. O período diurno foi o de melhor desempenho, (9h às 18h) com o painel com fibra de coco. Gráfico 9.11.



**Gráfico 9.11** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

### 3. Sol – Janelas Abertas N/S

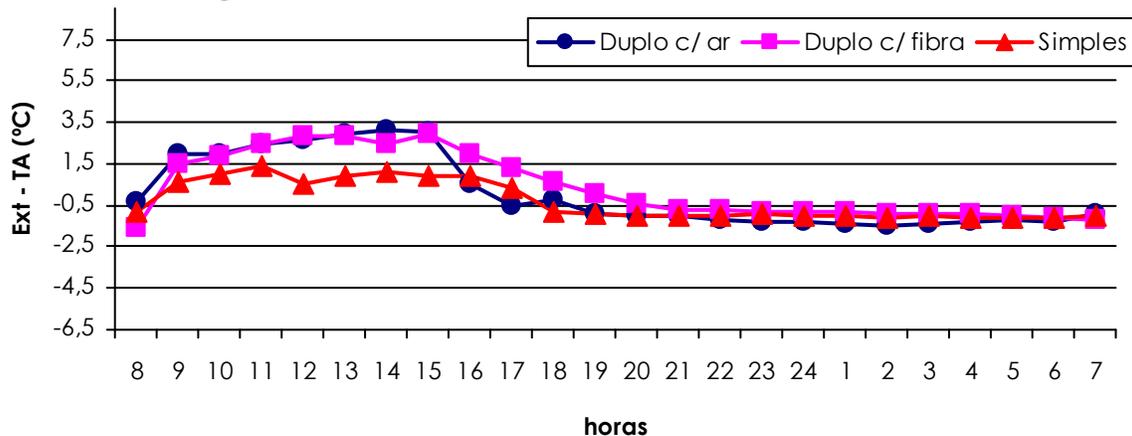
Nesse posicionamento, o desempenho do painel simples foi melhor em relação aos demais, teve registro positivo de diferença de temperatura das 9h às 23h, isto é, na maior parte do período sua temperatura foi inferior à do ar externo, diferença máxima positiva de 1,9°C (15h). Comparando o painel duplo com ar confinado com o duplo com fibra de coco, percebe-se que o segundo apresentou resultado mais satisfatório, pois esteve durante 8h com seus valores positivos, enquanto que o primeiro ficou uma hora a menos nessa condição, sendo que as temperaturas positivas ocorreram de 10h às 17h (máxima de 0,6°C) e, de 9h às 17h (máxima de 0,9°C), respectivamente. Gráfico 9.12.



**Gráfico 9.12** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

#### 4. Sombra – Janelas Fechadas

O painel simples, apesar de ter registro de valores positivos de 9h às 17h, com diferença máxima de 1,4°C, foi o que apresentou pior desempenho, pois esteve sempre com valores abaixo dos registrados no dois outros painéis. Relacionando o painel duplo com ar confinado com o duplo com fibra de coco, observou-se uma proximidade em seus valores, sendo que as temperaturas positivas ocorreram de 9h às 16h (máxima de 3,1°C) e, de 9h às 19h (máxima de 2,9°C), respectivamente. Conclui-se, portanto, que o painel duplo com fibra de coco foi o que apresentou as temperaturas mais baixas em relação ao ar externo por um período mais longo. Gráfico 9.13.

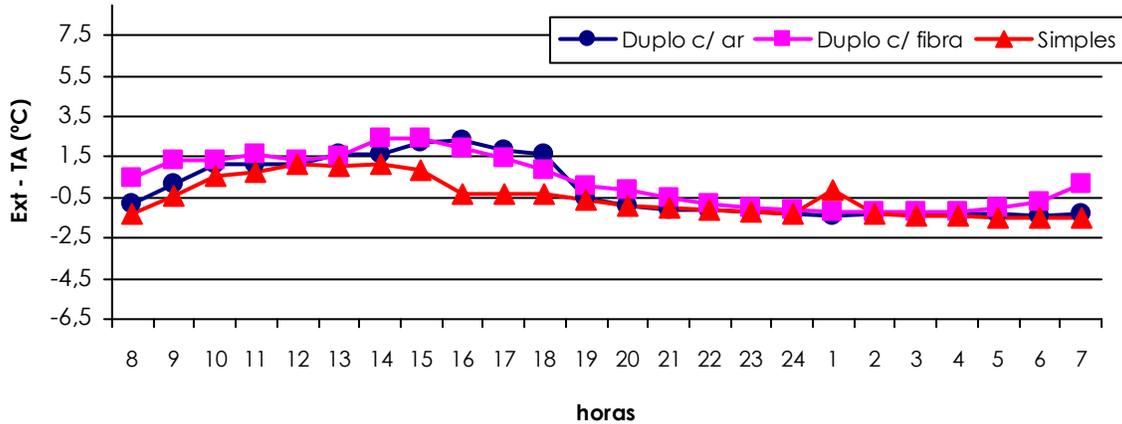


**Gráfico 9.13** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), com **JANELAS FECHADAS**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

#### 5. Sombra – Janelas Abertas L/O

O painel simples teve registro de valores positivos de 10h às 15h, com diferença máxima de 1,2°C às 12h, foi o que apresentou pior desempenho, pois esteve sempre com valores abaixo dos registrados no dois outros painéis. Na comparação do painel duplo com ar confinado e do duplo com fibra de coco, percebe-se que as temperaturas positivas ocorreram de 9h às 18h (máxima de 2,3°C) e, de 7h às 19h (máxima de 2,4°C), respectivamente. Assim como anterior, o painel duplo com fibra de coco foi o que apresentou as temperaturas mais

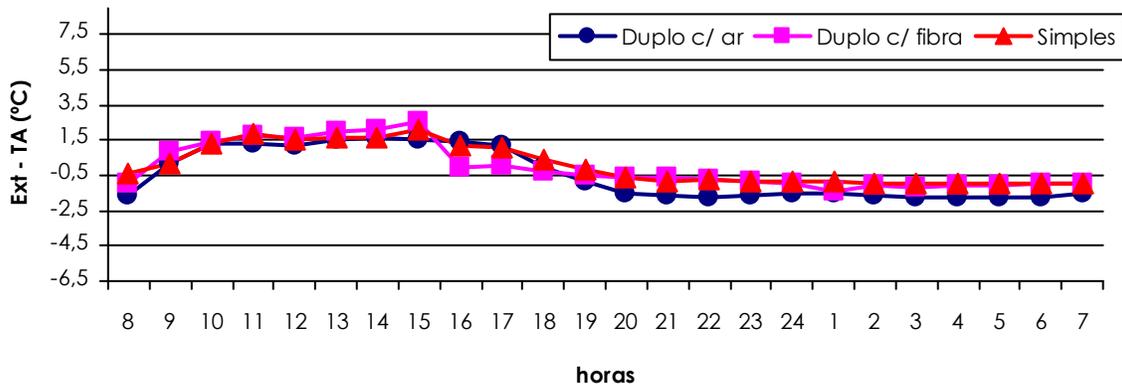
baixas em seu interior em relação ao ar externo por um período mais longo. Gráfico 9.14.



**Gráfico 9.14** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

## 6. Sombra – Janelas Abertas N/S

Nessa condição, os três painéis apresentaram desempenho similar. As temperaturas positivas no painel simples ocorreram de 9h às 18h (máxima de 2,1°C às 15h), no duplo com ar confinado de 9h às 17h (máxima de 1,6°C às 14h), no duplo com fibra de coco de 9h às 17h (máxima de 2,5°C às 15h). As diferenças negativas, que representam temperaturas internas superiores às externas, ocorreram com mais freqüência no painel duplo com ar confinado de 18h às 8h (mínima de -1,8°C às 5h e 6h). Gráfico 9.15.



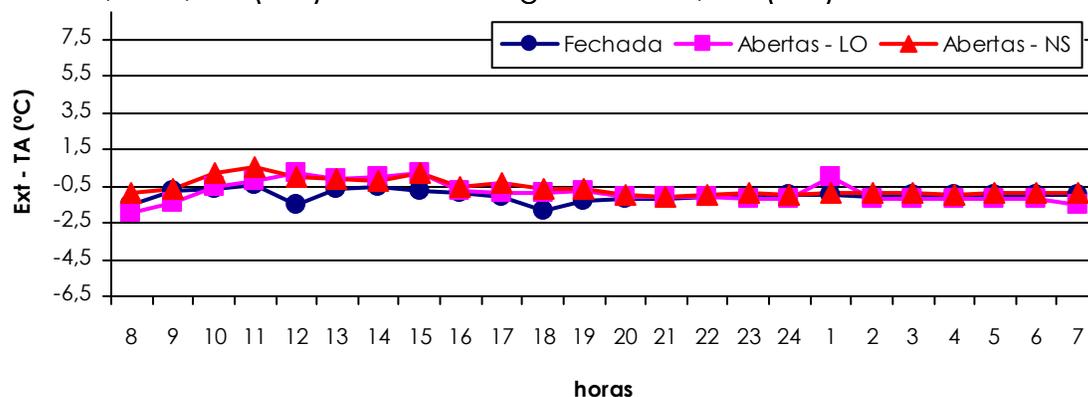
**Gráfico 9.15** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.

### 9.3. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar comparando as três situações de abertura de janela nos protótipos

Para esta análise, foram determinadas as diferenças das médias das temperaturas externas e internas, de cada período por hora. As avaliações concentraram-se em analisar separadamente cada posicionamento dos protótipos, com os três tipos de painéis de fechamento, fazendo associação com as três situações de abertura de janelas. Para ilustrar os comentários, será apresentado um gráfico para cada situação, ficando os demais gráficos demonstrados no Apêndice D.

#### 1. Sol – Painel Simples

A condição com a janela fechada representou o pior desempenho, pois manteve diferenças negativas por o todo o período, isto é, esteve sempre com temperatura superior à do ar externo. Na configuração seguinte, com aberturas leste-oeste (L/O), percebe-se que as temperaturas positivas ocorreram de 12h às 15h, com valor máximo positivo de 0,2°C (12h) e menor valor negativo de -2,0°C (8h). Quando as aberturas passam para a orientação norte-sul (N/S), as temperaturas positivas ocorreram das 10h às 12h, com diferenças máximas positivas, de 0,5°C (11h) e mínimas negativa de -1,1°C (21h). Gráfico 9.16.

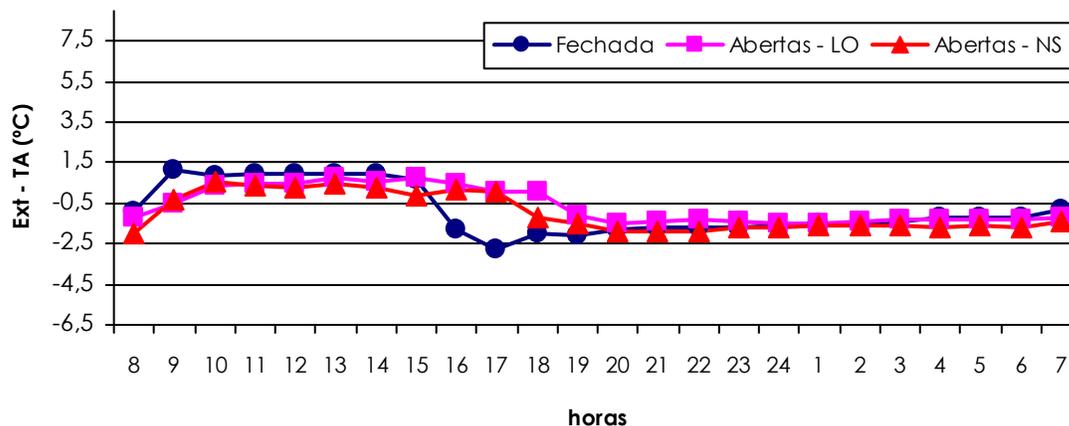


**Gráfico 9.16** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (*Ext*) e aquelas obtidas nos protótipos (*TA*), posicionados no **SOL**, utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

## 2. Sol – Painel Duplo com ar confinado

Com as janelas fechadas, foi registrado valor positivo de 9h às 15h, diferença máxima de 1,2°C (9h), que superou os outros tipos de abertura, porém não conseguiu manter-se nessa mesma conformação por muito tempo. Assim, apresentou a maior diferença de temperatura negativa às 17h (-2,8°C). Na abertura L/O e na N/S, observou-se uma proximidade de valores. As temperaturas positivas ocorreram, no primeiro, de 10h às 18h, com maior diferença positiva às 13h e 15h (0,8°C) e negativa às 24h e 1h (-1,5°C), na segunda abertura das 10h às 17h, a maior diferença positiva ocorreu às 13h (0,5°C) e negativa às 8h (-2,0°C). Em face desses dados, a abertura L/O foi a que apresentou, no geral, melhor situação, com temperaturas abaixo do ar externo por um período mais longo.

Gráfico 9.17.

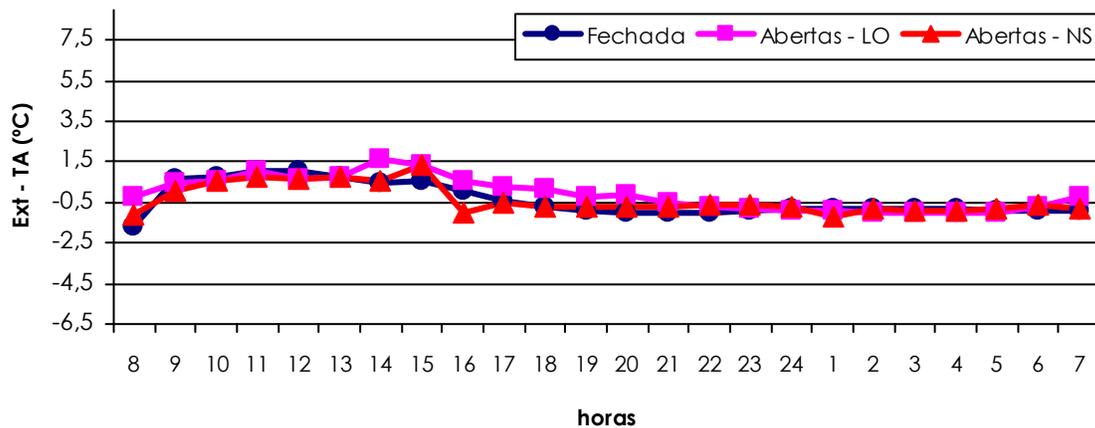


**Gráfico 9.17** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), posicionados no **SOL**, utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

## 3. Sol – Painel Duplo com fibra de coco

Nessa conformação, as diferenças positivas de temperaturas, para as janelas fechadas, ocorreram de 9h às 16h (máxima de 1,1°C às 11h e 12h), para as aberturas L/O de 9h às 18h (máxima de 1,6°C às 14h) e para as aberturas N/S de 9h às 15h (máxima de 0,8 às 13h). Os valores negativos foram percebidos para as janelas fechadas de 17h às 8h (mínima de -1,7°C às 8h), para as aberturas L/O de

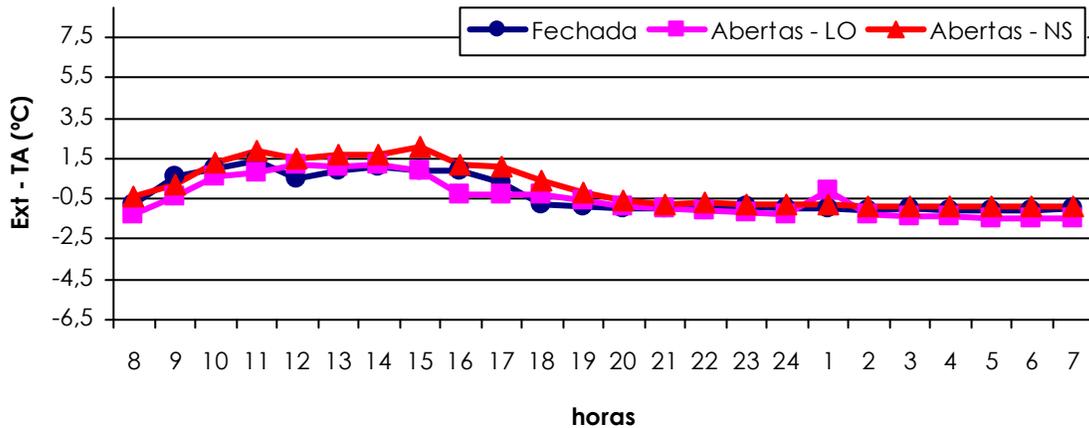
19h às 8h (mínima de  $-1,0^{\circ}\text{C}$  de 2h às 5h) e na abertura N/S de 16h às 8h (mínima de  $-1,2^{\circ}\text{C}$  à 1h). Com isso, percebe-se que a abertura L/O foi a que apresentou melhor desempenho, pois registrou menores temperaturas internas em relação ao ar externo no período diurno, pelo maior período de tempo, ao contrário da abertura N/S, que obteve entre as três situações o pior desempenho. Gráfico 9.18.



**Gráfico 9.18** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (*Ext*) e aquelas obtidas nos protótipos (*TA*), posicionados no **SOL**, utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO**, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

#### 4. Sombra – Paineis Simples

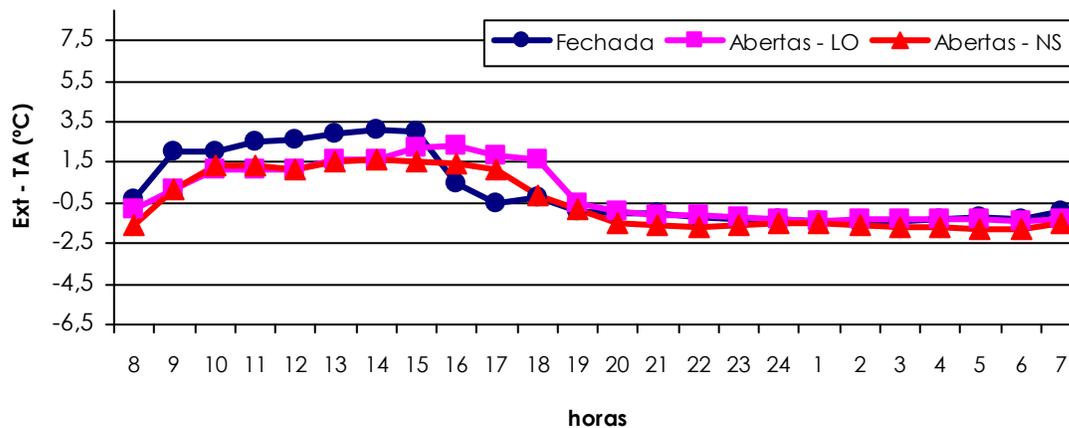
As configurações de aberturas apresentaram similaridade entre si, seguindo um mesmo padrão de evolução. Com as janelas fechadas, foi registrado valor positivo de 9h às 17h, o painel apresentou a maior diferença positiva às 11h ( $1,4^{\circ}\text{C}$ ) e, negativa às 4h e 6h ( $-1,1^{\circ}\text{C}$ ). Na abertura L/O, as temperaturas positivas ocorreram de 10h às 15h, com maior diferença positiva às 12h e 14h ( $1,2^{\circ}\text{C}$ ) e negativa de 5h às 7h ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ). Na abertura N/S, observou-se o melhor desempenho entre as três configurações de abertura, pois teve os valores positivos registrados das 9h às 18h, ou seja, foi o maior período apresentado, a maior diferença positiva às 15h ( $2,1^{\circ}\text{C}$ ) e negativa de  $-0,9^{\circ}\text{C}$  (2h às 7h). Em face desses dados, a abertura N/S foi a que apresentou, no geral, melhor desempenho, com temperaturas abaixo do ar externo por um período mais longo. Gráfico 9.19.



**Gráfico 9.19** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), posicionados na **SOMBRA**, utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

### 5. Sombra – Pannel Duplo com ar confinado

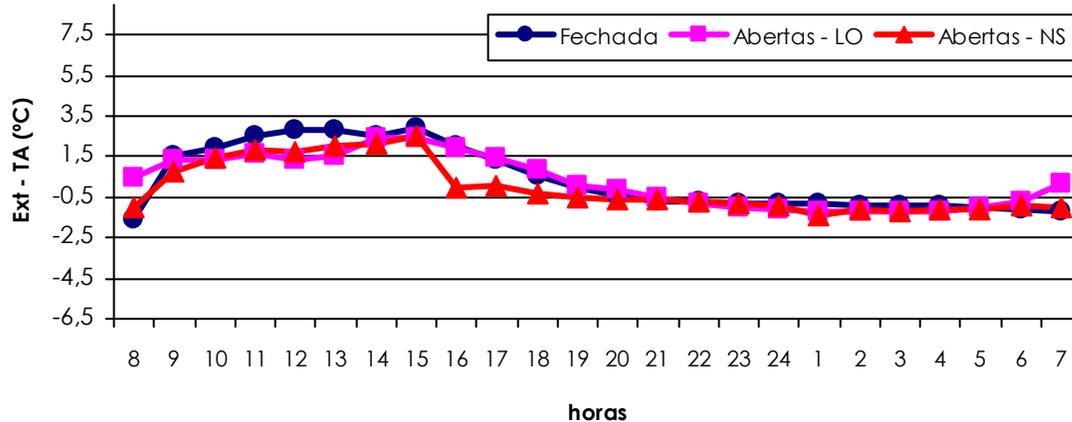
Com as janelas fechadas, foi registrado valor positivo de 9h às 16h, diferença máxima positiva de 3,1°C (14h), o painel apresentou, ainda, a diferença de temperatura negativa às 2h (-1,5°C). Na abertura L/O e na N/S, observou-se uma proximidade de valores, as temperaturas positivas ocorreram, no primeiro, de 9h às 18h, com maior diferença positiva às 16h (2,3°C) e negativa a 1h e 6h (-1,4°C). Na segunda configuração de abertura das 9h às 17h, a maior diferenças positiva foi às 14h (1,6°C) e negativa as 5h e 6h (-1,8°C). A situação de janelas fechadas apresentou melhores resultados, com temperaturas mais baixas ao longo do dia, seguido da situação com abertura L/O, que apresentou temperaturas positivas por um maior período de tempo. A pior situação foi para a abertura N/S, pois ficou sempre abaixo do que as duas outras configurações de aberturas. Gráfico 9.20.



**Gráfico 9.20** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), posicionados na **SOMBRA**, utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 20/05/2005 a 7h do dia 25/06/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

## 6. Sombra – Painel Duplo com fibra de coco

Nessa conformação, as temperaturas positivas, quando as janelas estavam fechadas, ocorreram de 9h às 19h (máxima de 2,9°C às 15h), para as aberturas L/O de 7h às 19h (máxima de 2,4°C às 14h e 15h) e para as aberturas N/S de 9h às 17h (máxima de 2,5 às 15h). Os valores negativos foram percebidos para as janelas fechadas de 20h às 8h (mínima de -1,6°C às 8h), para as aberturas L/O de 20h às 6h (mínima de -1,2°C de 1h às 4h) e na abertura N/S de 18h às 8h (mínima de -1,4°C à 1h). A situação de janelas fechadas apresentou temperaturas mais baixas que o ar externo por um curto período de tempo, ao contrário da situação de abertura L/O, que apresentou temperaturas positivas por um maior período de tempo. A pior situação foi para a abertura N/S, pois ficou na maior parte do período com as diferenças negativas, ou seja, temperaturas acima que o ar externo. Gráfico 9.21.



**Gráfico 9.21** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e aquelas obtidas nos protótipos (**TA**), posicionados na **SOMBRA**, utilizando-se **PAINÉIS DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 com **JANELAS FECHADAS**, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 com **JANELAS ABERTAS L/O** e no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 com **JANELAS ABERTAS N/S**, por hora, na área da Embrapa (Belém-PA).

## 9.4. Análise descritiva do conforto térmico através do software de Conforto 2.02

Para esta análise foram determinadas, através do software Conforto 2.02, o Voto Médio Estimado (VME) e Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PEI), por um período de 4 (quatro) em 4 (quatro) horas, para cada configuração de painel de fechamento, com as aberturas de janelas correspondentes, fazendo associação dos protótipos localizados no sol e na sombra. Para esse estudo, foi considerada roupa leve (0,3 clo) e taxa de metabolismo (1,9) correspondente a atividades domésticas e repouso. As tabelas e gráficos estão disponíveis no Apêndice E.

### 1. Painel Simples – Janela Fechada – Aberta L/O – Aberta N/S

Analisando o protótipo com painel simples posicionado no sol e na sombra, percebe-se que, na maior parte do período, as condições do ambiente interno não proporcionaram conforto. A pior condição foi às 12h para a abertura N/S (VME: +2,26 e +1,87) (PEI: 87% e 70%) respectivamente. Porém, às 4h, o ambiente interno, para protótipos localizados no sol e na sombra, atinge condição de conforto para a configuração de abertura L/O (VME: +0,87 e 0,86) (PEI: 20% e 21%), respectivamente.

## **2. Painel Duplo c/ ar confinado – Janela Fechada – Aberta L/O – Aberta N/S**

Analisando o protótipo posicionado no sol e na sombra, verificou-se que o ambiente interno não proporcionou conforto na maioria do período estudado. A condição mais desfavorável foi para a abertura N/S (VME: +2,26 e +1,87) às 12h, respectivamente. Porém, em outro período, para o protótipo posicionado na sombra, no início da manhã, às 8h, a configuração de abertura L/O foi a que proporcionou melhor condição de conforto térmico (VME: +0,9 e PEI: 22%).

## **3. Painel Duplo c/ fibra de coco – Janela Fechada – Aberta L/O – Aberta N/S**

Analisando o protótipo posicionado no sol e na sombra, verificou-se que o ambiente interno não proporcionou conforto na maioria do período estudado. A condição mais desfavorável foi às 16h, para a abertura L/O (VME: +2,77 e +2,34) (PEI: 97% e 89%), respectivamente. Porém, em outro momento, para o protótipo posicionado no sol, da madrugada até o início da manhã, às 4h e 8h, o ambiente que atingiu a melhor condição de conforto interno foi com a configuração de abertura N/S (VME: +0,73 e +0,62) (PEI: 16% e 13%), respectivamente. Antes desse período, o protótipo no mesmo posicionamento, também, atingiu o conforto com configuração de abertura L/O, às 24h e 4h, (VME +0,75 PEI: 16%). Outra condição que proporcionou conforto foi o protótipo posicionado na sombra, com abertura L/O, às 8h, (VME: +0,84 e PEI: 19%) e, no período seguinte, às 4h para a abertura N/S, no mesmo protótipo, de (VME: +0,92 e PEI: 22 %).

## ***PARTE IV***

---

### ***Considerações finais***



## 10. Discussão

---

Foram construídos dois protótipos na área da Embrapa – Amazônia Oriental, em Belém/Pa. De acordo com a metodologia adotada, um deles foi posicionado no sol e o outro na sombra. Durante três meses, não consecutivos, foram realizadas medições internas das variáveis ambientais – temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar e velocidade do ar – associadas a três alternativas de painéis de fechamento e de abertura de janelas.

Durante esse período, as condições climáticas do local foram monitoradas pela Estação Meteorológica da Embrapa – Amazônia Oriental. As medições tiveram início na segunda quinzena do mês de maio e se estenderam até o final de junho. Nesse período, os valores mensais de pluviosidade registrados foram de 408,4mm e 206,2mm, respectivamente, segundo dados fornecidos pela Embrapa – Amazônia Oriental, disponíveis no Anexo A.

Após aquisição das mantas de fibra de coco, os trabalhos foram reiniciados na segunda quinzena do mês de agosto e finalizados no início do mês de setembro. Para esses meses, o registro de pluviosidade foi de 94,5mm e 117,9mm, respectivamente. Decorrente disso, agosto foi o mês mais seco, com registro das maiores temperaturas do ar externo e menor umidade relativa do ar, influenciando negativamente no desempenho do painel duplo com fibra de coco.

Diante dos resultados apresentados nas medições “*in loco*”, foram feitas algumas considerações quanto ao posicionamento dos protótipos, configuração de painéis de fechamento, aberturas de janelas e condições de conforto térmico:

➤ **Posicionamento no sol e na sombra**

- O protótipo posicionado no sol foi o que se apresentou mais aquecido na maioria das situações a que foi submetido, em comparação com o posicionado na sombra;
- Ambos os protótipos mantiveram suas temperaturas internas inferiores às registradas no ambiente externo, no período diurno e o inverso ocorreu à noite e ao longo da madrugada, com temperaturas mais elevadas, porém próximas ao ar externo.
- Entre os protótipos, foi observado algum momento em que as temperaturas estavam próximas, chegando até a se igualarem, no período da noite e madrugadas;
- O protótipo localizado no sol registrou as maiores velocidades do ar, por estar em uma área aberta, sem influência de prédios ou qualquer outro obstáculo contra a ventilação, porém o mesmo não ocorreu no posicionamento à sombra, pois a vegetação ao invés de direcionar e otimizar, prejudicou, a entrada da ventilação, por ser densa e fechada.

➤ **Configuração de painel de fechamento**

- De uma maneira geral, o painel simples, nos dois posicionamento dos protótipos, foi o que apresentou resultados mais desfavoráveis em relação às demais configurações de painéis, com temperaturas sempre mais elevadas que o ar externo.
- Porém, em duas situações, o painel simples teve um desempenho melhor em relação aos demais, nos momentos em que estava com as janelas abertas N/S, tanto no sol quanto na sombra e,

principalmente no sol, por não apresentar barreiras à ventilação natural. Essa configuração representa, portanto, uma opção favorável à construção em madeira, destinada a habitação de interesse social;

- O painel duplo com ar confinado e o de fibra de coco, apesar de terem sido feitos em épocas diferentes, apresentaram diferenças de temperaturas internas e externas próximas umas das outras, com temperaturas abaixo do ar externo, pela manhã e tarde e, acima no período da noite e madrugada, pelo fato do painel armazenar calor durante o dia e dissipá-lo a noite para o ambiente interno;
- Na maioria das situações, o painel duplo com fibra de coco apresentou temperaturas abaixo que as do ar externo, mantendo-se dessa forma por um período maior de tempo, desde o início da manhã, estendendo-se até o final da tarde.
- Independente dos tipos de fechamento, o fato das habitações serem mais quentes no período noturno é confirmado pelo próprio cotidiano da população, onde a noite, sempre é mais agradável e ventilado, estar sentado a frente de suas casas do que dentro das mesma.

➤ **Configuração de abertura de janela**

- De uma maneira geral, a abertura que proporcionou menores temperaturas para o ambiente interno foi a abertura L/O, pois em relação às demais configurações manteve, na maioria das situações a que foi submetida, diferenças positivas entre as temperaturas externas e internas por um período maior de tempo, o que se justifica por esta ser a orientação dos ventos dominantes;
- Com pior desempenho, a condição de janelas fechadas não proporcionou uma ventilação ao ambiente, apenas um fraco movimento de ar (ver Apêndice B), que provém provavelmente do

lanternim na cobertura, abertura entre as telhas cerâmicas ou mesmo pelas frestas no painel de fechamento. Portanto, apesar de apresentar, em alguns momentos, temperaturas internas abaixo das do ar externo, não conseguiu manter-se nessa configuração por muito tempo. Porém, quando posicionado na sombra apresentou temperaturas melhores, inclusive abaixo das registradas na configuração de janelas abertas L/O.

➤ **Condição de conforto térmico**

- Com base nos gráficos (ver Apêndice D), o protótipo posicionado na sombra foi o que apresentou, na maioria das situações, melhor condição de conforto térmico interno, em relação ao posicionado no sol;
- Diante das tabelas (ver Apêndice D), o painel duplo com fibra de coco foi o que apresentou os valores do Voto Médio Estimado (VME) mais próximos da condição quente, no período diurno. Em compensação, foi o que apresentou, também, os valores mais próximos da condição de neutralidade térmica, desta vez no período da madrugada e início da manhã. Como foi observado na configuração de janela aberta N/S, com o protótipo posicionado no sol, obteve às 8h o menor valor de VME (0,62), com PEI de 13%, em todas as configurações de aberturas de janelas e painéis;
- Vale ressaltar que na época de medições com o painel duplo com fibra de coco, as temperaturas do ar externas eram as mais altas, em relação aos meses anteriores, assim como, também, nessa mesma época, foram registrados os níveis mais baixos de pluviosidade.

➤ **Recomendações para trabalhos futuros**

- Realizar medições simultâneas do desempenho dos diferentes tipos de painéis, podendo adotar um protótipo com um painel fixo e, em outro protótipo, mudar os fechamentos para outras configurações de painéis;
- Inserir o protótipo em área sombreada, desde que não possua uma vegetação densa, para que esta não venha a impedir ou dificultar a entrada da ventilação no ambiente;
- Fazer uma análise comparativa do desempenho térmico desse sistema construtivo em madeira com construção em alvenaria tradicional;
- Fazer análise “in loco”, ou simulações, inserindo outras variáveis que podem influenciar no desempenho térmico do ambiente, como tela para mosquitos ou forro ventilado em lambril de madeira;
- Recomenda-se ter sempre um objetivo bem definido com relação as medições “in loco” e a forma de apresentação dos dados coletados, para que ao final dos trabalhos não haja excesso de informações, que só irão dificultar a trabalhabilidade dos mesmos, podendo em alguns casos ser até descartados e, comprometer o bom entendimento da pesquisa.



## 11. Conclusão

---

Diante de todos os dados expostos, pode-se concluir que houve uma concordância nos resultados das avaliações feitas, através dos cálculos das propriedades térmicas dos materiais propostos pela Norma da ABNT – Parte 2, com as medições experimentais, indicando o melhor desempenho, entre os fechamentos estudados, para o painel duplo com fibra de coco, pois conseguiu manter o protótipo, na maioria das situações a que foi submetido, com temperaturas internas abaixo que o ar externo, principalmente no período diurno.

Considerando a sensação de conforto térmico obtida com o software Conforto 2.02, concluiu-se que o posicionamento mais adequado para os protótipos foi à sombra, que apresentou, em muitas situações condição levemente quente, no início da manhã e madrugada, somente no período da tarde a sensação térmica chegou ficar a quente.

Com relação ao interesse local no uso de habitações de madeira, percebeu-se que há iniciativas para a utilização da madeira em construções habitacionais, principalmente por parte de órgãos como IBAMA, INCRA, através da utilização de madeiras apreendidas. Ainda tramita, na Câmara dos Deputados, um projeto de lei para viabilizar a utilização das madeiras apreendidas em operações de fiscalização para habitações de interesse social. Esse, se for aprovado será de grande ajuda para intensificar a utilização da madeira em habitação na região.



## 12. Referências

---

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. Projeto de norma 02: 135.07.001. Desempenho térmico de edificações. Parte 1: **Definições, símbolos e unidades**, 1998a. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/conforto/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2003.

\_\_\_\_\_. Projeto de norma 02: 135.07.002. Parte 2: **Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações**, 1998b. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/conforto/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2003.

\_\_\_\_\_. Projeto de norma 02: 135.07.003. Parte 3: **Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**, 1998c. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/conforto/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2003.

AKTSU, M.; SATO, N. M. N. Análise comparativa do comportamento térmico de alguns tipos de edificações convencionais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO NAS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL. 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo, outubro. p. 633-646 apud PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas**. 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

AKTSU, M.; VITTORINO, F; YOSHIMOTO, M. Análise do desempenho de coberturas em São Paulo. In: II ENCONTRO INTERNACIONAL ON ARGENTINA DE TECNOLOGIA DE TECHOS. 1994, Buenos Aires. **Anais...** agosto apud PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas**. 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ALVES, Silvana Aparecida. **Recomendações de projeto para a casa de madeira, construída com painéis sanduíches de chapa de compensado, visando atingir o conforto térmico, clima de São Carlos-SP.** 1997. 193f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING ENGINEER (ASHRAE), Atlanta. **ASHRAE 55**; Thermal environmental conditions for human occupancy. 1992.

ATEM, Camila Gregório. **Propriedades acústicas e térmicas da madeira e seus derivados.** 2001. 53f. Monografia (Disciplina Aplicações de madeira e seus derivados em edificações) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ATEM, Camila Gregório; INO, Akemi; BASSO, Admir. Desempenho térmico de uma habitação em madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Minas Gerais: IBRAMEM. CD-ROM.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 6º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 332p. Original inglês.

BASSALO, Gisa Melo. **Motivação.** Disponível em: <<http://www.cohab.pa.gov.br/sime/>>. Acesso em: 20 out. 2005.

BASTOS, T. X. et al. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 31p. No prelo.

BITENCOURT, Rosa Maria. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira.** 1995. 272f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BOGO, Amílcar J.; BARTH, Fernando. Avaliação do desempenho térmico de paredes e coberturas em casas pré-fabricadas de madeira em Florianópolis-SC segundo o projeto de norma brasileira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Minas Gerais: IBRAMEM. CD-ROM.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Governo lança novo Programa Nacional de Florestas nesta quinta.** Brasília: 04 fev. 2004a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=881&>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

\_\_\_\_\_. **Cinco mil empregos e cinco mil casas com madeira apreendida.** Brasília: 06 fev. 2004b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=887&>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

\_\_\_\_\_. **Casas com madeira apreendida serão construídas em Santarém.** Brasília: 07 jul. 2004c. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=1145&>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

\_\_\_\_\_. **Construída primeira casa com madeira apreendida no Pará.** Brasília: 25 ago. 2004d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ascom/ultimas/index.cfm?id=1254&>>. Acesso em: 20 dez. 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Florestas Nacionais.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/recursosflorestais/flonac.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2006.

BRASIL. Projeto de Lei nº 5236/2005, de 16 de maio de 2005. Dispõe sobre a utilização de madeira apreendida para a construção de habitações populares e dá outras providências. **Câmara dos Deputados Federais.** Brasília: 16 mai. 2005a. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/306854.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2005.

\_\_\_\_\_. Parecer do Relator, Dep. João Magno (PT-MG), pela rejeição. **Câmara dos Deputados Federais.** Brasília: 10 ago. 2005b. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/329630.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

\_\_\_\_\_. Aprovado por Unanimidade o Parecer. Parecer do Relator, Dep. João Magno (PT-MG), pela rejeição. **Câmara dos Deputados Federais.** Brasília: 31 ago. 2005c. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/337104.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

\_\_\_\_\_. Parecer do Relator, Dep. Oliveira Filho (PL-PR), pela aprovação, com substitutivo. **Câmara dos Deputados Federais.** Brasília: 24 nov. 2005d. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/329630.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2005.

BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.** 2003. 157f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- CAMPANILI, Maura. Ibama entrega a primeira casa de madeira apreendida. **Estadão**. São Paulo: 2001. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2001/out/25/61.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2005.
- CARVALHO, Magaly Araújo et al. Condicionantes climáticas e recomendações técnico-construtivas para o projeto da habitação em madeira de reflorestamento na região de Goiânia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Minas Gerais: IBRAMEM. CD-ROM.
- CARVALHO, Telma Cristina Pichioli de. **Análise do comportamento térmico de uma habitação de madeira em pinus roliço, sob determinadas condições de exposição, para a cidade de São Carlos-SP**. 1995. 144f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CASTRO FILHO, João Pinto de. **Estudo sobre exemplos de arquitetura tropical, erudita e suas adequações à Amazônia brasileira no último decênio**. 1984. 272f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- CLIMA, **Clima do Brasil**. Disponível em: <http://www.suapesquisa.com/clima/clima-brasil.gif>>. Acesso em: 20 out. 2005.
- CLIMA BRASILEIRO, **O Clima Brasileiro**. Disponível em: <http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/dados.htm>>. Acesso em: 20 out. 2005.
- DANGELO, Jota. **Belém do Pará**. São Paulo: Editora Hamburg. 1995. 119p.
- FANGER, P. O. **Thermal comfort**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244 p.
- FROTA, Anésia Barros. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros. 2004. 289p.
- GRIEGER, Paulo Alceu. **A casa de madeira para a Amazônia**. 1990. 273f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- GROBÉRIO, Marcela Paula. **Desempenho térmico de vedação em painéis de chapa de fibra de madeira denso e leve**. São Carlos, 1999. 44p. (Trabalho de disciplina – Materiais derivados da madeira – EESC/USP)
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, Geneva. **ISO 7730**; moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. CPPF. **Tipos de madeira – Hymenaea Courbaril L.** Disponível em:

<<http://mapara.inpa.gov.br/madeira/bra/searchtec.idc?IdMadeira=23>>. Acesso em: 25 jul. 2004.

KOLLMANN, F. **Tecnologie de la madera y sus aplicaciones.** Madri, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de La Madera, v. 2, 554-72. 1959 apud UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger. **Condutividade térmica da madeira.** 1989. 171f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

KÜHLMANN, G. **Investigacion of the thermal properties of wood and particleboard in relation to moisture content and temperature in the hygroscopic range.** Holz als Roh-und Werkstoff, 20, 259-270. 1962 apud UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger. **Condutividade térmica da madeira.** 1989. 171f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LABAKI, Lucila Chebel. **Anotações de conforto térmico.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, 2002. 66f. Notas de aula.

LAMEM, **Utilização Estrutural da Madeira,** São Carlos, SP, 1998. Disponível em: <<http://www.set.eesc.sc.usp.br/lamem/uecla.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2002.

LEPAGE, Ennio Silva et al. **Manual de preservação de madeiras.** São Paulo: IPT – Divisão de Madeiras, 1986. Vol. 1. 341p.

LIMA, José Júlio. **Conjuntos habitacionais e condomínios de luxo em Belém: duas tipologias em confronto.** Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/ara000/esp143.asp>>. Acesso em 05 nov. 2005.

LOPES, Edmar Maria Lima. **Avaliação do desempenho térmico de paredes e coberturas em Belém/Pa, Brasil.** 1994. 153f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MELO, Júlio Eustáquio de. et al. **Habitação Popular em madeira.** Brasília: LPF, 2002, 100p.

NASCIMENTO, Cicerino Cabral do. **Clima e morfologia urbana em Belém.** Belém: UFPA, NUMA, 1995. 157p.

NASSAR, Flávio. **Um olhar sobre a Belém de 387 anos.** Disponível em: <<http://www.ufpa.br/beiradorio/arquivo/beira05/entrevista.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2005.

NGOKA, N. J. A field study of thermal behavior of selected Nigerian traditional buildings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE IN HOUSING. 1986, Pecs. **Anais...** Hungria. p. H40-H107 apud PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas.** 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

OLIVEIRA, Antonio Carlos de. **Avaliação do comportamento de uma habitação frente a condicionantes climáticos.** 1994. 118f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEDRESCHI, R. et al. Avaliação do desempenho da madeira na habitação utilizando abordagens de sistemas. **Cerne.** Lavras, v. 11, n. 3, p. 283-293, Jul./ Set. 2005.

PENTEADO, Antônio da Rocha. **Belém do Pará: estudo da geografia urbana.** Belém: UFPA, 1968. 183p.

PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas.** 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain; GHELEN, Juliano. Um Sistema Industrializado para Moradia Popular com Estrutura e Fechamentos em Madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E EM ESTRUTURA DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Minas Gerais: IBRAMEM. CD-ROM.

RUAS, Álvaro César. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software.** 2002. 183f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

SENHORAS, Elói Martins. Oportunidade da cadeia agroindustrial do coco verde – do coco verde nada se perde tudo se transforma. **Revista Urutagua.** Maringá, Paraná, nº 5, dez./jan./fev./mar. 2005. Disponível em: <[http://www.urutagua.uem.br/005/22tra\\_senhoras.pdf](http://www.urutagua.uem.br/005/22tra_senhoras.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2005.

SINDUSMAD – Sindicato das Indústrias Madeireiras. **Jatoba.** Disponível em: <<http://www.sindusmad.com.br/new/vermadeira.php?id=22>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

SOUZA, Mauro Henrique Costa. **Arquitetura ribeirinha em Belém do Pará: estudo de conforto ambiental.** 2002. 195f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TEREZO, Rodrigo Figueiredo. **Influência de preservantes hidrossolúveis na resistência mecânica da madeira.** 2001. 126f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger. **Condutividade térmica da madeira.** 1989. 171f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

VILLAS BOAS, Márcio. Significado da arquitetura nos trópicos: um enfoque bioclimático. In: I SEMINÁRIO DE ARQUITETURA NOS TRÓPICOS. Recife. **Anais...** Recife: Massagana, 1985.



## 13. Obras consultadas

---

ADA – Agência de Desenvolvimento da Amazônia. **Recursos naturais – florestais**. Disponível em: < <http://www.ada.gov.br/amazonia/madeiras.asp> > . Acesso em: 21 jul. 2004.

ALUCCI, Márcia Peinado. **Conforto térmico, conforto luminoso e conservação de energia elétrica**. 1995. 225f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Conservação de energia elétrica nas edificações**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1997. 172f. Notas de aula.

\_\_\_\_\_. Critérios para implantação de conjuntos habitacionais em clima quente úmido. In: TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES/PROJETO LIX DA CUNHA. 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Pini. p. 523-526 apud PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas**. 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BENEVENTE, Varlete Aparecida. **Durabilidade em construções de madeira: uma questão de projeto**. 1994. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DEMILLO, Rob. **Como funciona o clima**. São Paulo: Quark Books, 1998. cap. 9 – Ciclo e estações, p. 73-77.

GIVONI, Baruch. **Climate considerations and urban design**. New York: John Wiley & Sons, 1998. cap. 11 – Building and urban design for hot-humid regions, p.379-415.

GIVONI, Baruch. **Man, Climate and Architecture**. New York: John Wiley & Sons, 1998. cap. 11 – Building and urban design for hot-humid regions, p.379-415.

- HYDE, RICHARD. **Climate responsive design**. London: Spon Press, 2000. 244p.
- HARADA, Y.; NAKATO, K. & SADOH, T. **Thermal properties and sensory warmth of wood surfaces**. Mokuzaï Gakkaishi, 29. (03). 205-212, 1983 apud UCHÔA, Sílvia Beatriz Beger. **Condutividade térmica da madeira**. 1989. 171f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- INMET. **Climatologia**. Disponível em: <[http://inmet04.inmet.gov.br/serviços/mainfr\\_climatologia.htm](http://inmet04.inmet.gov.br/serviços/mainfr_climatologia.htm)>. Acesso em: 03 set. 2002.
- INO, A.; SHIMBO, I. & DELLA NOCE, L. G. **Produção de casas de madeira**: controle da qualidade na cadeia produtiva. Mini-curso, ENTAC 1998. Florianópolis, 56p.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, Switzerland. **ISO 7726**; thermal environments-instruments and methods for measuring physical quantities. Switzerland, 1998.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológica. Produtos florestais. **Madeiras para móveis e construção civil – Jatobá**. Disponível em: <<http://www.ipt.br/areas/dpf/propriedades/jatoba/>>. Acesso em: 25 jul. 2004.
- KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al. **Manual de conforto ambiental**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, 2001. 23p.
- LABAKI, Lucila Chebel; BUENO-BARTHOLOMEI, Carolina Lotufo. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas-SP**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro. **Anais...** Campinas: R. Vieira Gráfica & Editora Ltda, 2001. CD-ROM.
- LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneidir; PAPST, Ana Lígia. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2000. 152f. Apostila da disciplina ECV 5161.
- MACHADO, Isis Faria et al. **Cartilha para procedimentos básicos para uma arquitetura no trópico úmido**. São Paulo: Pini, 1986. 183p.
- MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1978. 177p.

MOURA, D. J. de et al. Materiais de construção: desempenho das telhas térmicas nos índices de conforto. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 1991, Londrina. **Anais...** Paraná. p. 114-131 apud PERDIGÃO, Ana Kláudia de A. **Beiral quebra-sol/quebra-chuva: um estudo comparativo da resposta térmica no ambiente construído em zonas equatoriais úmidas.** 1994. 203f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

POMPEO, R. M. S. **Estudo das propriedades térmicas da madeira visando o isolamento térmico na habitação.** São Carlos, 1984. 39p. (Trabalho de disciplina – Conforto Térmico – EESC/USP) apud CARVALHO, Telma Cristina Pichioli de. **Análise do comportamento térmico de uma habitação de madeira em pinus roliço, sob determinadas condições de exposição, para a cidade de São Carlos-SP.** 1995. 144f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RIVERO, Roberto. **Acondicionamento térmico natural: arquitetura e clima.** 2ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato Editores Ltda: Ed. da Universidade, UFRG, 1985. 239p.

RODRIGUES, Manoel Santinho. **Estruturas de madeiras I.** Cuiabá: UFMG – Departamento de Engenharia Civil, 2000. 119p.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** 2ed. São Paulo: ProEditores, 2000. 128p.

RORIZ, M. **Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens.** 1987. 133f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos apud ALVES, Silvana Aparecida. **Recomendações de projeto para a casa de madeira, construída com painéis sanduíches de chapa de compensado, visando atingir o conforto térmico, clima de São Carlos-SP.** 1997. 193f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RYD, Harriel. **Controle do ambiente em arquitetura.** 1973. apud NASCIMENTO, Cicerino Cabral do. **Clima e morfologia urbana em Belém.** Belém: UFPA, NUMA, 1995. 157p.

RUAS, Álvaro César. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais.** 1999. 78f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.



## **APÊNDICE A**

---

### ***Tabelas – Medições experimentais***



## Tabelas – Medições experimentais

**Tabela 1** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)		TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext
1	0,1	0,0	0,5	25,5	25,5	24,4	25,7	25,4	25,5	25,1	95,3	93,3	97,0
2	0,0	0,0	0,5	25,3	25,4	24,2	25,5	25,3	25,3	24,9	95,6	93,4	97,0
3	0,0	0,0	0,5	25,2	25,2	24,2	25,3	25,2	25,2	24,8	96,2	93,8	96,8
4	0,0	0,0	0,6	25,1	25,2	24,1	25,2	25,1	25,1	24,8	96,8	94,1	97,2
5	0,0	0,0	0,4	25,0	25,1	24,0	25,2	25,1	25,0	24,7	97,1	94,4	97,2
6	0,0	0,0	0,4	24,9	25,1	23,9	25,1	25,0	24,9	24,7	97,1	94,4	96,6
7	0,0	0,0	0,5	25,0	25,0	24,0	25,2	25,0	25,3	24,7	97,7	94,7	87,6
8	0,1	0,1	1,1	26,7	26,0	25,2	26,9	25,8	29,6	25,7	94,6	93,2	76,2
9	0,1	0,1	1,4	27,9	26,6	27,2	28,2	26,6	32,9	26,8	91,9	93,5	71,0
10	0,1	0,1	1,9	29,0	27,4	28,3	29,2	27,4	33,3	27,5	87,9	91,8	64,4
11	0,1	0,0	1,8	29,8	28,0	29,4	30,0	28,0	32,6	28,3	84,5	89,8	66,2
12	0,2	0,1	2,1	30,6	28,6	29,1	30,8	28,5	32,7	28,5	80,6	87,3	69,6
13	0,1	0,1	2,0	29,8	28,2	29,1	30,0	28,1	31,3	28,2	81,9	87,1	71,2
14	0,1	0,1	1,6	29,7	28,1	29,2	29,9	28,1	31,0	28,1	81,1	86,2	76,6
15	0,1	0,1	1,7	29,9	28,1	29,1	30,1	28,1	31,2	28,2	82,3	86,9	79,4
16	0,1	0,0	1,5	29,9	28,1	29,0	30,1	28,1	31,0	28,0	81,6	86,7	83,4
17	0,1	0,1	1,0	29,3	27,9	28,2	29,5	27,8	30,0	27,5	83,3	87,4	84,8
18	0,1	0,1	1,0	28,1	27,2	26,4	28,2	27,1	28,3	26,7	87,4	89,3	87,8
19	0,1	0,1	0,6	27,0	26,6	25,7	27,2	26,6	27,0	26,2	90,6	90,7	91,2
20	0,0	0,1	0,7	26,5	26,3	25,3	26,7	26,2	26,6	25,9	92,4	91,6	93,2
21	0,1	0,0	0,6	26,4	26,1	25,1	26,5	26,1	26,4	25,7	94,0	92,5	94,6
22	0,0	0,0	0,5	26,0	25,9	24,9	26,2	25,8	26,1	25,4	93,5	92,1	95,4
23	0,1	0,0	0,5	25,9	25,7	24,8	26,0	25,7	25,9	25,4	94,5	92,8	95,8
24	0,0	0,0	0,5	25,7	25,6	24,6	25,9	25,6	25,8	25,2	95,0	93,0	96,4
<b>Max</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>2,1</b>	<b>30,6</b>	<b>28,6</b>	<b>29,4</b>	<b>30,8</b>	<b>28,5</b>	<b>33,3</b>	<b>28,5</b>	<b>97,7</b>	<b>94,7</b>	<b>97,2</b>
<b>Med</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>27,3</b>	<b>26,5</b>	<b>26,2</b>	<b>27,4</b>	<b>26,5</b>	<b>28,3</b>	<b>26,3</b>	<b>90,5</b>	<b>91,3</b>	<b>86,1</b>
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>24,9</b>	<b>25,0</b>	<b>23,9</b>	<b>25,1</b>	<b>25,0</b>	<b>24,9</b>	<b>24,7</b>	<b>80,6</b>	<b>86,2</b>	<b>64,4</b>

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do Pannel (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 2** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS** L/O, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)		TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext
1	0,1	0,0	0,4	24,8	24,9	24,9	25,0	24,9	24,8	24,5	97,0	94,1	97,4
2	0,1	0,0	0,5	24,7	24,8	23,5	24,8	24,7	24,6	24,4	97,0	94,3	97,8
3	0,1	0,1	0,5	24,5	24,7	23,3	24,7	24,6	24,4	24,3	97,5	94,4	97,8
4	0,0	0,0	0,4	24,4	24,6	23,1	24,5	24,6	24,2	24,2	97,9	94,8	98,2
5	0,1	0,0	0,4	24,2	24,5	23,0	24,4	24,5	24,1	24,1	98,2	95,1	98,0
6	0,0	0,0	0,4	24,1	24,4	22,9	24,3	24,4	24,0	24,0	98,5	95,4	95,0
7	0,1	0,0	0,4	24,4	24,4	22,9	25,1	24,4	24,8	24,2	98,1	95,7	83,4
8	0,2	0,2	0,6	25,9	25,2	23,9	26,4	25,0	28,7	24,8	95,9	96,8	75,0
9	0,3	0,2	1,1	27,2	26,2	25,8	28,0	26,4	32,9	26,2	93,6	94,6	63,8
10	0,4	0,4	1,9	28,5	27,4	28,0	29,2	27,5	33,8	27,4	88,1	91,6	65,8
11	0,6	0,2	2,1	29,4	28,4	29,2	30,0	28,5	32,1	28,2	84,1	87,0	66,4
12	0,7	0,3	2,2	30,3	29,3	30,5	30,8	29,3	32,0	29,0	77,7	82,9	68,4
13	0,7	0,3	2,2	31,1	29,8	30,9	31,6	29,8	32,4	29,4	73,1	78,2	82,0
14	0,1	0,3	2,5	30,7	29,6	30,8	31,0	29,5	31,9	29,2	74,6	78,2	80,6
15	0,5	0,3	1,7	29,7	28,9	29,9	29,9	28,8	30,9	28,3	81,5	83,4	79,4
16	0,5	0,1	1,8	27,1	26,7	26,3	27,4	26,6	27,6	26,6	89,5	87,5	82,8
17	0,2	0,2	1,6	26,9	26,3	26,0	27,3	26,3	27,4	26,2	90,6	89,4	89,4
18	0,1	0,1	1,1	26,5	26,0	25,7	26,8	26,0	27,0	25,9	91,0	89,7	91,8
19	0,1	0,1	1,4	25,8	25,6	25,1	26,0	25,6	26,2	25,4	93,2	90,8	93,6
20	0,1	0,0	0,8	25,7	25,5	24,6	25,9	25,5	25,8	25,2	93,1	90,8	95,0
21	0,1	0,0	0,7	25,5	25,3	24,3	25,6	25,3	25,5	24,9	93,9	91,9	96,2
22	0,0	0,0	0,5	25,2	25,2	24,1	25,4	25,2	25,3	24,8	95,2	92,7	96,6
23	0,0	0,0	0,5	25,1	25,1	23,9	25,3	25,1	25,1	24,8	95,9	93,2	97,0
24	0,0	0,1	0,4	25,0	25,0	23,8	25,1	25,0	24,9	24,6	96,3	93,7	97,2
<b>Max</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>2,5</b>	<b>31,1</b>	<b>29,8</b>	<b>30,9</b>	<b>31,6</b>	<b>29,8</b>	<b>33,8</b>	<b>29,4</b>	<b>98,5</b>	<b>96,8</b>	<b>98,2</b>
<b>Med</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1,1</b>	<b>26,5</b>	<b>26,2</b>	<b>25,7</b>	<b>26,9</b>	<b>26,1</b>	<b>27,5</b>	<b>25,9</b>	<b>91,3</b>	<b>90,7</b>	<b>87,0</b>
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>24,1</b>	<b>24,4</b>	<b>22,9</b>	<b>24,3</b>	<b>24,4</b>	<b>24,0</b>	<b>24,0</b>	<b>73,1</b>	<b>78,2</b>	<b>63,8</b>

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do Pannel (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 3** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)			TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext	
1	0,1	0,0	0,8	25,4	25,3	24,5	25,6	25,3	25,4	24,9	94,3	92,5	97,2	
2	0,1	0,1	0,6	25,4	25,3	24,4	25,5	25,2	25,4	24,9	94,6	92,7	97,2	
3	0,1	0,1	0,7	25,2	25,2	24,3	25,3	25,1	25,1	24,8	95,0	93,1	97,6	
4	0,1	0,0	0,8	25,0	25,0	24,1	25,1	24,9	24,9	24,6	95,3	93,4	97,6	
5	0,1	0,0	0,9	24,9	24,9	24,0	25,0	24,8	24,8	24,5	95,6	93,6	97,8	
6	0,1	0,0	1,0	24,7	24,8	23,8	24,9	24,7	24,6	24,3	95,8	93,4	98,0	
7	0,0	0,1	0,7	24,7	24,7	23,8	24,9	24,7	24,9	24,4	96,3	93,7	93,8	
8	0,1	0,1	0,9	25,9	25,4	25,0	26,2	25,2	28,5	25,1	93,9	92,3	86,6	
9	0,2	0,1	1,6	27,2	26,3	26,5	27,7	26,4	31,9	26,3	90,4	91,4	79,0	
10	0,3	0,1	1,6	28,3	27,2	28,5	28,9	27,3	32,7	27,2	84,9	88,3	73,2	
11	0,2	0,2	2,0	29,5	28,2	30,1	30,1	28,3	31,6	28,2	80,0	83,8	65,4	
12	0,3	0,1	2,2	30,6	29,1	30,6	31,3	29,2	32,5	29,0	74,7	80,6	62,8	
13	0,2	0,2	1,8	31,1	29,3	31,1	31,7	29,3	32,8	29,3	73,3	80,4	58,0	
14	0,8	0,2	2,0	31,5	29,6	31,3	32,0	29,6	32,7	29,5	70,4	77,5	64,8	
15	0,3	0,3	2,4	31,1	29,1	31,2	31,6	29,2	32,2	28,9	71,8	78,2	70,4	
16	0,2	0,1	1,7	29,9	28,3	29,4	30,2	28,2	30,9	28,2	75,0	80,9	79,6	
17	0,3	0,1	1,4	29,5	28,0	29,1	29,9	28,0	30,2	27,8	77,9	82,8	80,4	
18	0,2	0,1	0,8	28,3	27,3	27,8	28,6	27,3	29,0	27,3	83,9	86,4	85,8	
19	0,1	0,1	0,8	27,0	26,5	26,3	27,2	26,4	27,5	26,4	88,4	88,9	91,2	
20	0,2	0,0	0,6	26,6	26,2	25,6	26,8	26,2	26,9	26,0	90,0	90,4	93,4	
21	0,1	0,1	0,5	26,3	26,0	25,2	26,4	25,9	26,3	25,6	89,8	89,4	96,8	
22	0,1	0,1	0,5	26,0	25,8	25,0	26,2	25,7	26,0	25,4	91,2	90,6	97,0	
23	0,1	0,1	0,7	25,8	25,6	24,9	25,9	25,6	25,8	25,2	91,6	90,6	97,2	
24	0,1	0,0	0,7	25,5	25,4	24,6	25,7	25,3	25,5	25,0	93,0	91,7	97,2	
<b>Max</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>2,4</b>	<b>31,5</b>	<b>29,6</b>	<b>31,3</b>	<b>32,0</b>	<b>29,6</b>	<b>32,8</b>	<b>29,5</b>	<b>96,3</b>	<b>93,7</b>	<b>98,0</b>	
<b>Med</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1,2</b>	<b>27,3</b>	<b>26,6</b>	<b>26,7</b>	<b>27,6</b>	<b>26,6</b>	<b>28,3</b>	<b>26,4</b>	<b>87,0</b>	<b>88,2</b>	<b>85,8</b>	
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>24,7</b>	<b>24,7</b>	<b>23,8</b>	<b>24,9</b>	<b>24,7</b>	<b>24,6</b>	<b>24,3</b>	<b>70,4</b>	<b>77,5</b>	<b>58,0</b>	

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do Pannel (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 4** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)			TS (°C)			UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext
1	0,1	0,0	0,4	26,1	25,9	24,6	26,3	25,9	26,3	25,8	91,1	90,0	96,6		
2	0,1	0,0	0,6	25,9	25,8	24,3	26,0	25,7	26,1	25,6	92,5	90,8	97,4		
3	0,1	0,0	0,7	25,6	25,6	24,2	25,8	25,5	25,8	25,4	93,4	91,3	97,8		
4	0,1	0,0	0,8	25,3	25,4	24,1	25,5	25,3	25,5	25,2	94,3	91,7	98,0		
5	0,1	0,0	0,8	25,2	25,3	24,1	25,4	25,2	25,4	25,0	94,9	92,3	98,0		
6	0,1	0,0	0,9	25,1	25,2	23,9	25,3	25,1	25,3	25,0	95,2	92,5	97,8		
7	0,1	0,1	0,6	25,0	25,1	24,2	25,2	25,1	25,2	24,9	95,7	92,9	98,0		
8	0,1	0,1	1,3	26,3	25,8	25,5	26,4	25,5	26,9	25,0	92,9	91,7	77,4		
9	0,2	0,1	2,1	27,0	26,2	28,2	27,3	26,2	29,2	25,6	91,2	91,6	77,4		
10	0,2	0,0	2,1	28,1	27,0	29,0	28,4	27,0	30,5	26,4	86,4	89,1	74,0		
11	0,2	0,1	2,5	29,1	27,6	30,2	29,4	27,6	30,8	27,1	81,0	87,2	66,4		
12	0,2	0,1	2,4	29,9	28,3	30,9	30,2	28,3	31,0	27,8	76,8	84,3	62,0		
13	0,2	0,1	2,6	30,7	28,8	31,7	30,9	28,7	31,4	28,3	73,4	82,0	59,8		
14	0,2	0,1	2,3	31,2	29,1	32,2	31,4	29,0	31,8	28,6	70,7	80,1	57,0		
15	0,1	0,1	2,2	31,6	29,3	32,3	31,8	29,2	32,1	28,9	68,7	78,4	57,0		
16	0,2	0,0	2,1	31,3	29,0	29,5	31,5	28,9	31,8	28,8	70,4	79,4	64,8		
17	0,1	0,1	1,3	31,0	28,7	28,2	31,1	28,6	31,3	28,4	71,4	80,0	70,6		
18	0,1	0,0	0,5	29,8	28,0	27,8	30,0	28,0	30,4	28,0	76,2	82,6	79,2		
19	0,1	0,0	0,5	28,8	27,6	26,7	28,9	27,5	29,5	27,5	80,9	84,6	88,0		
20	0,1	0,1	0,5	28,1	27,3	26,3	28,3	27,2	28,7	27,2	84,4	86,5	90,2		
21	0,1	0,1	0,4	27,6	27,0	26,0	27,8	26,9	28,1	26,8	86,0	87,6	91,4		
22	0,1	0,0	0,5	27,2	26,7	25,5	27,4	26,6	27,5	26,5	87,5	88,2	92,8		
23	0,1	0,0	0,6	26,8	26,5	25,2	27,0	26,4	27,1	26,3	89,0	89,0	94,6		
24	0,1	0,0	0,4	26,4	26,2	24,8	26,6	26,1	26,7	26,0	89,9	89,6	95,6		
<b>Max</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>2,6</b>	<b>31,6</b>	<b>29,3</b>	<b>32,3</b>	<b>31,8</b>	<b>29,2</b>	<b>32,1</b>	<b>28,9</b>	<b>95,7</b>	<b>92,9</b>	<b>98,0</b>		
<b>Med</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>1,2</b>	<b>27,9</b>	<b>27,0</b>	<b>27,1</b>	<b>28,1</b>	<b>26,9</b>	<b>28,5</b>	<b>26,7</b>	<b>84,7</b>	<b>87,2</b>	<b>82,6</b>		
<b>Min</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>25,0</b>	<b>25,1</b>	<b>23,9</b>	<b>25,2</b>	<b>25,1</b>	<b>25,2</b>	<b>24,9</b>	<b>68,7</b>	<b>78,4</b>	<b>57,0</b>		

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do PAINEL (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 5** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS** L/O, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)			TS (°C)			UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext
1	0,1	0,1	0,5	26,4	26,2	24,8	26,5	26,2	26,5	26,1	88,9	87,6	94,0		
2	0,1	0,0	0,6	26,1	26,0	24,7	26,2	26,0	26,2	25,8	90,2	88,3	94,8		
3	0,1	0,0	0,6	25,9	25,9	24,6	26,0	25,8	26,0	25,7	90,9	89,1	95,4		
4	0,0	0,0	0,8	25,7	25,7	24,4	25,9	25,7	25,8	25,5	91,8	89,5	96,0		
5	0,1	0,0	0,6	25,6	25,6	24,3	25,7	25,5	25,7	25,4	92,3	89,9	96,2		
6	0,0	0,0	0,6	25,4	25,4	24,0	25,5	25,4	25,4	25,2	92,6	90,3	96,6		
7	0,1	0,0	0,8	25,3	25,4	24,0	25,4	25,3	25,4	25,1	93,6	91,0	96,8		
8	0,1	0,4	1,5	26,8	26,5	25,6	26,6	26,0	27,7	25,6	91,8	89,5	79,8		
9	0,8	0,3	1,9	28,3	27,6	27,8	29,0	27,7	31,0	26,8	86,3	87,8	79,8		
10	1,0	0,3	1,9	29,4	28,7	29,9	30,0	28,8	32,0	27,8	80,2	81,9	70,4		
11	0,8	0,3	2,5	30,1	29,4	30,5	30,5	29,4	32,0	28,4	76,8	79,4	67,0		
12	0,7	0,3	2,3	30,7	30,0	31,2	31,1	30,0	31,8	29,0	72,9	75,9	63,0		
13	0,3	0,2	2,0	30,8	30,0	31,6	31,4	30,0	31,7	29,1	72,5	76,0	64,4		
14	0,4	0,3	2,1	31,6	30,6	32,2	32,1	30,6	32,0	29,5	67,0	71,1	57,4		
15	0,3	0,4	2,0	32,1	30,7	32,9	32,5	30,7	32,3	29,7	63,2	68,8	53,4		
16	0,3	0,2	1,6	32,4	30,6	32,9	33,0	30,6	32,5	29,7	62,9	68,6	52,2		
17	0,7	0,2	1,1	31,7	30,0	31,8	32,2	29,9	32,1	29,5	67,1	71,5	56,8		
18	0,3	0,4	0,9	30,8	29,4	30,9	31,0	29,3	31,6	29,2	70,8	74,6	61,8		
19	0,1	0,1	0,8	29,0	28,4	27,9	29,2	28,3	30,1	28,5	79,8	80,5	78,6		
20	0,1	0,1	0,5	28,5	27,9	27,0	28,7	27,8	29,1	27,8	80,9	81,3	84,4		
21	0,1	0,1	0,5	27,7	27,3	26,3	27,8	27,2	28,2	27,2	85,1	84,4	90,6		
22	0,1	0,1	0,5	27,2	26,9	25,8	27,3	26,9	27,6	26,9	87,1	86,1	92,6		
23	0,1	0,1	0,4	27,0	26,8	25,6	27,2	26,7	27,3	26,6	87,0	86,2	93,4		
24	0,1	0,1	0,4	26,7	26,5	25,2	26,9	26,4	26,9	26,3	87,7	86,9	94,2		
<b>Max</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	<b>2,5</b>	<b>32,4</b>	<b>30,7</b>	<b>32,9</b>	<b>33,0</b>	<b>30,7</b>	<b>32,5</b>	<b>29,7</b>	<b>93,6</b>	<b>91,0</b>	<b>96,8</b>		
<b>Med</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>28,4</b>	<b>27,8</b>	<b>27,8</b>	<b>28,7</b>	<b>27,8</b>	<b>29,0</b>	<b>27,4</b>	<b>81,7</b>	<b>82,3</b>	<b>79,6</b>		
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>25,3</b>	<b>25,4</b>	<b>24,0</b>	<b>25,4</b>	<b>25,3</b>	<b>25,4</b>	<b>25,1</b>	<b>62,9</b>	<b>68,6</b>	<b>52,2</b>		

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do Painel (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 6** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)			TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext	
1	0,1	0,1	0,4	26,0	25,9	24,4	26,1	25,9	26,3	25,9	90,5	88,9	94,8	
2	0,1	0,0	0,4	25,7	25,7	24,2	25,9	25,7	26,0	25,7	90,9	88,9	95,8	
3	0,1	0,0	0,4	25,5	25,6	23,8	25,6	25,5	25,7	25,5	91,4	89,1	96,7	
4	0,1	0,1	0,4	25,2	25,3	23,6	25,4	25,3	25,4	25,3	92,1	89,5	97,2	
5	0,1	0,1	0,4	25,0	25,1	23,3	25,1	25,1	25,2	25,1	92,6	89,9	97,5	
6	0,1	0,0	0,5	24,8	25,0	23,1	25,0	24,9	25,0	24,9	93,3	90,4	97,7	
7	0,0	0,1	0,4	24,7	24,8	23,3	24,8	24,8	24,9	24,8	93,9	90,9	97,7	
8	0,2	0,1	1,0	26,8	26,4	24,8	26,4	25,9	27,1	25,5	89,1	86,7	80,0	
9	0,4	0,3	1,5	27,9	27,4	27,6	28,4	27,5	30,0	26,7	86,5	85,5	80,0	
10	0,6	0,3	2,0	29,2	28,6	29,8	29,8	28,7	31,7	27,6	79,7	80,5	71,4	
11	0,3	0,2	2,3	30,4	29,5	30,8	30,9	29,6	32,0	28,6	72,5	74,5	63,6	
12	0,5	0,1	2,1	31,2	30,3	31,5	31,8	30,4	32,2	29,4	68,9	71,6	60,2	
13	0,3	0,2	2,2	31,8	30,8	32,3	32,4	30,9	32,5	29,8	65,0	67,8	55,0	
14	0,3	0,2	1,9	32,3	31,0	32,6	32,7	31,1	32,7	30,1	62,3	66,2	53,4	
15	0,4	0,2	1,7	32,7	31,1	32,6	33,1	31,1	33,0	30,2	61,1	65,5	54,4	
16	0,5	0,2	1,4	31,2	30,0	31,4	31,4	30,0	32,1	29,7	69,0	72,3	59,8	
17	0,4	0,2	1,2	30,6	29,5	30,7	31,0	29,5	31,5	29,3	70,1	72,9	63,6	
18	0,2	0,1	1,2	29,9	28,8	28,6	30,1	28,7	30,7	28,6	73,3	75,8	72,6	
19	0,1	0,1	0,5	28,1	27,4	26,6	28,3	27,5	29,1	27,7	80,2	80,5	81,8	
20	0,1	0,1	0,4	27,7	27,3	25,8	27,8	27,3	28,3	27,3	83,4	83,1	88,0	
21	0,1	0,1	0,4	27,3	27,0	25,4	27,5	27,0	27,6	27,0	84,9	84,5	92,2	
22	0,1	0,1	0,4	26,9	26,7	25,0	27,1	26,6	27,2	26,6	85,4	84,4	92,2	
23	0,1	0,1	0,4	26,5	26,4	24,9	26,7	26,4	26,8	26,4	87,4	86,2	92,6	
24	0,1	0,1	0,4	26,3	26,1	24,6	26,4	26,1	26,5	26,1	89,3	87,7	94,4	
<b>Max</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>2,3</b>	<b>32,7</b>	<b>31,1</b>	<b>32,6</b>	<b>33,1</b>	<b>31,1</b>	<b>33,0</b>	<b>30,2</b>	<b>93,9</b>	<b>90,9</b>	<b>97,7</b>	
<b>Med</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>	<b>28,1</b>	<b>27,6</b>	<b>27,1</b>	<b>28,3</b>	<b>27,6</b>	<b>28,7</b>	<b>27,2</b>	<b>81,4</b>	<b>81,4</b>	<b>80,5</b>	
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>24,7</b>	<b>24,8</b>	<b>23,1</b>	<b>24,8</b>	<b>24,8</b>	<b>24,9</b>	<b>24,8</b>	<b>61,1</b>	<b>65,5</b>	<b>53,4</b>	

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do PAINEL (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 7** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)		TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext <sup>(1)</sup>	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext
1	0,1	0,1	0,4	26,1	26,1	25,3	26,3	26,0	26,3	26,1	88,8	86,1	91,8
2	0,1	0,1	0,4	25,8	25,9	25,0	26,0	25,9	26,1	25,9	89,9	86,9	93,8
3	0,1	0,0	0,4	25,6	25,7	24,8	25,7	25,7	25,8	25,7	90,8	87,6	94,8
4	0,1	0,0	0,4	25,4	25,5	24,6	25,6	25,4	25,6	25,5	91,6	88,2	95,6
5	0,0	0,0	0,4	25,2	25,4	24,3	25,4	25,3	25,4	25,4	92,0	88,5	96,2
6	0,1	0,1	0,4	25,0	25,2	24,1	25,2	25,2	25,2	25,2	92,6	88,9	96,8
7	0,0	0,1	0,4	24,9	25,2	24,0	25,1	25,1	25,1	25,2	93,5	89,4	97,4
8	0,1	0,1	0,7	26,8	26,7	25,1	26,2	25,7	26,0	25,6	88,8	85,5	96,4
9	0,2	0,1	1,3	27,5	26,7	28,2	27,8	26,7	27,8	26,1	89,1	88,0	84,2
10	0,2	0,1	1,6	28,8	27,7	29,5	29,1	27,7	29,7	26,9	82,8	84,1	70,4
11	0,2	0,1	1,7	29,9	28,5	31,0	30,2	28,5	30,8	27,7	76,6	80,4	65,2
12	0,1	0,1	1,7	30,9	29,2	32,0	31,2	29,1	31,4	28,4	72,3	77,5	59,6
13	0,2	0,0	1,6	31,6	29,7	32,4	32,0	29,7	31,8	28,9	67,6	74,4	57,0
14	0,2	0,1	1,2	31,8	29,7	32,2	32,1	29,6	31,9	29,3	66,6	73,6	59,4
15	0,1	0,1	1,8	32,3	29,9	32,9	32,5	29,9	32,2	29,5	66,2	73,2	55,4
16	0,1	0,1	2,0	31,5	29,6	31,7	31,7	29,5	31,8	29,4	68,0	73,9	59,6
17	0,1	0,1	2,1	30,7	29,0	30,3	30,8	28,9	31,1	29,0	70,9	75,6	67,6
18	0,1	0,1	1,4	29,9	28,6	29,2	30,0	28,6	30,4	28,7	75,1	77,9	73,0
19	0,1	0,1	0,4	29,2	28,3	28,3	29,3	28,2	29,8	28,2	76,8	78,0	77,8
20	0,1	0,1	0,4	28,5	27,9	27,5	28,6	27,9	29,0	27,8	80,5	80,4	80,2
21	0,1	0,1	0,4	27,8	27,4	26,8	27,9	27,4	28,3	27,3	81,7	80,8	86,0
22	0,1	0,1	0,5	27,2	27,0	26,3	27,3	26,9	27,7	26,9	83,4	82,0	86,6
23	0,1	0,1	0,4	26,7	26,6	25,8	26,9	26,5	27,1	26,5	85,6	83,5	88,0
24	0,1	0,1	0,4	26,4	26,4	25,6	26,6	26,3	26,8	26,3	87,4	84,9	90,2
<b>Max</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>2,1</b>	<b>32,3</b>	<b>29,9</b>	<b>32,9</b>	<b>32,5</b>	<b>29,9</b>	<b>32,2</b>	<b>29,5</b>	<b>93,5</b>	<b>89,4</b>	<b>97,4</b>
<b>Med</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>	<b>28,1</b>	<b>27,4</b>	<b>27,8</b>	<b>28,3</b>	<b>27,3</b>	<b>28,5</b>	<b>27,2</b>	<b>81,6</b>	<b>82,1</b>	<b>80,1</b>
<b>Min</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>24,9</b>	<b>25,2</b>	<b>24,0</b>	<b>25,1</b>	<b>25,1</b>	<b>25,1</b>	<b>25,2</b>	<b>66,2</b>	<b>73,2</b>	<b>55,4</b>

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do PAINEL (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

<sup>1</sup> Os dados externos da velocidade do ar são de 11 a 15 de Agosto de 2005, em virtude de falha no equipamento da Estação Meteorológica da Embrapa no período em estudo citado no título da tabela.

**Tabela 8** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS** L/O, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)			TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext	
1	0,3	0,1	0,6	25,7	26,0	24,9	25,9	26,0	26,4	26,1	91,3	86,7	91,0	
2	0,2	0,1	0,4	25,4	25,6	24,4	25,6	25,6	26,1	25,9	92,2	88,9	93,4	
3	0,3	0,2	0,4	25,0	25,3	24,0	25,2	25,2	25,8	25,5	93,9	89,6	94,4	
4	0,3	0,2	0,4	24,7	24,9	23,7	24,9	24,9	25,4	25,3	94,8	90,8	96,0	
5	0,3	0,1	0,4	24,6	24,6	23,6	24,7	24,6	25,1	25,1	95,6	93,2	96,4	
6	0,2	0,2	0,4	24,3	24,4	23,6	24,5	24,4	24,9	24,9	95,8	93,5	96,8	
7	0,3	0,1	0,4	24,7	24,3	24,5	27,1	24,4	24,8	24,8	95,5	94,0	95,0	
8	1,1	0,3	0,8	26,3	25,6	26,1	30,0	25,6	25,9	25,4	90,4	90,2	88,4	
9	1,0	0,2	1,8	27,9	27,2	28,4	28,8	27,3	28,1	26,5	84,0	84,5	75,0	
10	1,0	0,2	2,4	29,4	28,6	29,9	30,0	28,7	30,0	27,7	76,0	75,9	63,6	
11	1,1	0,2	2,3	30,3	29,8	31,3	30,8	29,8	30,9	28,6	71,6	71,5	59,6	
12	0,6	0,3	2,0	31,0	30,3	31,7	31,6	30,4	31,4	29,3	70,2	71,1	57,4	
13	1,0	0,2	2,2	31,8	31,1	32,6	32,3	31,1	31,8	29,9	65,2	66,0	53,0	
14	0,8	0,2	2,0	32,4	31,6	34,0	32,9	31,6	32,2	30,4	62,0	62,9	50,0	
15	0,5	0,2	1,7	32,9	31,9	34,3	33,4	31,8	32,6	30,7	60,2	61,4	46,0	
16	0,6	0,2	2,5	32,8	31,5	33,5	33,4	31,5	32,6	30,9	63,7	65,7	51,2	
17	0,5	0,1	2,4	31,7	30,7	32,0	32,1	30,6	32,0	30,3	67,1	68,6	55,6	
18	0,4	0,1	1,5	30,6	29,9	30,8	30,8	29,9	31,2	29,8	71,4	71,6	60,0	
19	0,2	0,1	0,9	29,2	28,9	29,0	29,4	28,9	30,0	29,0	73,8	72,8	69,4	
20	0,3	0,2	0,6	28,2	28,2	28,1	28,3	28,2	29,2	28,3	78,6	75,6	73,8	
21	0,7	0,2	0,7	27,4	27,4	27,0	27,6	27,4	28,3	27,6	83,9	80,9	81,2	
22	0,3	0,2	0,6	27,0	27,0	26,3	27,2	27,0	27,8	27,2	85,5	82,9	84,2	
23	0,6	0,2	0,6	26,5	26,7	25,7	26,6	26,7	27,2	26,7	87,7	83,8	86,4	
24	0,3	0,1	0,6	26,1	26,4	25,2	26,3	26,3	26,8	26,4	89,6	85,8	89,6	
<b>Max</b>	<b>1,1</b>	<b>0,3</b>	<b>2,5</b>	<b>32,9</b>	<b>31,9</b>	<b>34,3</b>	<b>33,4</b>	<b>31,8</b>	<b>32,6</b>	<b>30,9</b>	<b>95,8</b>	<b>94,0</b>	<b>96,8</b>	
<b>Med</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>	<b>1,2</b>	<b>28,2</b>	<b>27,8</b>	<b>28,1</b>	<b>28,7</b>	<b>27,8</b>	<b>28,6</b>	<b>27,6</b>	<b>80,8</b>	<b>79,5</b>	<b>75,3</b>	
<b>Min</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>24,3</b>	<b>24,3</b>	<b>23,6</b>	<b>24,5</b>	<b>24,4</b>	<b>24,8</b>	<b>24,8</b>	<b>60,2</b>	<b>61,4</b>	<b>46,0</b>	

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do PAINEL (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

**Tabela 9** – Médias das variáveis ambientais obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005.

HS	Vel. Ar (m/s)			TA (°C)			TG (°C)		TS (°C)		UR (%)		
	Sol	Sombra	Ext	Sol	Sombra	Ext <sup>(2)</sup>	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Ext
1	0,2	0,1	0,5	25,5	25,7	24,3	26,1	25,6	25,7	26,0	90,1	85,8	90,2
2	0,2	0,1	0,5	25,0	25,3	24,2	25,6	25,2	25,3	25,6	92,1	87,0	92,6
3	0,2	0,1	0,4	24,7	25,0	23,8	25,3	24,9	24,9	25,3	93,3	88,0	94,0
4	0,2	0,1	0,5	24,5	24,8	23,6	25,0	24,7	24,7	25,1	94,2	89,1	96,0
5	0,2	0,1	0,4	24,3	24,5	23,4	24,6	24,5	24,4	24,8	94,8	89,9	96,2
6	0,2	0,0	0,4	24,0	24,3	23,4	24,4	24,2	24,1	24,6	96,0	90,6	97,2
7	0,1	0,1	0,5	24,0	24,2	23,2	24,3	24,2	24,2	24,5	96,7	91,2	97,8
8	0,4	0,2	1,0	25,7	25,6	24,6	25,5	25,4	26,0	25,1	92,8	89,6	93,0
9	0,4	0,2	1,9	27,5	26,8	27,6	27,7	27,0	27,9	26,0	86,7	87,3	78,2
10	0,6	0,2	2,4	28,9	28,1	29,5	29,5	28,3	29,3	27,1	79,0	81,6	68,0
11	0,3	0,2	2,4	30,2	29,2	31,1	30,6	29,4	30,7	28,1	71,8	74,8	61,2
12	0,5	0,2	2,5	31,3	30,2	32,0	31,3	30,4	32,0	29,0	66,6	71,2	57,0
13	0,3	0,2	2,0	31,8	30,6	32,7	31,9	30,8	32,4	29,6	65,8	68,3	55,0
14	0,3	0,1	1,5	32,4	31,0	33,1	32,4	31,1	33,0	30,1	62,6	67,3	51,4
15	0,2	0,2	1,6	31,7	30,5	32,9	32,1	30,5	32,0	30,1	66,2	68,6	53,0
16	0,3	0,2	1,7	31,0	30,0	30,0	31,6	30,0	31,5	29,9	71,3	72,7	64,8
17	0,5	0,2	1,6	30,4	29,8	29,9	31,0	29,8	30,9	29,7	74,6	74,8	68,2
18	0,3	0,1	1,5	29,7	29,3	29,0	30,3	29,2	29,9	29,3	78,2	76,8	72,0
19	0,3	0,1	0,9	29,0	28,7	28,2	29,6	28,7	29,1	28,9	81,8	79,7	78,8
20	0,3	0,2	0,6	28,4	28,3	27,7	29,0	28,2	28,5	28,4	81,9	79,1	83,2
21	0,2	0,2	0,6	27,8	27,7	27,1	28,4	27,6	27,9	27,9	83,0	80,1	82,4
22	0,2	0,2	0,5	27,1	27,1	26,5	27,7	27,0	27,2	27,3	85,6	81,9	85,0
23	0,1	0,1	0,5	26,5	26,6	25,9	27,1	26,6	26,7	26,8	86,6	83,4	87,4
24	0,3	0,1	0,5	26,0	26,2	25,3	26,5	26,1	26,2	26,4	88,7	84,8	89,4
<b>Max</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>2,5</b>	<b>32,4</b>	<b>31,0</b>	<b>33,1</b>	<b>32,4</b>	<b>31,1</b>	<b>33,0</b>	<b>30,1</b>	<b>96,7</b>	<b>91,2</b>	<b>97,8</b>
<b>Med</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>1,1</b>	<b>27,8</b>	<b>27,5</b>	<b>27,4</b>	<b>28,2</b>	<b>27,5</b>	<b>28,1</b>	<b>27,3</b>	<b>82,5</b>	<b>81,0</b>	<b>78,8</b>
<b>Min</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>24,0</b>	<b>24,2</b>	<b>23,2</b>	<b>24,3</b>	<b>24,2</b>	<b>24,1</b>	<b>24,5</b>	<b>62,6</b>	<b>67,3</b>	<b>51,4</b>

Velocidades do Ar (**Vel. Ar**), Temperaturas do Ar (**TA**), Temperaturas do Globo (**TG**), Temperaturas da Superficial do PAINEL (**TS**) e Umidades Relativa do Ar (**UR**)

<sup>2</sup> Os dados externos das Temperaturas do ar são de 28 a 31 de Agosto de 2005, em virtude de que a Embrapa não disponibilizou os dados do mês de setembro.



## **APÊNDICE B**

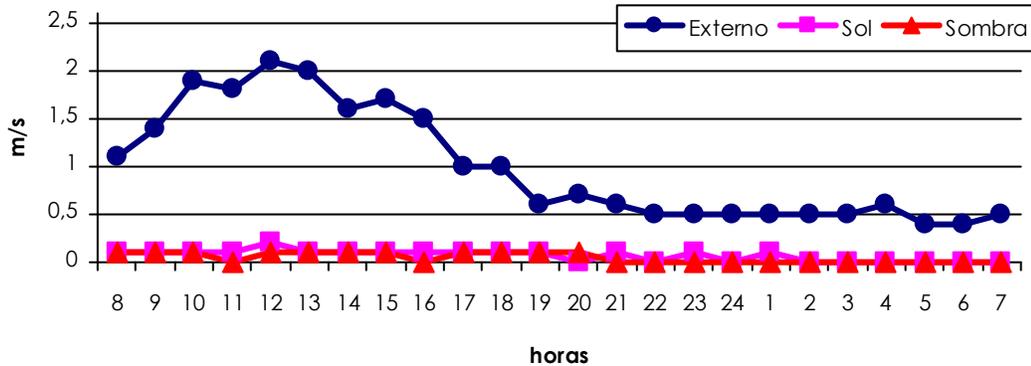
---

### **Gráficos – Sol e Sombra**

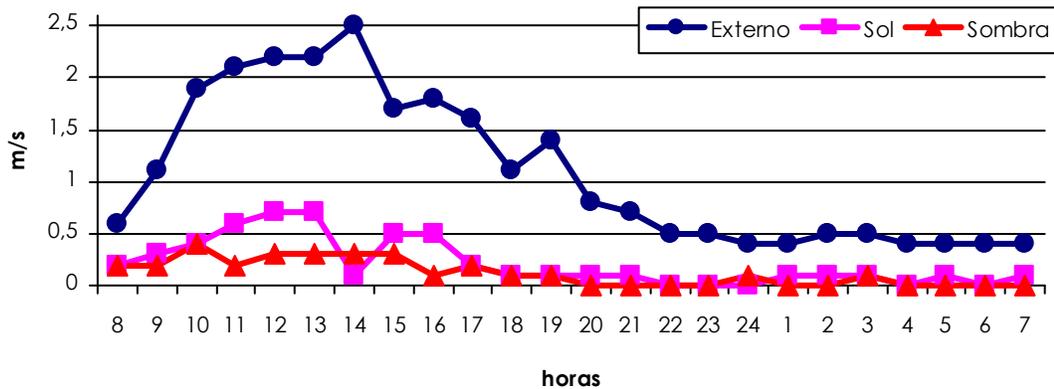


## Gráficos – Sol e Sombra

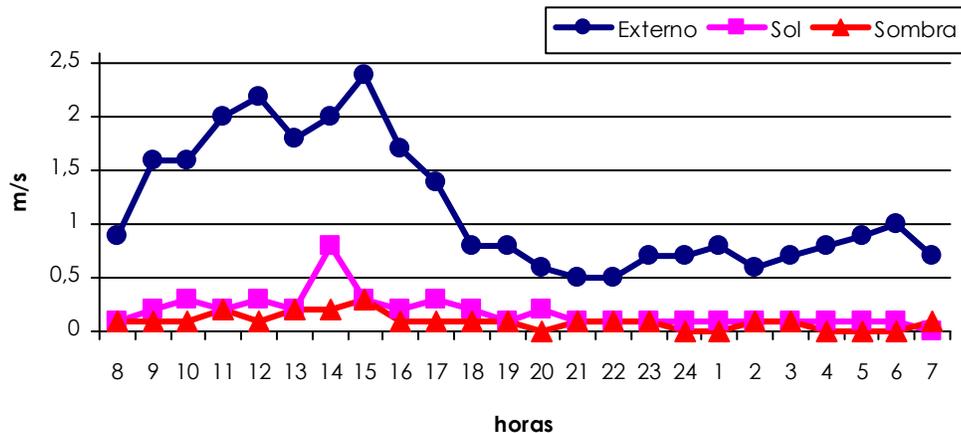
**Gráfico 1** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005.



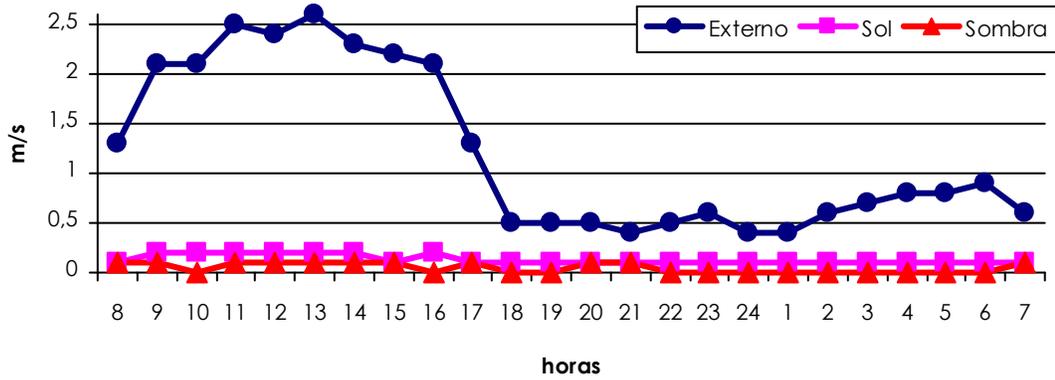
**Gráfico 2** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005.



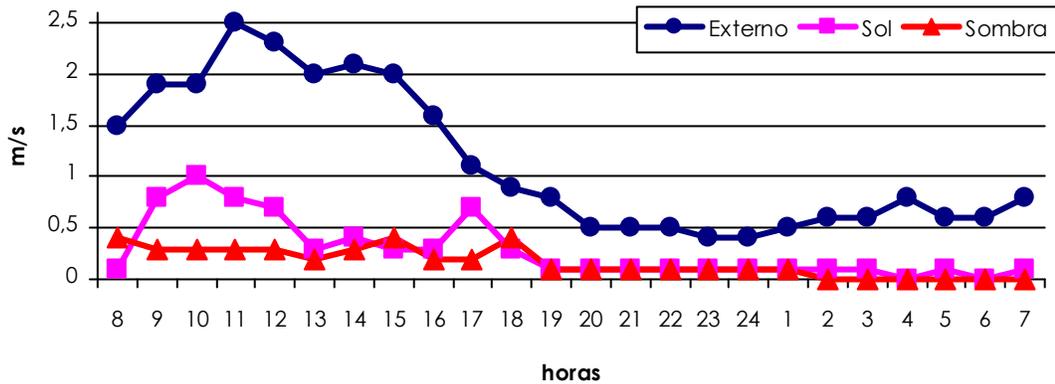
**Gráfico 3** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005.



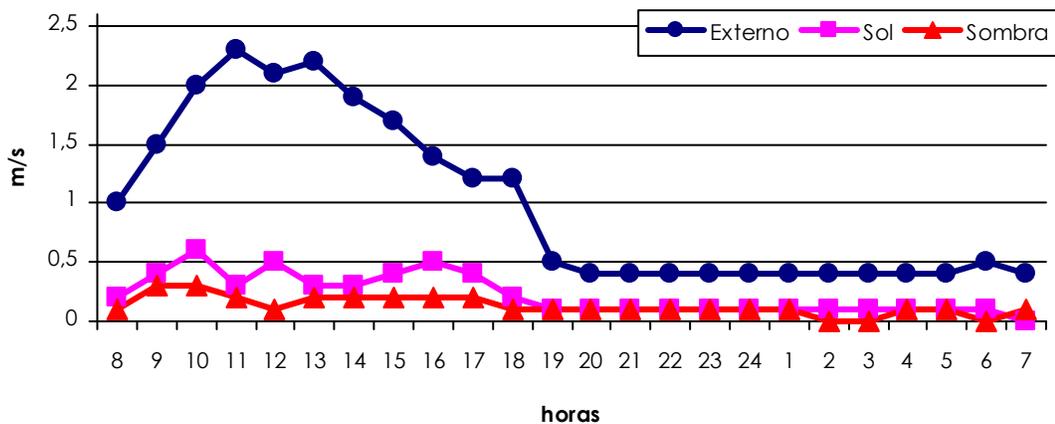
**Gráfico 4** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005.



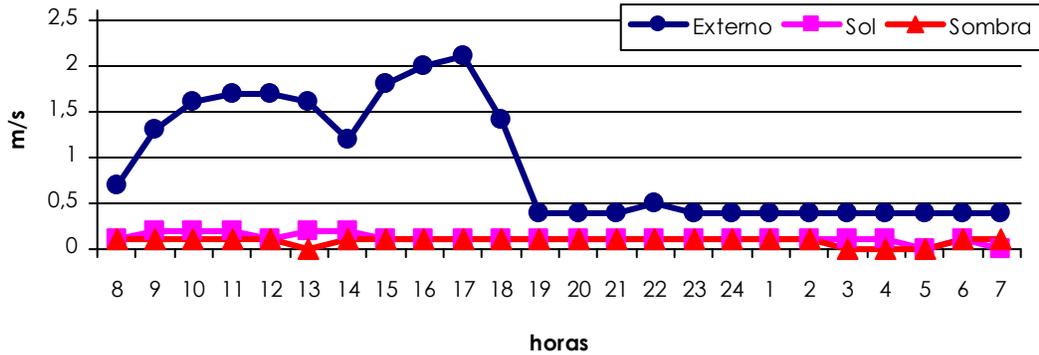
**Gráfico 5** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005.



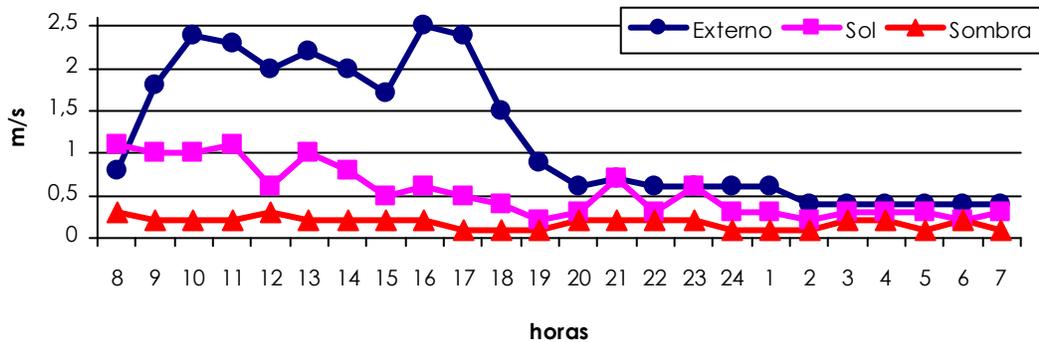
**Gráfico 6** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005.



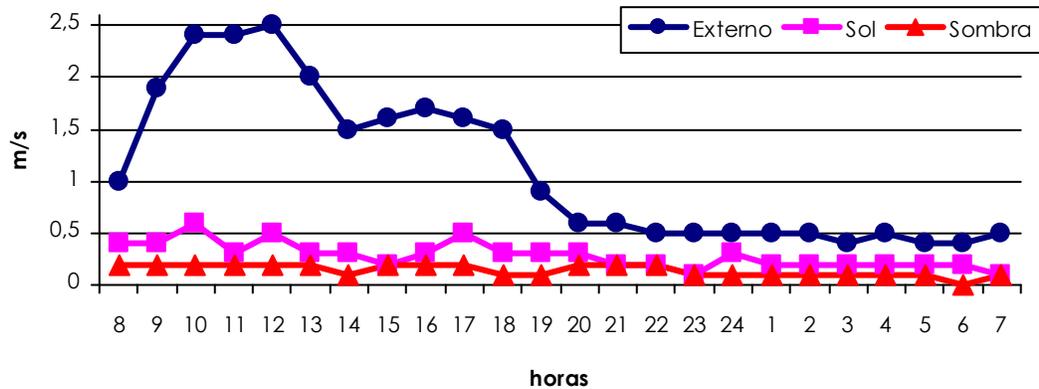
**Gráfico 7** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005.



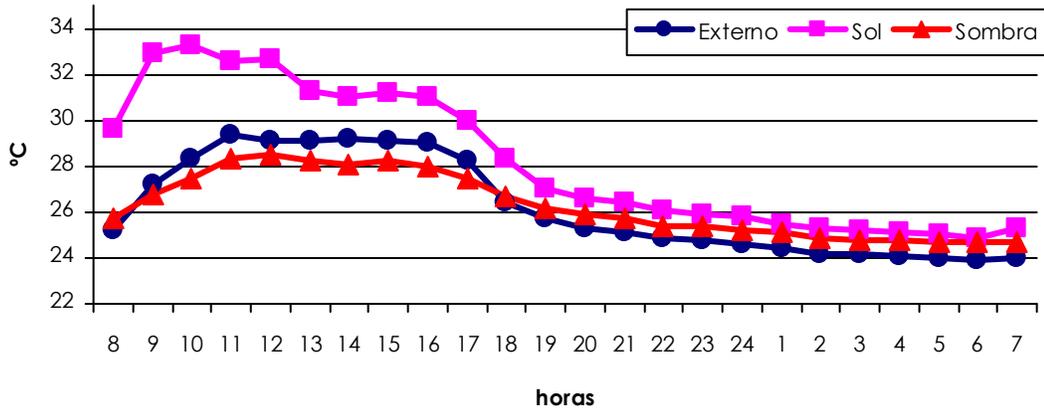
**Gráfico 8** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005.



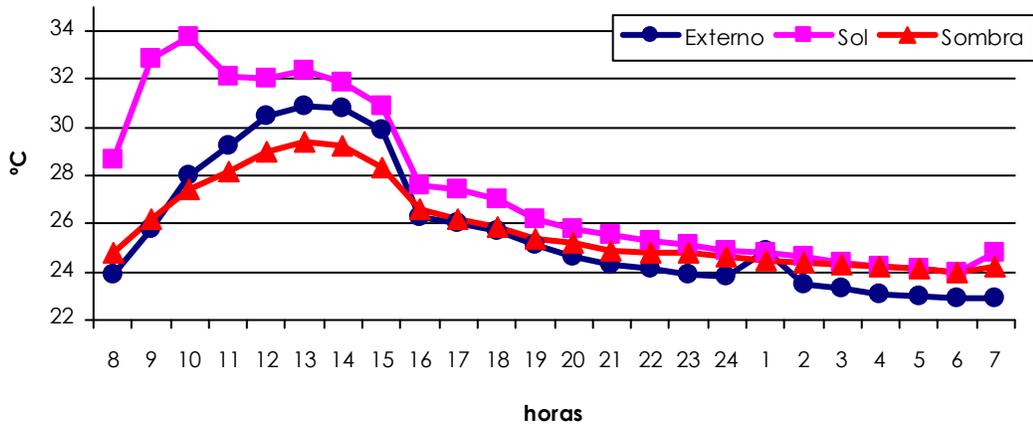
**Gráfico 9** – Médias das Velocidades do Ar (Vel. Ar) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005.



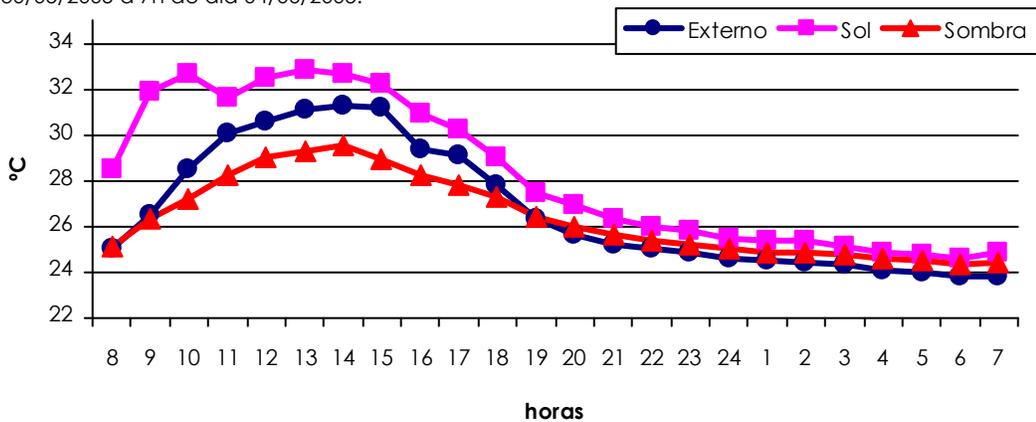
**Gráfico 10** – Médias das Temperaturas da Superficial do Painel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005.



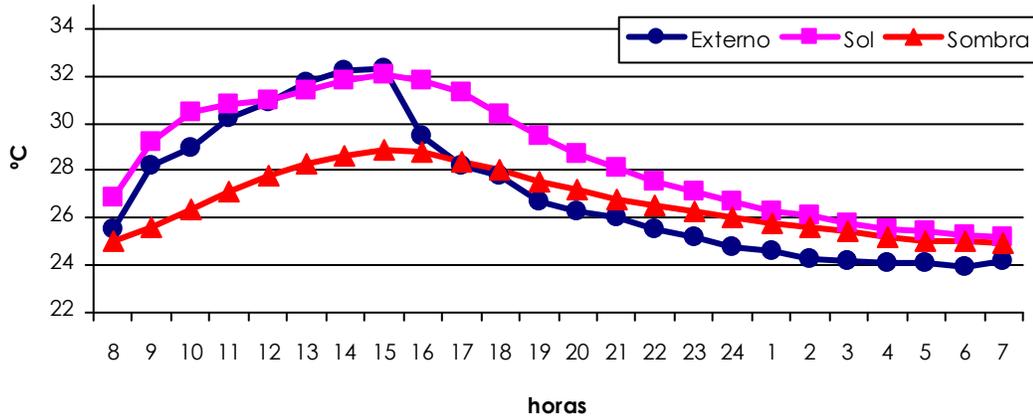
**Gráfico 11** – Médias das Temperaturas da Superficial do Painel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005.



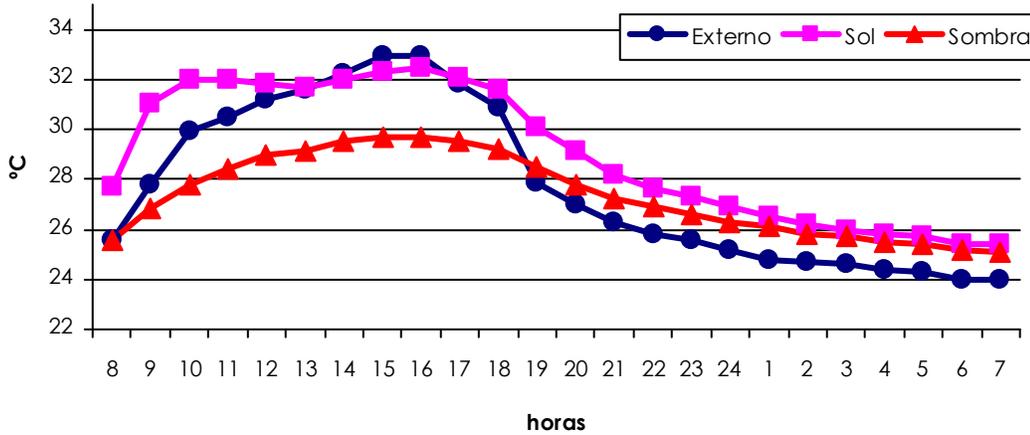
**Gráfico 12** – Médias das Temperaturas da Superficial do Painel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005.



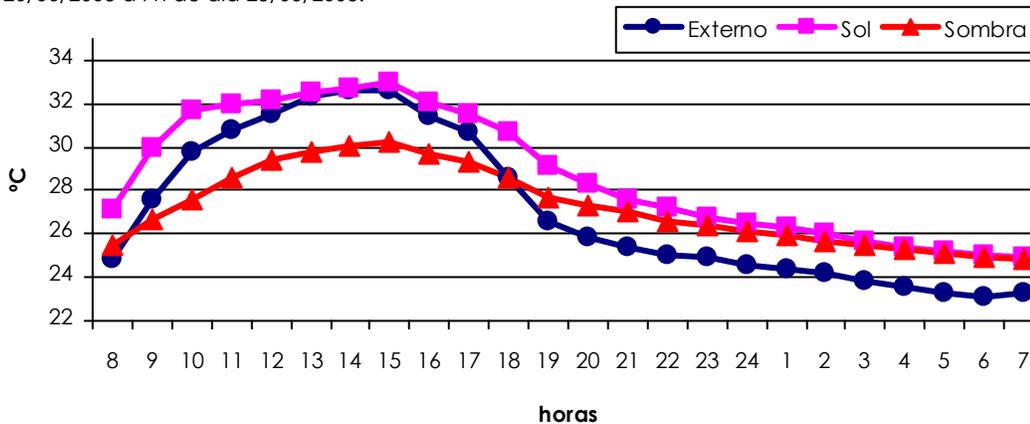
**Gráfico 13** – Médias das Temperaturas da Superficial do Pannel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005.



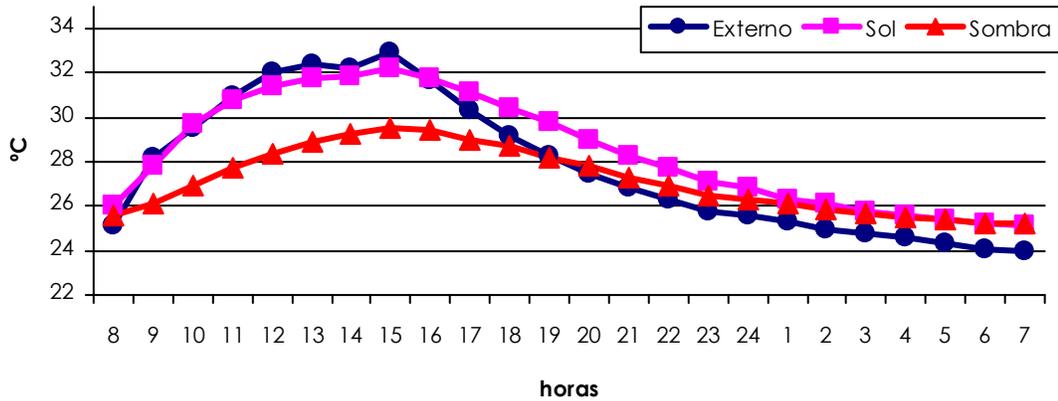
**Gráfico 14** – Médias das Temperaturas da Superficial do Pannel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005.



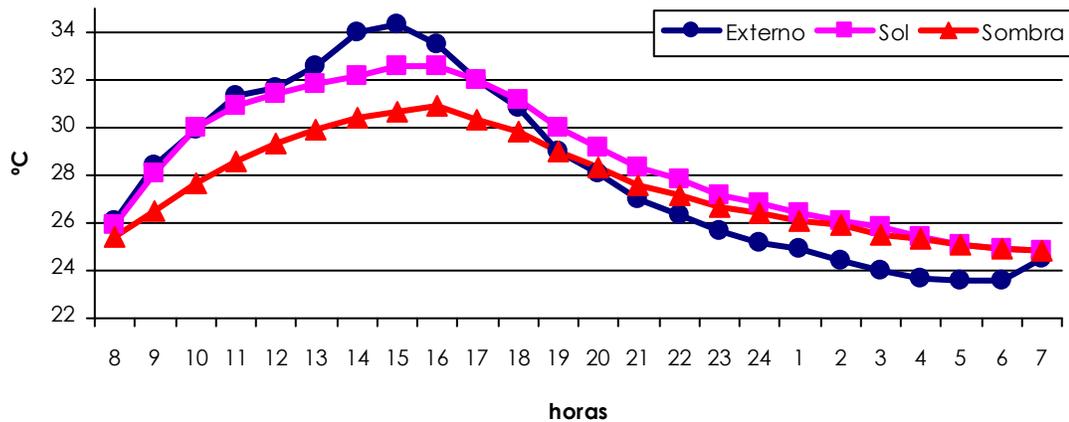
**Gráfico 15** – Médias das Temperaturas da Superficial do Pannel (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005.



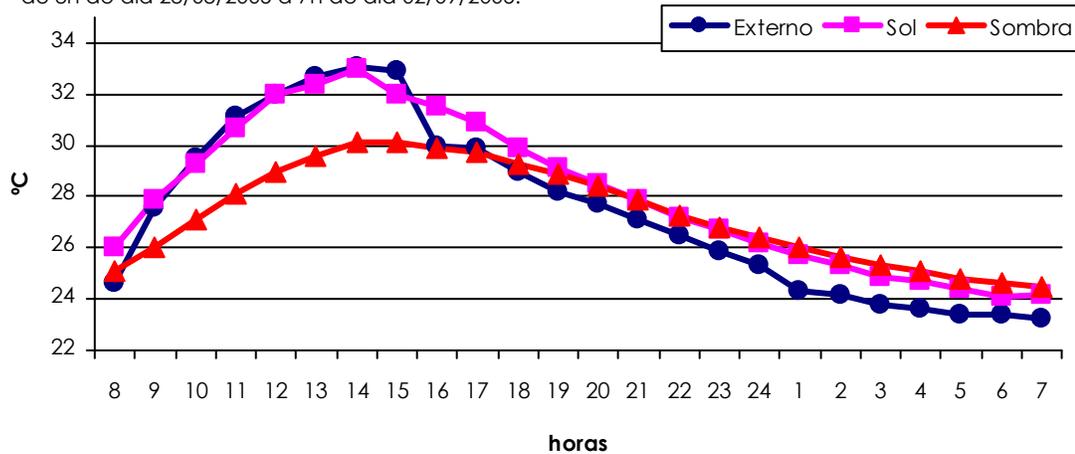
**Gráfico 16** – Médias das Temperaturas da Superficial do PAINEL (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005.



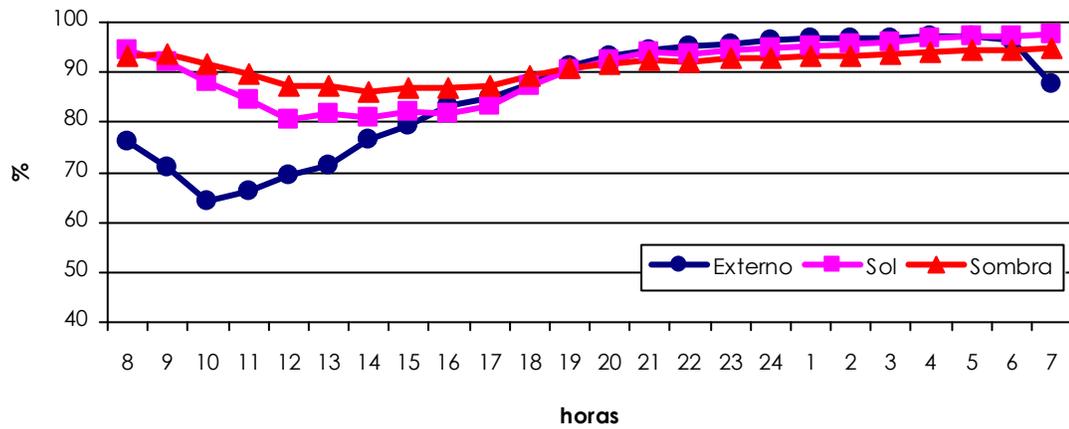
**Gráfico 17** – Médias das Temperaturas da Superficial do PAINEL (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005.



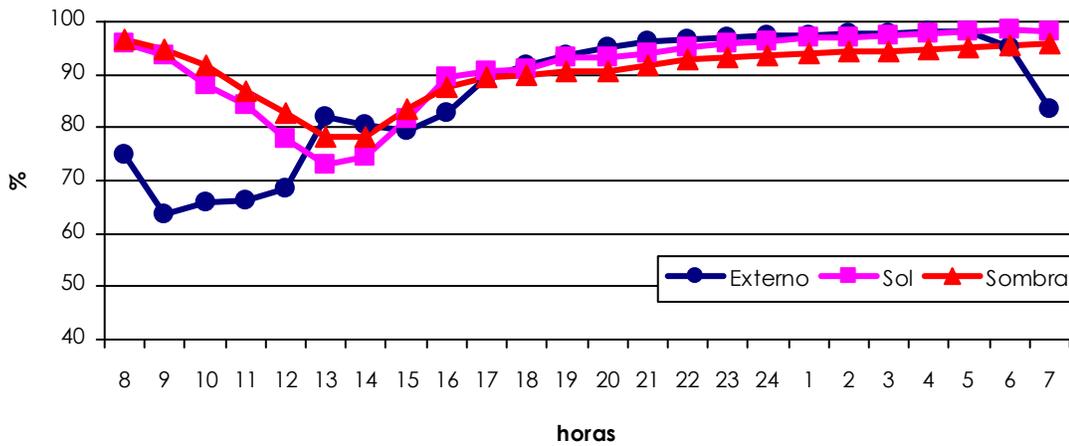
**Gráfico 18** – Médias das Temperaturas da Superficial do PAINEL (TS) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e das Temperaturas do Ar (TA) na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005.



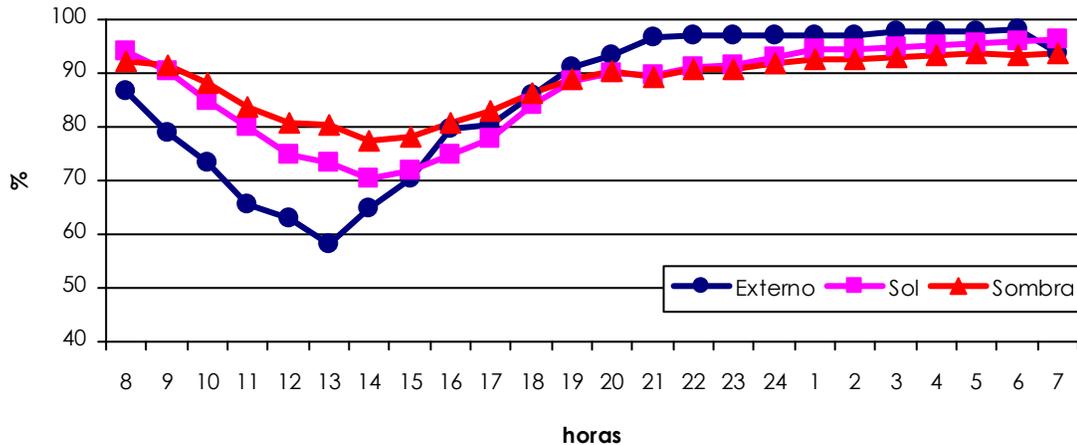
**Gráfico 19** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005.



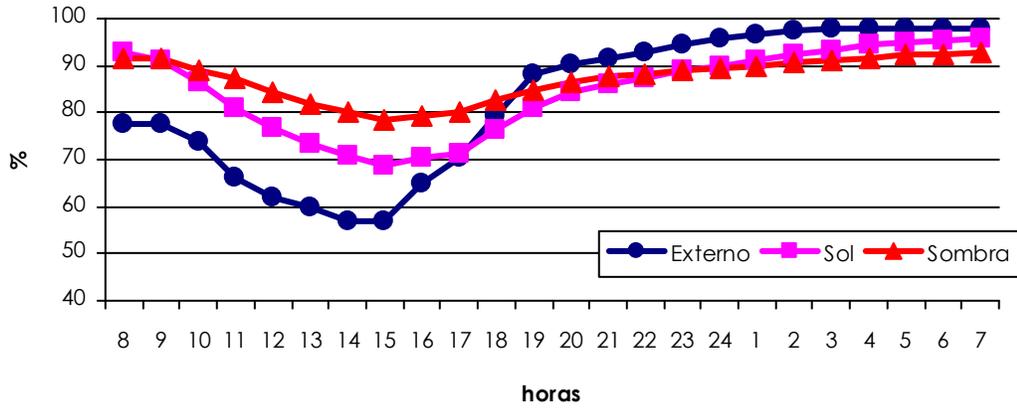
**Gráfico 20** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005.



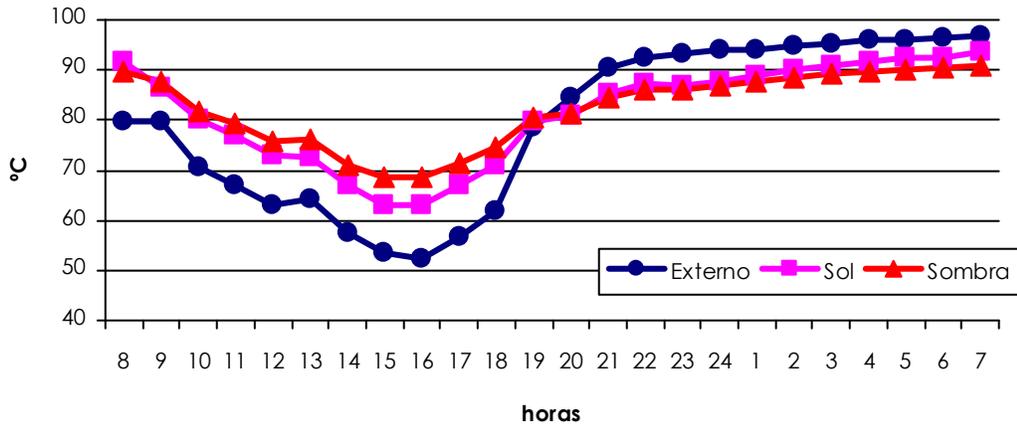
**Gráfico 21** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL SIMPLES**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005.



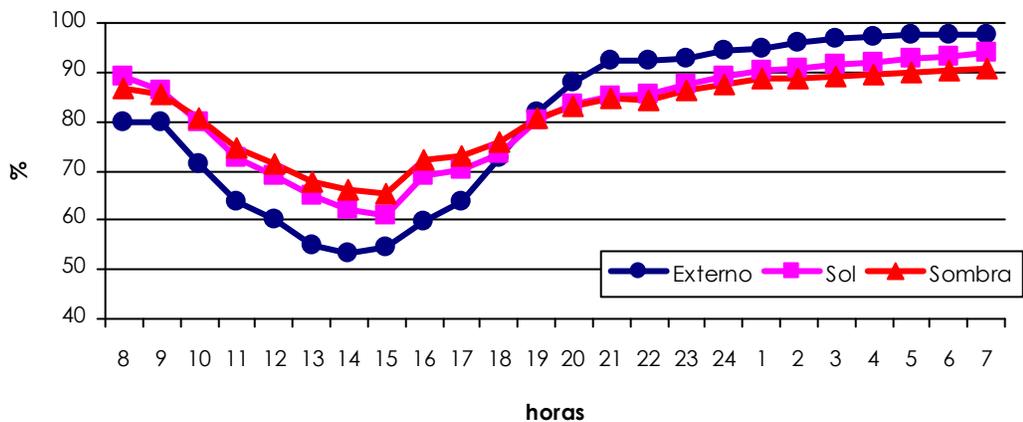
**Gráfico 22** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005.



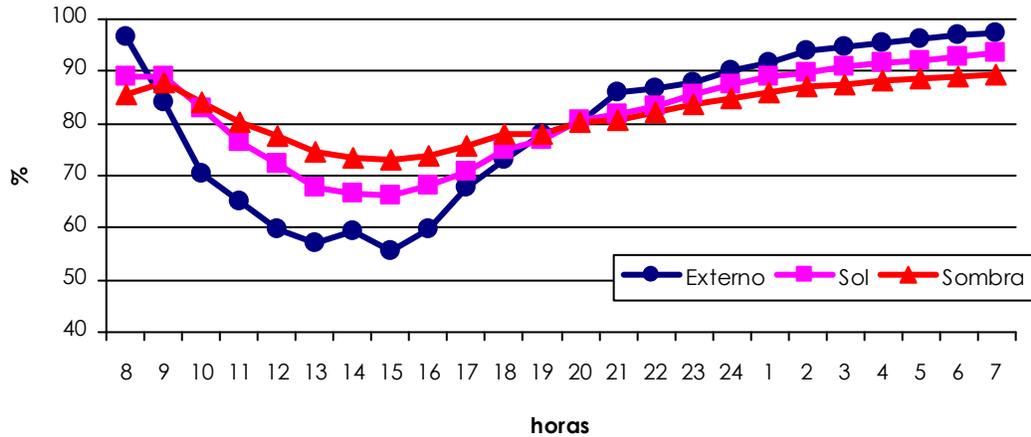
**Gráfico 23** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005.



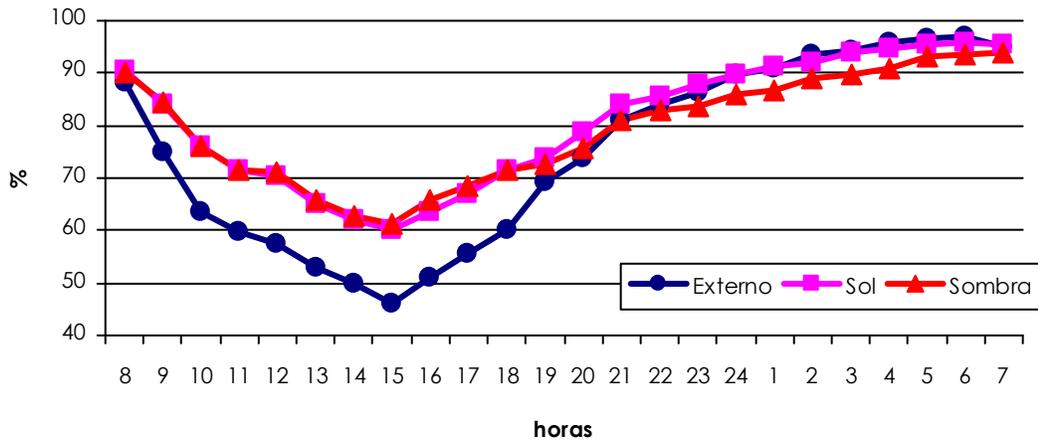
**Gráfico 24** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/AR**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005.



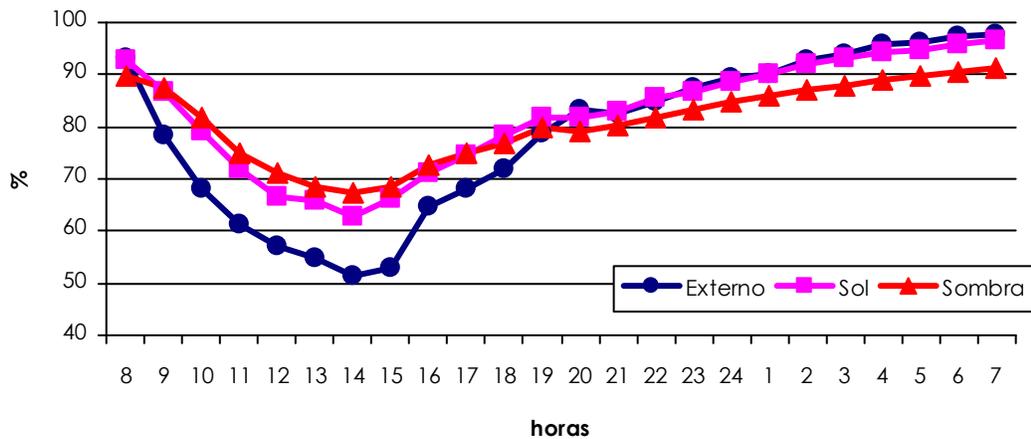
**Gráfico 25** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005.



**Gráfico 26** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005.



**Gráfico 27** – Médias das Umidades Relativa do Ar (UR) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA** e na Estação Meteorológica (**Ext**) utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005.





## **APÊNDICE C**

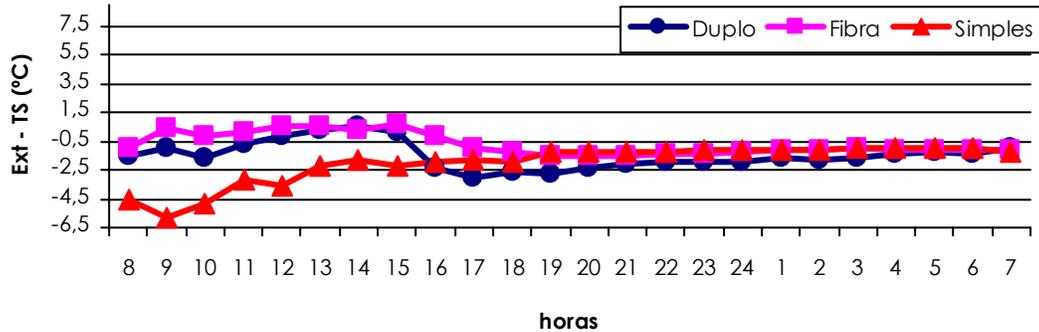
---

### ***Gráficos – Diferenças Painéis***

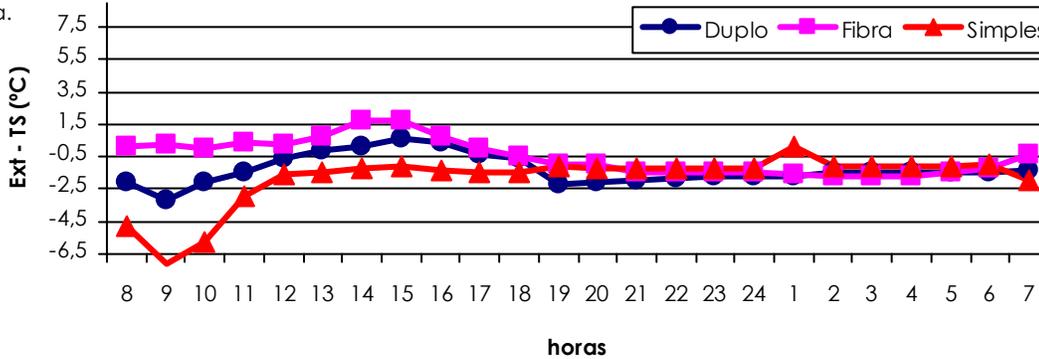


## Gráficos – Diferenças Painéis

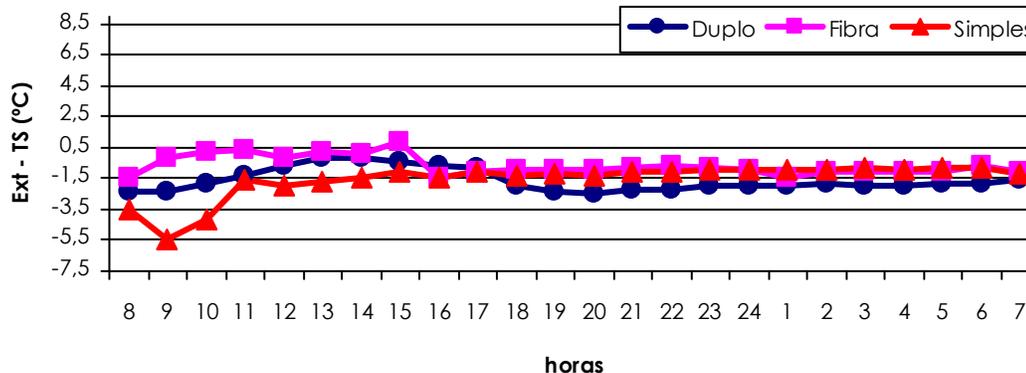
**Gráfico 28** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS** e, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



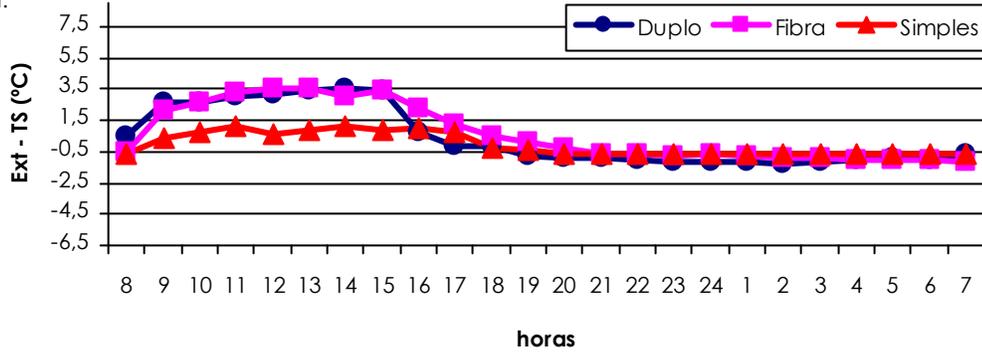
**Gráfico 29** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS** e, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



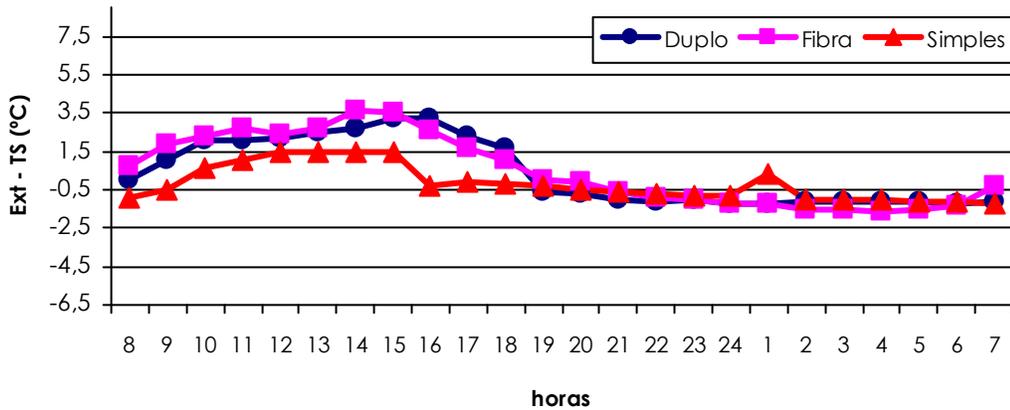
**Gráfico 30** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS** e, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 utilizando-se **PAINÉIS DE FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



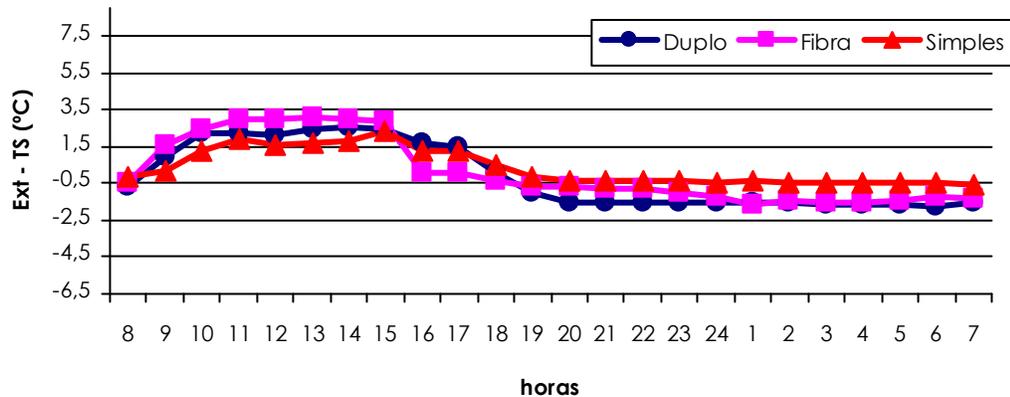
**Gráfico 31** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS FECHADAS**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 16/05/2005 a 7h do dia 21/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 07/06/2005 a 7h do dia 12/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



**Gráfico 32** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 13/06/2005 a 7h do dia 18/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 22/08/2005 a 7h do dia 27/08/2005 utilizando-se **PAINÉIS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



**Gráfico 33** – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar (**TA**) obtidas na Estação Meteorológica (**Ext**) e as Médias das Temperaturas Superficial do Painel (**TS**) obtidas nos protótipos, com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados na **SOMBRA**, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS SIMPLES**, no período de 8h do dia 20/06/2005 a 7h do dia 25/06/2005 utilizando-se **PAINÉIS DUPLOS C/ AR** e, no período de 8h do dia 28/08/2005 a 7h do dia 02/09/2005 utilizando-se **PAINÉIS C/ FIBRA DE COCO**, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora.



## ***APÊNDICE D***

---

### ***Voto Médio Estimado – VME***



## Tabelas – VME

**Tabela 1:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 16/05/2005 a 21/05/2005.

VME - PAINEL SIMPLES JANELA FECHADA - SOL - (16/05/05 A 21/05/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	25,6	25,9	0,05	94,90	1,9	0,3	1,18	34
04:00	25,0	25,3	0,04	96,80	1,9	0,3	1,04	27
08:00	26,2	26,6	0,07	95,30	1,9	0,3	1,35	42
12:00	30,4	30,9	0,15	80,60	1,9	0,3	2,22	85
16:00	29,9	30,2	0,10	81,60	1,9	0,3	2,12	81
20:00	26,5	26,8	0,05	92,40	1,9	0,3	1,40	45

**Tabela 2:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 23/05/2005 a 28/05/2005.

VME - PAINEL SIMPLES JANELA ABERTA L/O - SOL - (23/05/05 A 28/05/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	24,9	25,2	0,03	96,20	1,9	0,3	1,01	26
04:00	24,3	24,6	0,02	97,80	1,9	0,3	0,87	21
08:00	25,9	26,6	0,16	95,80	1,9	0,3	1,15	32
12:00	30,1	32	0,68	77,70	1,9	0,3	2,05	79
16:00	26,9	27,9	0,48	86,30	1,9	0,3	1,07	29
20:00	25,6	25,9	0,07	93,00	1,9	0,3	1,17	33

**Tabela 3:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 30/05/2005 a 04/06/2005.

VME - PAINEL SIMPLES JANELA ABERTA N/S - SOL - (30/05/05 A 04/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	25,5	25,6	0,07	92,90	1,9	0,3	1,13	31
04:00	25	25,1	0,06	95,30	1,9	0,3	1,01	26
08:00	25,8	26,3	0,08	94,00	1,9	0,3	1,25	37
12:00	30,6	32	0,3	74,70	1,9	0,3	2,26	86
16:00	29,9	30,4	0,19	75,00	1,9	0,3	2,02	77
20:00	26,6	26,8	0,17	90,00	1,9	0,3	1,23	36

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 4:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 07/06/2005 a 11/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA FECHADA - SOL - (07/06/05 A 11/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,4	26,7	0,07	89,90	1,9	0,3	1,36	43
04:00	25,2	25,7	0,11	94,20	1,9	0,3	1,05	28
08:00	26,2	26,5	0,14	93,30	1,9	0,3	1,21	35
12:00	29,9	30,4	0,16	76,70	1,9	0,3	2,05	79
16:00	31,2	31,7	0,18	70,30	1,9	0,3	2,34	89
20:00	28,1	28,3	0,1	84,40	1,9	0,3	1,68	60

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 5:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTA L/O**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 13/06/2005 a 18/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA ABERTA L/O - SOL - (13/06/05 A 18/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,7	26,9	0,09	87,50	1,9	0,3	1,38	44
04:00	25,6	25,9	0,03	91,70	1,9	0,3	1,17	33
08:00	26,7	26,7	0,14	92,10	1,9	0,3	1,3	40
12:00	30,7	31,8	0,74	72,90	1,9	0,3	2,13	82
16:00	32,2	33,9	0,32	62,90	1,9	0,3	2,66	96
20:00	28,5	28,6	0,08	80,90	1,9	0,3	1,78	65

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 6:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTA N/S**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 20/06/2005 a 25/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA ABERTA N/S - SOL - (20/06/05 A 25/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,3	26,2	0,07	89,30	1,9	0,3	1,29	39
04:00	25,2	25,2	0,05	92,00	1,9	0,3	1,04	27
08:00	26,5	26	0,15	90,40	1,9	0,3	1,17	33
12:00	31,2	32,6	0,47	68,80	1,9	0,3	2,35	89
16:00	31,1	31,8	0,48	69,00	1,9	0,3	2,25	86
20:00	27,7	27,7	0,11	83,40	1,9	0,3	1,54	53

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 7:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 16/08/2005 a 25/08/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA FECHADA - SOL - (16/08/05 A 25/08/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,4	26,4	0,1	87,40	1,9	0,3	1,27	38
04:00	25,4	25,3	0,05	91,60	1,9	0,3	1,07	29
08:00	26,7	26,7	0,19	89,50	1,9	0,3	1,21	35
12:00	30,8	30,8	0,1	72,30	1,9	0,3	2,24	86
16:00	31,5	31,5	0,1	67,90	1,9	0,3	2,38	90
20:00	28,5	28,5	0,09	80,40	1,9	0,3	1,75	64

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 8:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS aberta L/O**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 22/08/2005 a 27/08/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA ABERTA L/O - SOL - (22/08/05 A 27/08/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,1	26,6	0,54	89,50	1,9	0,3	0,75	16
04:00	24,7	25,1	0,19	94,70	1,9	0,3	0,75	16
08:00	26,3	34,1	0,5	90,80	1,9	0,3	1,55	53
12:00	30,9	33,2	1,07	70,10	1,9	0,3	2,24	86
16:00	30,9	33,9	0,27	63,60	1,9	0,3	2,77	97
20:00	28,2	28,4	0,29	78,60	1,9	0,3	1,47	49

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 9:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 28/08/2005 a 02/09/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA ABERTA N/S - SOL - (28/08/05 A 02/09/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26	27	0,25	88,50	1,9	0,3	1,03	27
04:00	24,4	25,3	0,18	94,10	1,9	0,3	0,73	16
08:00	25,7	25	0,43	93,30	1,9	0,3	0,62	13
12:00	31,3	31,3	0,52	66,50	1,9	0,3	2,22	85
16:00	30,9	32,1	0,28	71,30	1,9	0,3	2,31	88
20:00	28,3	29,8	0,32	81,90	1,9	0,3	1,63	58

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 10:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 16/05/2005 a 21/05/2005

VME - PAINEL SIMPLES JANELA FECHADA - SOMBRA - (16/05/05 A 21/05/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	25,5	25,5	0,04	93,00	1,9	0,3	1,12	31
04:00	25,1	25	0,03	94,10	1,9	0,3	1,01	26
08:00	25,6	25,5	0,05	93,60	1,9	0,3	1,13	32
12:00	28,5	28,5	0,08	87,20	1,9	0,3	1,81	67
16:00	28,1	28	0,03	86,70	1,9	0,3	1,72	62
20:00	26,2	26,2	0,05	91,60	1,9	0,3	1,28	39

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 11:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 23/05/2005 a 28/05/2005

VME - PAINEL SIMPLES JANELA ABERTA L/O - SOMBRA - (23/05/05 A 28/05/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	24,9	24,9	0,06	93,70	1,9	0,3	0,97	24
04:00	24,4	24,5	0,04	94,80	1,9	0,3	0,86	20
08:00	25,2	25	0,14	94,50	1,9	0,3	0,91	22
12:00	29,4	29	0,27	82,00	1,9	0,3	1,79	66
16:00	26,6	26,4	0,11	87,10	1,9	0,3	1,27	38
20:00	25,4	25,4	0,03	91,20	1,9	0,3	1,08	29

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 12:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 23/05/2005 a 28/05/2005

VME - PAINEL SIMPLES JANELA ABERTA N/S - SOMBRA - (30/05 A 04/06)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	25,3	25,3	0,04	91,60	1,9	0,3	1,06	28
04:00	24,9	24,9	0,03	93,30	1,9	0,3	0,97	24
08:00	25,3	25,1	0,08	92,30	1,9	0,3	1,04	27
12:00	29,1	29,1	0,11	80,60	1,9	0,3	1,87	70
16:00	28,2	28,2	0,1	80,80	1,9	0,3	1,66	59
20:00	26,1	26,1	0,05	90,40	1,9	0,3	1,25	37

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 13:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 07/06/2005 a 12/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA FECHADA - SOMBRA - (07/06/05 A 12/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,1	26,1	0,04	89,50	1,9	0,3	1,25	37
04:00	25,2	25,3	0,03	91,70	1,9	0,3	1,05	28
08:00	25,6	25,6	0,07	91,90	1,9	0,3	1,14	32
12:00	28,3	28,1	0,09	84,30	1,9	0,3	1,7	61
16:00	29	28,9	0,05	79,40	1,9	0,3	1,89	71
20:00	27,2	27,1	0,06	86,50	1,9	0,3	1,49	50

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 14:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 13/06/2005 a 18/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA ABERTA L/O - SOMBRA - (13/06/05 A 18/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,4	26,4	0,05	86,90	1,9	0,3	1,31	40
04:00	25,6	25,7	0,04	89,50	1,9	0,3	1,13	32
08:00	26,3	25,7	0,31	89,90	1,9	0,3	0,9	22
12:00	29,9	30,1	0,28	75,80	1,9	0,3	1,95	74
16:00	30,6	30,6	0,18	68,50	1,9	0,3	2,12	81
20:00	27,9	27,7	0,11	86,50	1,9	0,3	1,59	55

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 15:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 20/06/2005 a 25/06/2005

VME - PAINEL DUPLO JANELA ABERTA N/S - SOMBRA - (20/06/05 A 25/06/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,1	25,9	0,13	87,60	1,9	0,3	1,12	31
04:00	25,3	25,2	0,06	89,40	1,9	0,3	1,04	27
08:00	26,3	25,2	0,17	87,80	1,9	0,3	1,01	26
12:00	30,3	30,5	0,16	71,50	1,9	0,3	2,09	80
16:00	30	29,8	0,21	72,30	1,9	0,3	1,95	74
20:00	27,2	27,2	0,1	83,10	1,9	0,3	1,44	47

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 16:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 16/08/2005 a 21/08/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA FECHADA - SOMBRA - (16/08/05 A 21/08/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,3	26,2	0,05	84,90	1,9	0,3	1,26	38
04:00	25,5	25,4	0,03	88,20	1,9	0,3	1,08	29
08:00	26,6	25,1	0,14	86,10	1,9	0,3	1,08	29
12:00	29,1	29,1	0,04	77,40	1,9	0,3	1,91	72
16:00	29,7	29,4	0,06	73,80	1,9	0,3	1,99	76
20:00	27,9	27,8	0,08	80,30	1,9	0,3	1,61	56

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

**Tabela 17:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 22/08/2005 a 27/08/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA ABERTA L/O - SOMBRA - (22/08/05 A 27/08/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,3	26,3	0,17	85,70	1,9	0,3	1,11	30
04:00	24,9	24,9	0,1	90,80	1,9	0,3	0,93	23
08:00	25,7	25,5	0,25	90,60	1,9	0,3	0,84	19
12:00	30,4	30,4	0,2	71,10	1,9	0,3	2,07	79
16:00	31,6	31,4	0,18	65,70	1,9	0,3	2,34	89
20:00	28,2	28	0,22	75,60	1,9	0,3	1,47	49

Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

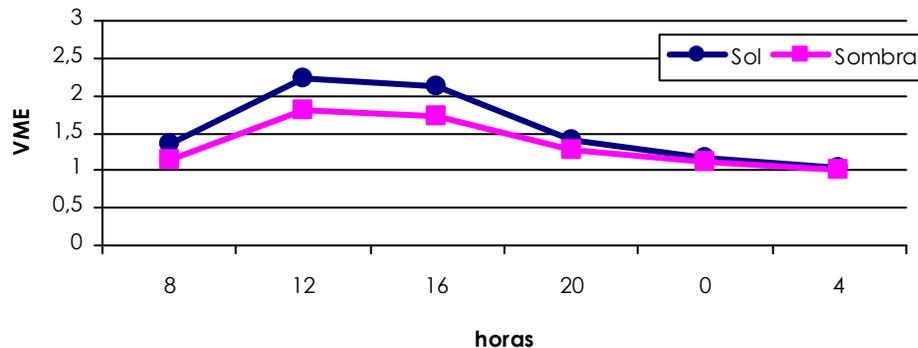
**Tabela 18:** Avaliação de conforto obtida nos protótipos, através do software Conforto 2.02, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA DE COCO** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h, nos dias de 28/08/2005 a 02/09/2005

VME - PAINEL FIBRA JANELA ABERTA N/S - SOMBRA - (28/08/05 A 02/09/05)								
Hora	TA (°C)	TRM (°C)	Vel. Ar (m/s)	UR (%)	Tx. Met. (met)	Isol. TV (clo)	VME	PEI (%)
24:00	26,1	26,1	0,16	84,70	1,9	0,3	1,07	29
04:00	24,9	24,6	0,06	89,10	1,9	0,3	0,92	22
08:00	25,6	25,1	0,12	89,90	1,9	0,3	0,99	25
12:00	30,1	30,6	0,19	71,70	1,9	0,3	2,05	79
16:00	30	30	0,18	72,70	1,9	0,3	1,99	76
20:00	28,2	28,2	0,14	79,10	1,9	0,3	1,6	56

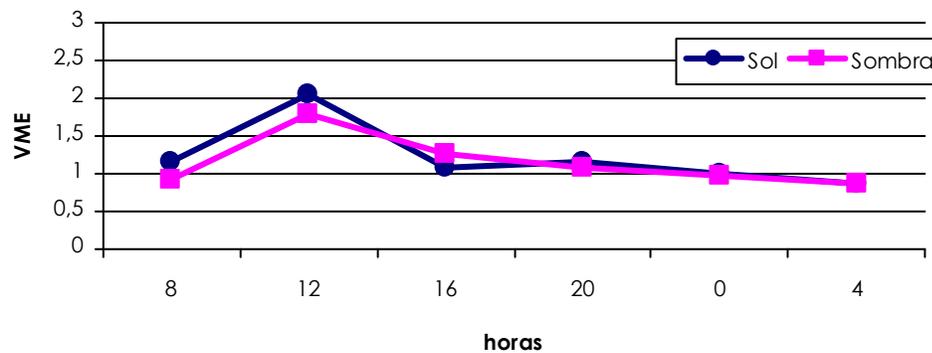
Temperatura do Ar – TA (°C), Temperatura Radiante Média – TRM (°C), Velocidade do Ar – Vel. Ar (m/s), Umidade Relativa do Ar – UR (%), Taxa de Metabolismo – Tx. Met (met), Isolamento Térmico da Vestimenta – Isol. TV (clo), Voto Médio Estimado – VME, Porcentagem Estimada de Insatisfeitos – PEI (%).

## Gráficos – VME (Sol e Sombra)

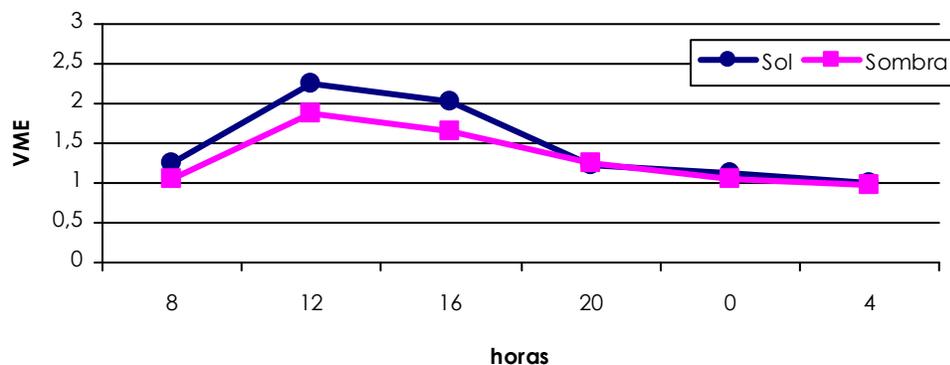
**Gráfico 1** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 16/05/2005 a 21/05/2005.



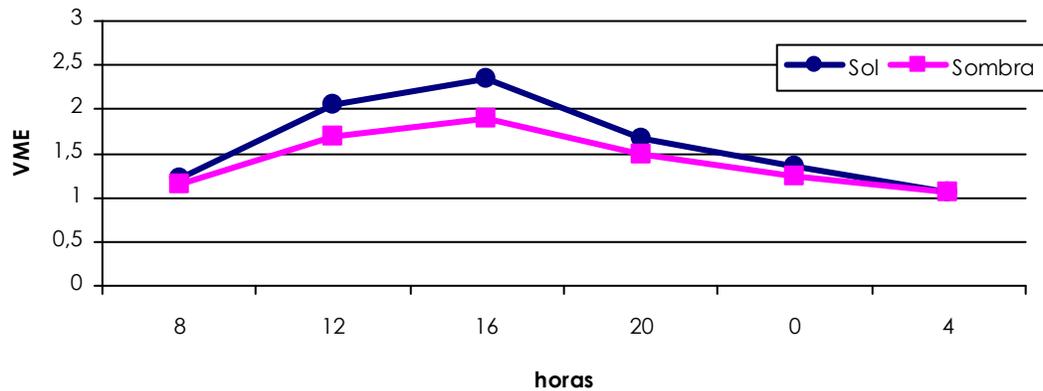
**Gráfico 2** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 23/05/2005 a 28/05/2005.



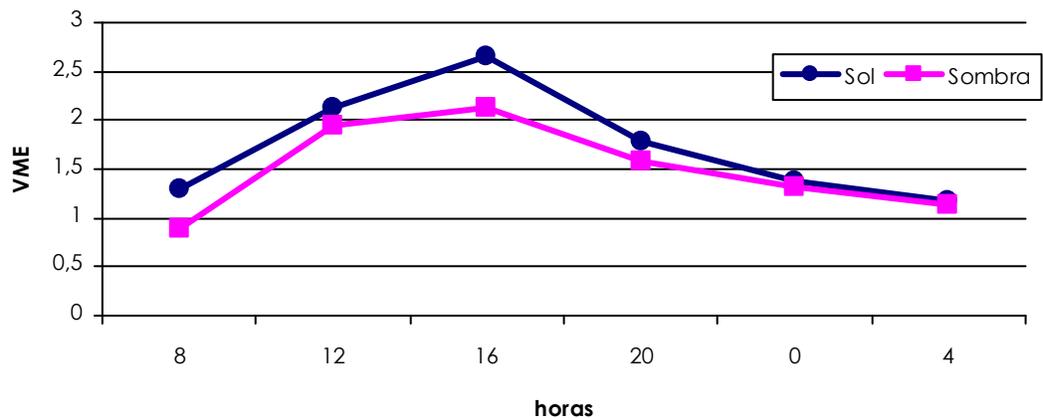
**Gráfico 3** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL SIMPLES** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 30/05/2005 a 04/06/2005.



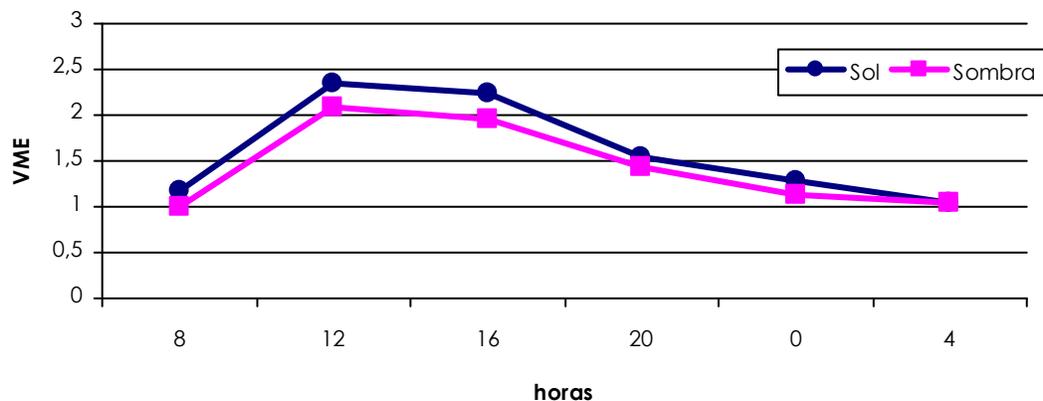
**Gráfico 4** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 07/06/2005 a 12/06/2005.



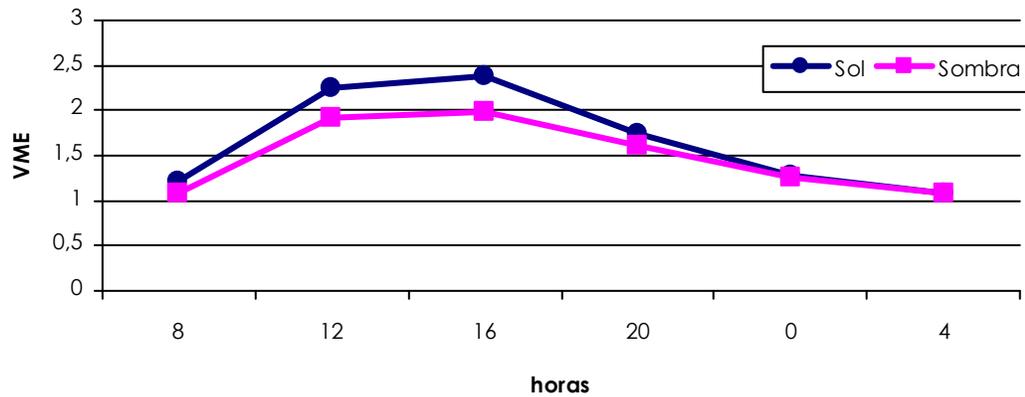
**Gráfico 5** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTAS L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 13/06/2005 a 18/06/2005.



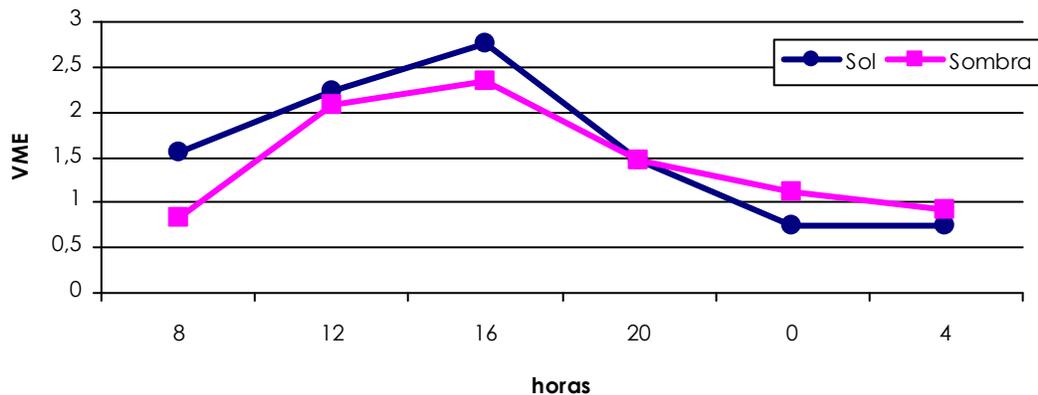
**Gráfico 6** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ AR** com **JANELAS ABERTAS N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 20/06/2005 a 25/06/2005.



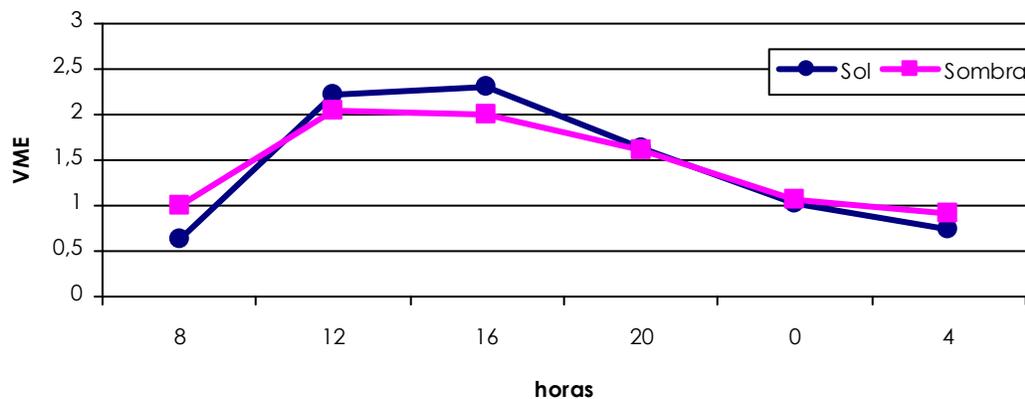
**Gráfico 7** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA** com **JANELAS FECHADAS**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 16/08/2005 a 21/08/2005.



**Gráfico 8** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA** com **JANELAS ABERTA L/O**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 22/08/2005 a 27/08/2005.



**Gráfico 9** – Voto Médio Estimado (VME) obtido nos protótipos, utilizando-se **PAINEL DUPLO C/ FIBRA** com **JANELAS ABERTA N/S**, posicionados no **SOL**, na **SOMBRA**, na área da Embrapa (Belém-PA), no intervalo de 4h em 4h do dia 28/08/2005 a 02/09/2005.





## ***APÊNDICE E***

---

### ***Projeto Protótipo***

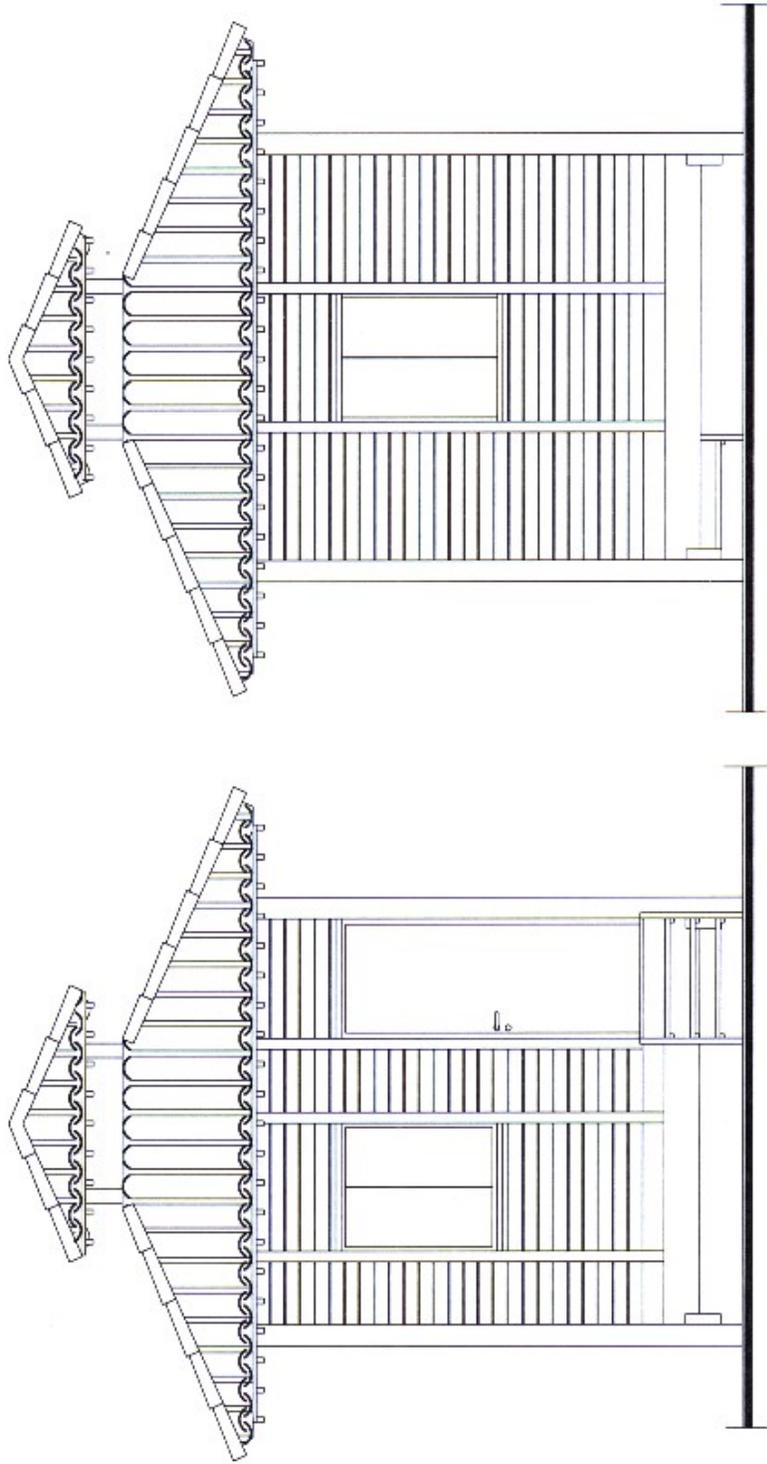












ELEVACÃO - 01  
ESC.: 1/50

ELEVACÃO - 02  
ESC.: 1/50

PROJETO DE UM PROTÓTIPO EM MADEIRA

Embrapa Amazônia Oriental

AUTOR DO PROJETO: Marcela Marçal e Márciel Cres/Po 9129-D

CONTEÚDO: ELEVACÃO 01 E 02

PRANCHAS:

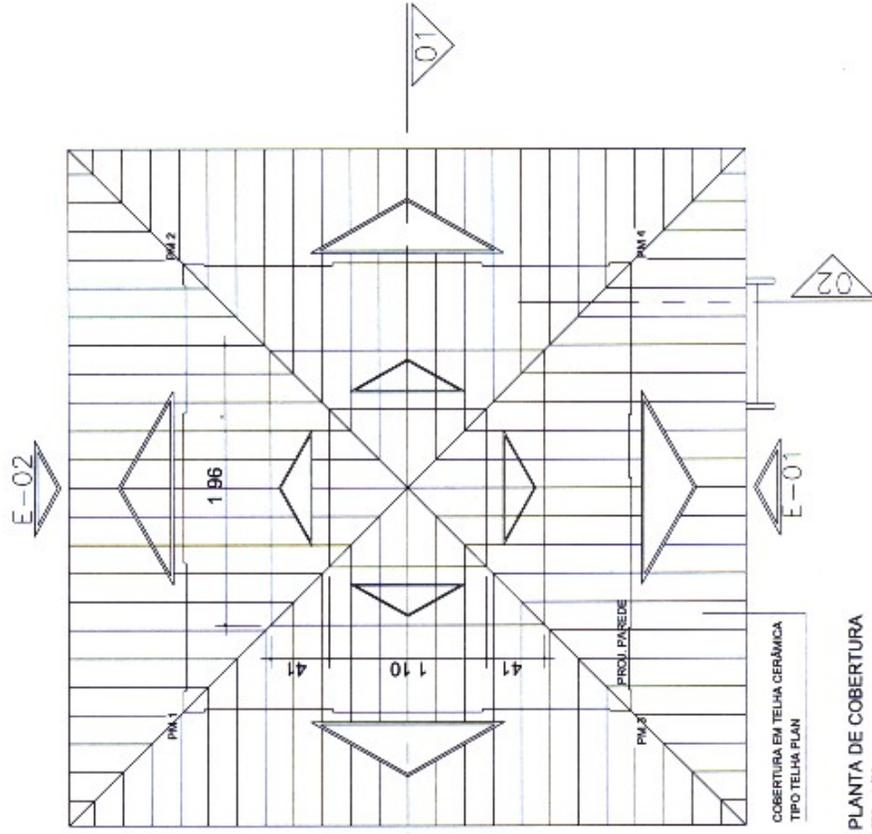
CAD: Lucila Ribeiro ESC.: Indicado DATA: Julho/2004

05 08

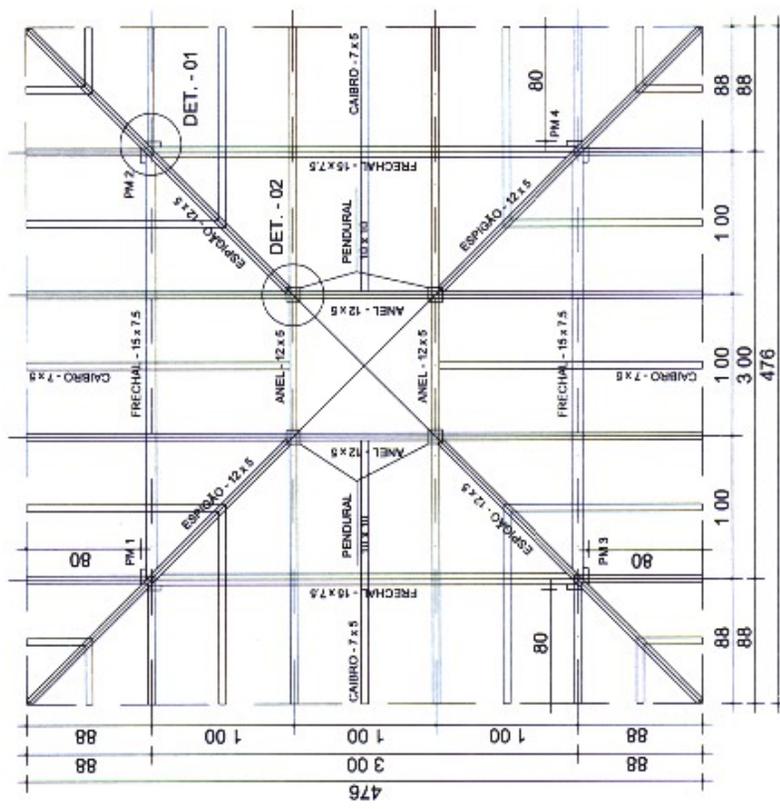




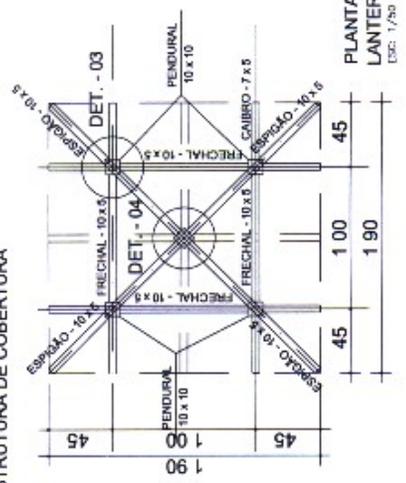




PLANTA DE COBERTURA  
ESC.: 1/50



PLANTA-ESTRUTURA DE COBERTURA  
ESC.: 1/50



PLANTA-ESTRUTURA DE COBERTURA  
LANTERNIM  
ESC.: 1/50

<b>PROJETO DE UM PROTÓTIPO EM MADEIRA</b> Embrapa Amazônia Oriental AUTOR DO PROJETO: Marcelo Marçal e Mociel Crea/Pg 9129 - 0		PRANCHA: 05   08
CONTEÚDO: PLANTA DE COBERTURA E ESTRUTURA		DATA: Julho/2004
CAD: Lucilo Ribeiro	ESC.: indicado	Julho/2004

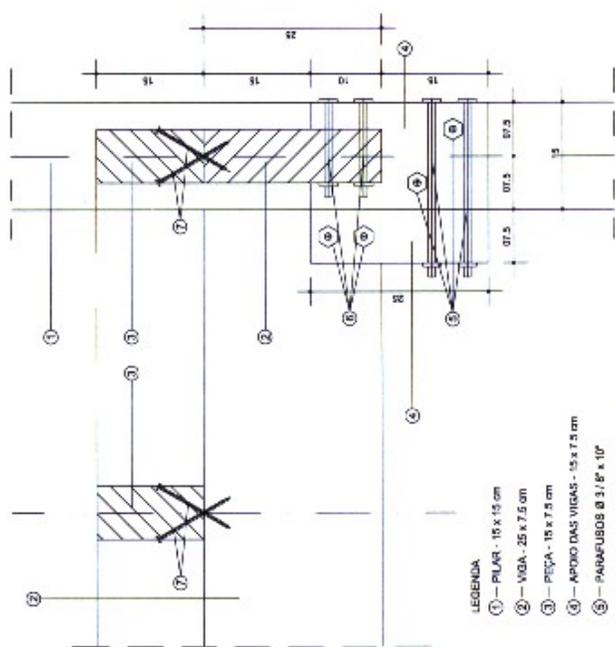






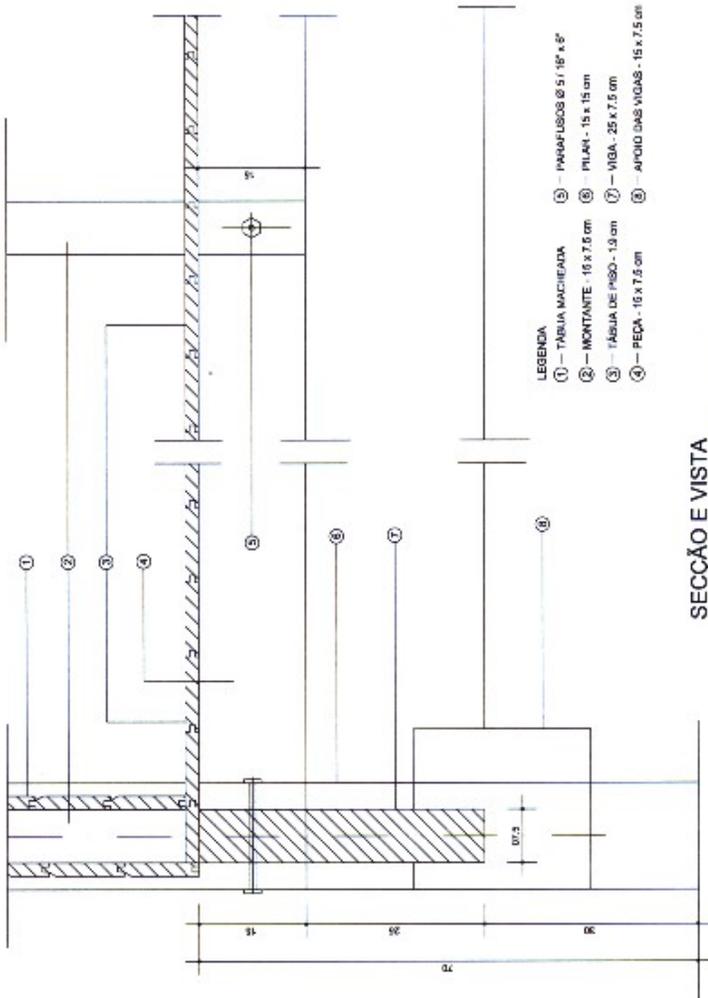






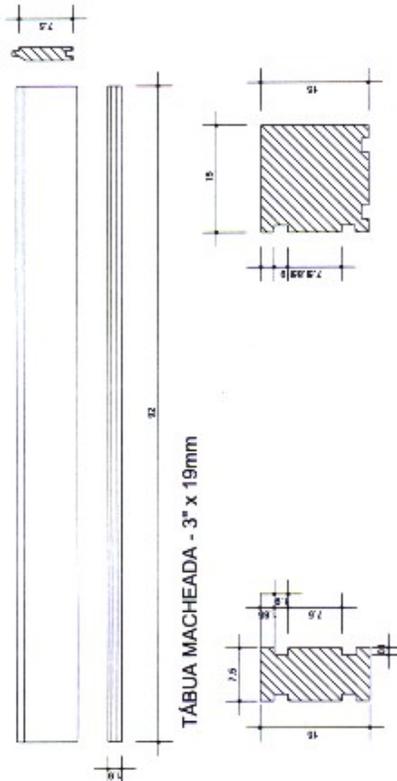
DET. - FIXAÇÃO, ESTRUTURA DO PISO

ESC: 1/10



SEÇÃO E VISTA  
DET. - FIXAÇÃO, MONTANTE

ESC: 1/10



**PROJETO DE UM PROTÓTIPO EM MADEIRA**

Empresa Amazônia Oriental

AUTOR DO PROJETO: Marcelo Marçal e Múrciel

Crea/PA 9129-D

CONTEÚDO: DETALHE FIXAÇÃO DE PEÇAS DO PISO

CAO: Lucilla Ribeiro

ESQ: Indicada

DATA:

Julho/2004

FRANCHA:

08

08

## **APÊNDICE F**

---

### ***Fotos – Protótipos***



## Fotos – Protótipos

---



Figura 1: Protótipo localizado na sombra – fachada sul.



Figura 2: Protótipo localizado na sombra – fachada leste.



Figura 3: Protótipo localizado no sol – fachada leste.



Figura 4: Protótipo localizado no sol – fachada sul.

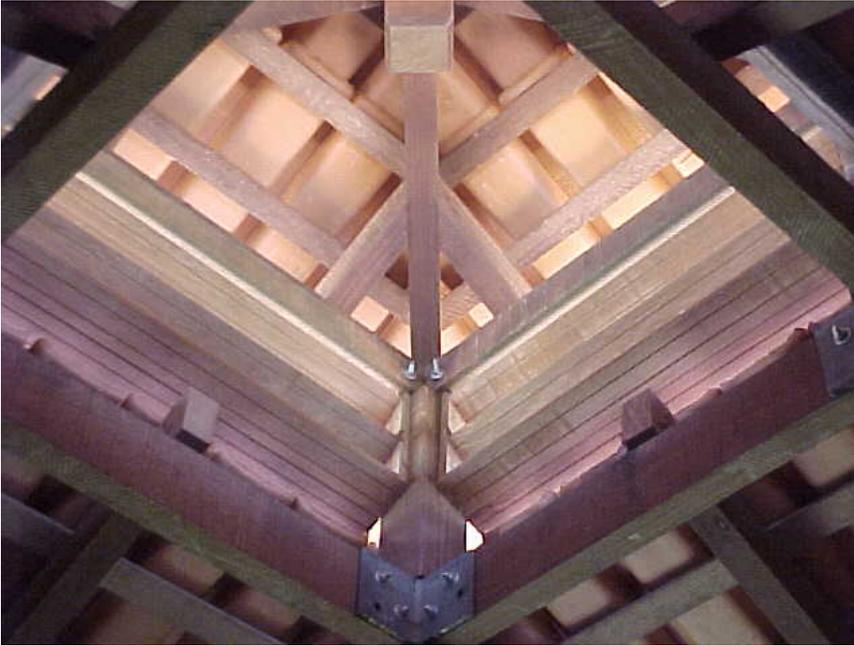


Figura 5: Vista Interna lanterna – protótipo no sol.



Figura 6: Vista externa lanterna – protótipo no sol.



Figura 7: Equipamento montado no protótipo na sombra.



Figura 8: Equipamento montado no protótipo no sol.

## **ANEXO A**

---

### ***Tabelas Embrapa***



**Tabela 1** – Médias de Temperatura do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/05/2005 a 24h do dia 31/08/2005.

Estação: Belém																									Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Temperatura do ar (termohigrógrafo)																									Mês: Maio			Ano: 2005		
Dias	Horas																								Méd. Temp. ar					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Max	Med	Min			
1	25,4	25,4	25,3	25,2	25,2	25,1	25,8	27,4	28,7	29,1	29,9	31,5	32,3	33,0	34,5	34,5	33,1	32,5	30,8	29,5	28,4	27,8	26,4	34,5	28,8	25,1				
2	25,6	25,7	25,7	25,8	25,9	25,9	26,0	26,1	27,0	28,8	31,9	32,3	33,0	32,5	33,5	28,0	29,0	29,4	28,5	28,4	26,2	26,1	26,1	26,0	33,5	28,1	25,6			
3	26,0	25,3	25,3	24,0	23,7	23,9	24,0	24,0	24,5	25,8	28,0	30,0	31,6	32,4	31,5	31,9	28,6	28,1	27,2	26,5	26,2	26,0	26,0	25,8	32,4	26,9	23,7			
4	25,6	25,3	25,0	24,8	24,5	24,3	24,4	26,9	29,0	31,0	32,0	31,9	33,4	33,5	30,0	27,7	26,0	25,5	25,2	25,2	25,2	25,0	25,0	24,9	33,5	27,1	24,3			
5	24,9	24,9	24,4	24,4	24,5	24,4	24,5	25,8	28,0	30,2	30,8	31,8	29,8	29,9	31,0	26,8	26,8	26,6	26,4	26,2	26,0	25,7	25,5	25,3	31,8	26,9	24,4			
6	25,2	25,2	25,1	25,0	24,9	24,5	24,5	26,5	28,0	30,1	31,0	32,0	32,8	33,2	34,7	28,8	28,8	25,4	25,0	25,0	25,0	24,9	24,8	24,7	34,7	27,3	24,5			
7	24,6	24,5	24,4	24,2	24,2	24,3	24,5	25,9	27,4	27,9	29,8	30,8	31,4	31,3	32,2	32,5	28,7	26,7	25,5	25,3	25,3	25,3	25,2	25,1	32,5	27,0	24,2			
8	25,1	25,1	25,1	25,0	25,1	25,0	24,9	25,8	28,0	30,0	31,6	32,0	32,0	27,4	26,0	26,0	25,8	25,5	25,4	25,3	25,3	25,2	25,2	25,1	32,0	26,5	24,9			
9	25,1	25,0	25,0	25,1	25,4	25,2	25,1	27,9	28,7	31,5	32,5	33,5	35,0	33,5	33,0	31,0	28,0	27,4	27,0	26,9	26,7	26,2	26,0	26,0	35,0	28,2	25,0			
10	25,7	25,4	25,3	25,2	25,0	24,8	26,0	28,2	29,8	31,7	32,5	33,0	33,5	34,4	33,5	32,0	29,9	28,9	28,0	26,0	26,0	26,0	26,0	25,9	34,4	28,4	24,8			
11	25,8	25,6	25,3	25,1	25,0	24,9	26,4	28,4	30,5	31,2	31,2	33,0	34,0	34,7	34,0	34,9	32,0	30,1	28,8	28,1	28,0	27,6	27,1	26,9	34,9	29,1	24,9			
12	26,7	26,6	26,5	26,4	26,1	25,9	26,7	28,5	29,3	30,5	31,5	32,2	32,8	33,5	31,7	29,9	28,8	28,2	27,2	25,8	25,0	24,9	24,9	24,8	33,5	28,1	24,8			
13	24,7	24,6	24,5	24,5	24,4	24,4	24,5	25,9	27,0	28,7	30,0	31,0	31,7	31,8	32,0	31,9	31,0	26,3	26,0	25,8	25,7	25,5	25,3	24,9	32,0	27,2	24,4			
14	24,6	24,5	24,4	24,4	24,3	24,2	24,3	26,9	27,5	28,0	29,0	30,9	31,6	31,5	31,7	31,5	31,0	28,4	26,9	26,2	26,0	25,7	25,3	25,2	31,7	27,3	24,2			
15	25,2	25,0	25,1	24,9	24,9	24,8	24,7	25,6	27,0	28,9	30,0	30,8	30,4	31,8	32,9	32,0	25,5	25,4	25,5	25,3	25,3	25,2	25,4	25,2	32,9	27,0	24,7			
16	25,0	24,9	24,8	24,7	24,7	24,8	24,7	25,9	27,5	29,9	31,0	31,0	32,6	32,9	33,0	32,3	30,0	28,5	27,1	26,5	26,0	25,8	25,8	25,8	33,0	27,7	24,7			
17	25,5	25,2	25,0	24,9	24,9	24,9	25,1	25,7	29,0	29,8	30,8	25,8	25,0	25,2	25,6	27,0	27,2	27,0	26,4	26,1	26,0	25,9	25,8	25,3	30,8	26,2	24,9			
18	25,1	25,0	24,9	24,6	24,4	24,1	24,0	25,2	27,1	28,2	29,5	31,5	31,8	33,0	31,2	29,8	28,8	25,9	25,5	25,0	25,0	24,7	24,6	24,6	33,0	26,8	24,0			
19	24,5	24,4	24,4	24,3	24,4	24,3	24,4	24,9	27,0	27,5	28,7	29,0	27,8	28,0	28,8	28,7	28,0	24,0	23,7	23,6	23,6	23,7	23,8	23,6	29,0	25,6	23,6			
20	23,5	23,5	23,6	23,7	23,7	23,7	23,8	24,1	25,2	26,2	27,0	28,2	28,3	26,9	26,7	27,1	27,0	26,4	26,0	25,5	25,5	25,0	24,3	24,1	23,9	28,3	25,3	23,5		
21	23,6	23,1	23,0	22,9	22,8	22,7	22,7	24,0	25,5	26,0	27,4	28,0	29,1	30,5	31,5	32,0	31,9	31,5	25,6	24,3	24,0	24,1	24,0	24,0	32,0	26,0	22,7			
22	24,0	24,1	24,0	23,9	23,6	23,4	23,7	24,4	25,5	27,0	28,0	29,2	30,1	28,6	27,8	26,9	25,3	25,1	25,0	24,9	24,7	24,5	24,5	24,4	30,1	25,5	23,4			
23	24,4	24,3	24,2	24,0	23,9	23,4	23,5	23,8	25,0	28,0	30,0	30,5	31,1	32,7	31,0	26,5	25,0	25,0	24,0	24,0	23,8	23,9	23,8	23,8	32,7	25,8	23,4			
24	23,7	23,4	23,3	23,2	23,1	23,0	23,1	23,7	25,8	27,7	28,4	30,0	31,6	27,8	27,6	25,1	25,3	25,2	24,7	24,4	24,2	24,0	23,9	23,8	31,6	25,3	23,0			
25	29,7	23,6	23,4	23,1	23,0	23,0	23,2	24,4	26,5	28,7	28,8	31,2	30,9	31,0	31,0	25,5	25,0	24,6	24,5	24,3	24,2	24,0	24,0	23,6	31,2	25,6	23,0			
26	23,5	23,3	23,0	22,9	22,8	22,7	22,8	24,3	26,0	28,7	30,2	30,9	31,0	31,5	33,5	23,4	23,3	23,0	22,9	22,8	22,9	23,0	23,0	23,0	31,5	25,2	22,7			
27	22,8	22,9	22,9	22,8	22,7	22,5	22,4	23,3	25,5	27,0	28,7	29,8	30,1	30,8	31,7	31,6	32,0	30,6	29,5	27,8	26,7	25,6	24,9	24,7	32,0	26,6	22,4			
28	24,6	24,2	23,8	23,7	23,5	23,4	23,2	24,0	26,5	29,0	30,3	30,3	29,6	28,7	31,6	28,8	28,0	26,4	25,7	25,0	24,9	24,7	24,6	24,2	31,6	26,2	23,2			
29	24,0	23,8	23,6	23,6	23,7	23,7	23,5	23,9	25,0	26,8	27,7	29,0	30,1	31,0	32,2	32,8	25,7	24,8	24,7	24,7	24,4	24,3	24,4	24,3	32,8	25,9	23,5			
30	24,1	24,0	24,0	24,0	23,8	23,8	23,9	24,0	24,5	28,4	30,5	30,9	31,9	32,2	32,7	32,6	32,3	28,0	27,2	26,6	26,0	25,7	25,4	24,8	32,7	27,1	23,8			
31	24,9	24,8	24,6	24,2	24,1	24,0	24,0	27,0	29,0	30,2	30,9	31,0	30,1	30,2	28,7	28,5	28,4	28,1	25,1	23,7	23,5	23,7	24,0	24,0	31,0	26,5	23,5			
Med	24,9	24,6	24,5	24,3	24,3	24,2	24,3	25,5	27,1	28,8	30,0	30,7	31,1	31,1	31,0	29,6	28,3	27,1	26,2	25,7	25,4	25,1	25,0	24,8	31,1	26,8	24,2			

**Tabela 2** – Médias de Temperatura do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/06/2005 a 24h do dia 30/06/2005.

Estação: Belém																									Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Temperatura do ar (termohigrógrafo)																									Mês: Junho			ANO: 2005		
DIA	Horas																								Méd. Temp. ar					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Max	Med	Min			
1	24,0	23,9	23,8	23,5	23,3	23,2	23,3	24,3	25,1	27,0	28,5	29,9	30,4	30,9	32,4	29,8	29,7	28,5	26,0	25,5	24,9	24,7	24,6	24,5	32,4	26,7	23,2			
2	24,4	24,5	24,3	24,0	23,9	23,9	23,5	23,6	25,9	28,5	30,1	31,0	31,9	32,5	32,9	32,0	26,4	25,9	25,5	25,4	25,3	24,9	24,5	24,0	32,9	27,1	23,5			
3	24,0	24,0	23,9	24,0	23,9	23,8	23,5	23,8	25,4	26,8	29,4	29,3	30,4	30,4	30,3	29,8	29,4	28,3	27,7	26,8	26,4	26,1	25,9	25,6	30,4	26,9	23,5			
4	25,3	25,0	24,8	24,6	24,7	24,6	24,5	25,5	27,3	29,3	30,6	31,5	32,0	31,4	32,3	32,0	31,4	31,0	29,0	28,7	27,7	27,0	26,6	26,1	32,3	28,4	24,5			
5	25,9	25,5	25,0	24,6	24,4	24,1	24,0	26,0	27,8	29,0	30,3	31,4	32,5	33,0	32,9	32,0	31,4	30,9	29,0	23,4	23,8	24,0	24,4	24,6	33,0	27,8	23,4			
6	24,1	24,0	24,0	24,0	24,0	24,1	24,0	24,9	26,7	29,3	28,1	30,0	30,0	27,9	27,9	28,2	28,0	27,5	25,5	24,9	24,9	24,9	24,3	30,0	26,3	24,0				
7	23,8	23,5	23,5	23,5	23,0	23,0	23,1	24,6	28,0	29,0	30,0	29,9	30,0	31,0	31,5	30,0	29,0	28,3	27,5	27,0	26,8	26,3	25,1	24,6	31,5	27,1	23,0			
8	24,3	24,0	24,0	24,1	24,5	24,1	25,0	26,2	28,5	29,1	30,3	31,0	32,0	32,5	33,0	27,0	26,5	28,1	26,2	26,0	25,7	25,1	24,8	24,6	33,0	27,3	24,0			
9	24,3	24,3	24,0	24,1	24,0	24,0	25,0	27,0	29,5	30,3	31,0	32,0	33,0	33,5	33,0	32,0	27,5	26,0	25,6	25,5	25,2	25,0	25,0	24,9	33,5	27,7	24,0			
10	24,5	24,0	24,0	24,0	23,9	23,8	24,0	26,1	29,0	29,5	30,0	31,0	31,5	32,0	31,0	25,6	25,1	25,0	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,5	32,0	26,7	23,8			
11	24,5	24,1	24,2	24,0	23,9	23,5	23,2	23,5	26,0	27,0	29,5	30,6	32,0	32,1	32,9	33,0	32,9	31,6	29,3	28,1	27,2	26,3	26,0	25,5	33,0	27,9	23,2			
12	25,3	25,1	24,9	24,3	24,1	24,0	24,0	26,0	28,0	29,5	31,0	31,5	33,0	33,0	31,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,0	26,2	26,0	25,5	25,5	33,0	27,9	24,0			
13	25,1	25,5	24,0	24,1	24,1	24,0	24,0	25,2	28,0	30,3	31,																			



**Tabela 5** – Médias de Umidade relativa do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/06/2005 a 24h do dia 30/06/2005.

Estação: Belém																								Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Umidade relativa do ar (termohigrógrafo)																								Mês: Junho			ANO: 2005		
DIA	HORAS																								Média diária				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Max	Med	Min		
1	99,0	99,0	98,0	98,0	98,0	97,0	98,0	91,0	91,0	85,0	75,0	68,0	67,0	59,0	55,0	68,0	68,0	75,0	88,0	92,0	94,0	96,0	97,0	98,0	99,0	85,6	55,0		
2	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	79,0	79,0	70,0	64,0	62,0	59,0	55,0	55,0	88,0	91,0	92,0	94,0	96,0	97,0	98,0	98,0	98,0	98,0	85,8	55,0		
3	98,0	99,0	99,0	99,0	99,0	98,0	98,0	90,0	90,0	89,0	75,0	73,0	64,0	66,0	65,0	67,0	67,0	75,0	80,0	84,0	87,0	90,0	91,0	94,0	99,0	84,9	64,0		
4	94,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0	85,0	85,0	69,0	64,0	60,0	55,0	55,0	56,0	55,0	60,0	63,0	72,0	78,0	80,0	84,0	90,0	95,0	95,0	77,9	55,0		
5	97,0	97,0	97,0	97,0	98,0	98,0	99,0	84,0	84,0	74,0	67,0	60,0	55,0	55,0	60,0	63,0	68,0	75,0	99,0	100,0	100,0	100,0	99,0	99,0	99,0	82,5	55,0		
6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	86,0	86,0	72,0	85,0	72,0	75,0	90,0	85,0	82,0	85,0	90,0	95,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	100,0	91,6	72,0	
7	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	73,0	73,0	75,0	62,0	63,0	61,0	59,0	60,0	64,0	70,0	78,0	88,0	90,0	91,0	92,0	97,0	98,0	99,0	82,8	59,0		
8	98,0	99,0	99,0	99,0	98,0	97,0	97,0	75,0	75,0	68,0	65,0	61,0	58,0	58,0	54,0	56,0	60,0	73,0	90,0	92,0	90,0	91,0	93,0	93,0	99,0	80,8	54,0		
9	96,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	97,0	75,0	75,0	70,0	66,0	59,0	56,0	54,0	54,0	56,0	75,0	91,0	94,0	95,0	96,0	96,0	96,0	97,0	98,0	82,8	54,0		
10	98,0	98,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	80,0	80,0	75,0	70,0	66,0	65,0	59,0	64,0	95,0	96,0	97,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	99,0	88,6	59,0		
11	98,0	98,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	98,0	84,0	84,0	82,0	69,0	61,0	59,0	55,0	53,0	52,0	57,0	70,0	76,0	82,0	87,0	89,0	92,0	98,0	78,6	52,0		
12	93,0	94,0	96,0	97,0	98,0	98,0	99,0	83,0	83,0	72,0	66,0	59,0	55,0	52,0	70,0	73,0	70,0	80,0	81,0	90,0	90,0	91,0	92,0	93,0	99,0	82,3	52,0		
13	96,0	96,0	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	77,0	77,0	68,0	62,0	65,0	85,0	65,0	55,0	54,0	72,0	83,0	87,0	88,0	93,0	93,0	93,0	93,0	100,0	83,4	54,0		
14	95,0	95,0	97,0	97,0	96,0	97,0	97,0	74,0	74,0	74,0	75,0	64,0	60,0	55,0	55,0	52,0	52,0	55,0	95,0	95,0	96,0	97,0	97,0	97,0	97,0	80,9	52,0		
15	97,0	97,0	97,0	98,0	98,0	98,0	98,0	80,0	80,0	70,0	70,0	66,0	63,0	57,0	53,0	52,0	53,0	58,0	68,0	78,0	88,0	88,0	88,0	90,0	98,0	78,5	52,0		
16	92,0	94,0	95,0	96,0	97,0	97,0	98,0	80,0	80,0	68,0	63,0	60,0	58,0	55,0	53,0	52,0	52,0	56,0	75,0	80,0	88,0	93,0	97,0	96,0	98,0	78,1	52,0		
17	91,0	92,0	92,0	93,0	93,0	93,0	93,0	88,0	88,0	72,0	65,0	60,0	56,0	54,0	51,0	51,0	55,0	57,0	68,0	81,0	88,0	92,0	92,0	95,0	95,0	77,5	51,0		
18	95,0	96,0	96,0	96,0	97,0	98,0	98,0	79,0	79,0	70,0	63,0	60,0	55,0	58,0	53,0	63,0	65,0	63,0	81,0	88,0	88,0	92,0	93,0	95,0	98,0	80,0	53,0		
19	95,0	97,0	98,0	98,0	98,0	99,0	99,0	80,0	80,0	71,0	65,0	64,0	60,0	60,0	60,0	51,0	49,0	50,0	60,0	69,0	83,0	89,0	90,0	90,0	99,0	77,3	49,0		
20	91,0	93,0	95,0	96,0	96,0	96,0	97,0	80,0	80,0	66,0	60,0	59,0	52,0	50,0	50,0	50,0	50,0	54,0	65,0	77,0	85,0	90,0	88,0	89,0	97,0	75,4	50,0		
21	90,0	92,0	95,0	97,0	98,0	98,0	98,0	75,0	75,0	70,0	65,0	59,0	51,0	50,0	49,0	49,0	49,0	52,0	62,0	72,0	84,0	79,0	83,0	90,0	98,0	74,3	49,0		
22	94,0	94,0	94,0	94,0	95,0	95,0	94,0	80,0	80,0	72,0	64,0	65,0	58,0	55,0	51,0	52,0	69,0	75,0	95,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	82,1	51,0		
23	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	100,0	90,0	90,0	80,0	68,0	58,0	55,0	53,0	63,0	79,0	79,0	84,0	87,0	92,0	93,0	93,0	93,0	94,0	100,0	85,2	53,0		
24	95,0	97,0	97,0	97,0	97,0	98,0	98,0	75,0	75,0	69,0	61,0	60,0	59,0	59,0	59,0	69,0	71,0	98,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	84,8	59,0		
25	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,0	85,0	85,0	75,0	61,0	59,0	55,0	49,0	47,0	46,0	50,0	69,0	79,0	88,0	90,0	93,0	94,0	94,0	100,0	79,9	46,0		
26	95,0	95,0	95,0	95,0	96,0	97,0	96,0	96,0	96,0	67,0	64,0	63,0	61,0	57,0	52,0	70,0	63,0	77,0	85,0	89,0	89,0	91,0	92,0	93,0	97,0	82,3	52,0		
27	95,0	96,0	97,0	98,0	98,0	98,0	98,0	70,0	70,0	60,0	60,0	58,0	58,0	55,0	55,0	53,0	56,0	51,0	58,0	68,0	80,0	80,0	84,0	88,0	90,0	75,7	51,0		
28	92,0	94,0	95,0	96,0	97,0	98,0	98,0	70,0	70,0	67,0	58,0	59,0	52,0	50,0	48,0	49,0	50,0	59,0	70,0	79,0	85,0	90,0	91,0	92,0	98,0	75,4	48,0		
29	92,0	94,0	95,0	95,0	96,0	97,0	98,0	74,0	74,0	66,0	64,0	60,0	56,0	53,0	50,0	52,0	55,0	65,0	81,0	87,0	90,0	95,0	96,0	97,0	98,0	78,4	50,0		
30	96,0	97,0	98,0	98,0	99,0	99,0	99,0	97,0	97,0	70,0	60,0	52,0	49,0	47,0	45,0	47,0	47,0	46,0	62,0	75,0	77,0	84,0	90,0	86,0	99,0	75,7	45,0		
31																										0,0	###	0,0	
Med	95,6	96,4	97,0	97,3	97,6	97,7	97,8	81,2	81,2	71,9	65,9	61,8	59,0	56,7	55,8	60,4	63,0	69,9	80,4	86,9	90,0	92,1	93,5	94,5	95,2	###	51,7		

**Tabela 6** – Médias de Umidade relativa do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/08/2005 a 24h do dia 30/08/2005.

Estação: Belém																								Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Umidade relativa do ar (termohigrógrafo)																								Mês: Agosto			ANO: 2005		
DIA	HORAS																								Média diária				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Max	Med	Min		
1	90,0	91,0	93,0	94,0	95,0	95,0	93,0	90,0	70,0	63,0	57,0	51,0	45,0	45,0	44,0	44,0	45,0	50,0	65,0	75,0	80,0	83,0	89,0	91,0	95,0	72,4	44,0		
2	93,0	95,0	96,0	69,0	97,0	97,0	98,0	90,0	75,0	56,0	49,0	45,0	45,0	40,0	38,0	38,0	39,0	44,0	67,0	79,0	83,0	87,0	89,0	90,0	98,0	70,8	38,0		
3	92,0	93,0	94,0	96,0	97,0	97,0	98,0	91,0	72,0	62,0	53,0	46,0	43,0	39,0	37,0	37,0	36,0	40,0	60,0	73,0	77,0	80,0	84,0	86,0	98,0	70,0	36,0		
4	87,0	88,0	90,0	91,0	92,0	92,0	94,0	86,0	70,0	61,0	52,0	50,0	44,0	41,0	38,0	38,0	38,0	61,0	75,0	77,0	80,0	82,0	86,0	89,0	94,0	70,9	38,0		
5	91,0	92,0	94,0	95,0	97,0	97,0	98,0	97,0	80,0	70,0	60,0	55,0	52,0	49,0	47,0	47,0	47,0	49,0	62,0	69,0	74,0	80,0	82,0	84,0	98,0	73,7	47,0		
6	88,0	91,0	95,0	96,0	96,0	97,0	98,0	93,0	73,0	68,0	63,0	55,0	50,0	47,0	47,0	46,0	45,0	49,0	53,0	66,0	72,0	74,0	76,0	83,0	98,0	71,7	45,0		
7	87,0	91,0	93,0	94,0	95,0	96,0	97,0	91,0	76,0	64,0	63,0	50,0	47,0	46,0	45,0	44,0	43,0	62,0	76,0	77,0	80,0	83,0	87,0	90,0	97,0	74,0	43,0		
8	92,0	94,0	96,0	96,0	97,0	97,0	98,0	93,0	77,0	69,0	63,0	52,0	47,0	46,0	46,0	46,0	47,0	69,0	74,0	80,0	83,0	86,0	87,0	98,0	75,6	46,0			
9	89,0	92,0	93,0	95,0	95,0	96,0	96,0	86,0	65,0	56,0	52,0	48,0	49,0	51,0	52,0	48,0	48,0	64,0	67,0	70,0	77,0	77,0	84,0	88,0	96,0	72,4	48,0		
10	89,0	91,0	94,0	96,0	97,0	98,0	98,0	94,0	75,0	64,0	58,0	54,0	54,0	59,0	59,0	70,0	60,0	84,0	85,0	86,0	90,0	93,0	94,0	93,0	98,0	80,6	54,0		
11	93,0	96,0	97,0	97,0	97,0	97,0	98,0	99,0	87,0	71,0	68,0	59,0	57,0	54,0	54,0	72,0	72,0	70,0	75,0	84,0	87,0	90,0	93,0	96,0	99,0	81,8	54,0		
12	96,0	97,0	97,0	97,0	98,0	98,0	99,0	99,0	92,0	76,0	65,0	62,0	60,0	52,0	52,0	60,0	59,0	63,0	100,0	99,0	99,0	99,0	98,0	98,0	100,0	84,0	52,0		
13	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0	99,0	78,0	70,0	63,0	57,0	52,0	50,0	60,0	62,0	62,0	66,0	77,0	85,0									

**Tabela 7** – Médias de Umidade relativa do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/09/2005 a 24h do dia 30/09/2005.

Estação: Belém																								Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Umidade relativa do ar (fermohigrógrafo) Mês: Setembro																								ANO: 2005					
DIA	HORAS																								Max	Med	Min		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	90,0	91,0	92,0	94,0	94,0	95,0	96,0	87,0	75,0	69,0	61,0	58,0	57,0	54,0	48,0	47,0	60,0	70,0	77,0	91,0	89,0	88,0	87,0	86,0	96,0	77,3	47,0		
2	86,0	89,0	92,0	95,0	96,0	97,0	97,0	94,0	82,0	69,0	62,0	56,0	54,0	50,0	46,0	45,0	47,0	51,0	56,0	59,0	64,0	73,0	79,0	85,0	97,0	71,8	45,0		
3																									0,0	####	0,0		
4																									0,0	####	0,0		
5																									0,0	####	0,0		
6																									0,0	####	0,0		
7																									0,0	####	0,0		
8																									0,0	####	0,0		
9																									0,0	####	0,0		
10																									0,0	####	0,0		
11																									0,0	####	0,0		
12																									0,0	####	0,0		
13																									0,0	####	0,0		
14																									0,0	####	0,0		
15																									0,0	####	0,0		
16																									0,0	####	0,0		
17																									0,0	####	0,0		
18																									0,0	####	0,0		
19																									0,0	####	0,0		
20																									0,0	####	0,0		
21																									0,0	####	0,0		
22																									0,0	####	0,0		
23																									0,0	####	0,0		
24																									0,0	####	0,0		
25																									0,0	####	0,0		
26																									0,0	####	0,0		
27																									0,0	####	0,0		
28																									0,0	####	0,0		
29																									0,0	####	0,0		
30																									0,0	####	0,0		
31																									0,0	####	0,0		
Med	88,0	90,0	92,0	94,5	95,0	96,0	96,5	90,5	78,5	69,0	61,5	57,0	55,5	52,0	47,0	46,0	53,5	60,5	66,5	75,0	76,5	80,5	83,0	85,5	6,2	####	3,0		

**Tabela 8** – Médias de Velocidade do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/05/2005 a 24h do dia 30/05/2005.

Estação: Belém																								Latitude: 02°28'S			Longitude: 48° 27'W		
Velocidade do ar (anemôgráfo)																								Mês: Maio			Ano: 2005		
Dias	Horas																								Max	Med	Min		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,4	1,8	2,1	1,5	1,0	1,1	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	1,6	1,1	2,1	0,8	0,4		
2	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	1,5	1,3	1,0	0,8	1,5	1,8	0,4	0,9	1,0	0,4	1,7	0,6	1,0	1,8	0,8	0,4		
3	0,4	0,6	0,6	0,8	1,1	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	1,2	2,3	1,1	0,9	1,2	1,3	0,7	0,6	1,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	2,3	0,8	0,4		
4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,3	1,3	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	2,3	0,9	1,4	0,5	0,7	0,4	0,6	1,3	0,4	0,4	2,3	0,9	0,4		
5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	1,0	1,0	1,8	1,7	1,9	2,0	2,3	2,1	1,8	2,1	1,9	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,3	1,0	0,4		
6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,4	2,1	2,0	2,0	2,6	2,3	1,9	1,7	1,8	1,9	1,6	0,6	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	2,6	1,1	0,4		
7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,3	1,5	1,8	2,0	1,5	1,2	0,6	0,6	1,4	0,8	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,0	0,8	0,4		
8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,9	0,7	0,6	1,2	1,9	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	1,9	0,6	0,4		
9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	1,4	1,9	1,9	1,8	2,2	2,7	2,5	2,5	1,4	0,8	0,4	0,4	0,4	1,6	0,6	0,4	2,7	1,1	0,4		
10	0,4	0,4	1,1	1,4	1,0	0,5	1,0	2,3	2,8	2,3	2,8														2,8	1,5	0,4		
11												1,9	2,5	2,7	2,6	2,3	1,9	1,8	1,9	1,2	0,9	0,5	0,4	0,4	0,5	2,7	1,5	0,4	
12	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	1,6	1,5	2,3	2,8	2,9	2,6	2,2	2,2	0,8	1,0	0,5	0,8	1,5	1,1	0,6	0,4	0,4	2,9	1,2	0,4		
13	0,4	0,4	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	1,7	2,4	3,1	3,6	3,5	3,5	2,1	2,3	2,1	3,3	1,9	0,9	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	3,6	1,5	0,4		
14	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	1,3	0,9	2,1	3,1	3,3	3,5	3,0	2,9	3,3	2,8	1,3	1,3	1,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3,5	1,5	0,4		
15	0,4	1,0	1,0	0,6	1,2	1,0	1,5	2,1	2,2	2,9	3,8	3,6	3,1	3,1	2,1	2,4	1,8	0,8	0,4	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	3,8	1,6	0,4		
16	0,4	0,4	0,5	1,1	1,1	0,8	0,6	1,7	2,2	2,8	2,8	3,0	2,8	2,5	2,4	2,0	1,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	3,0	1,3	0,4		
17	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,6	1,9	2,3	2,1	3,5	2,7	0,9	1,0	1,7	1,1	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	3,5	1,0	0,4		
18	0,8	0,7	0,8	1,2							1,9	1,6	1,9	1,9	1,5	2,1	1,4	1,0	0,7	0,6	0,8	0,7	0,6	0,5	2,1	1,1	0,4		
19	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,6	1,3	1,0	1,1	1,4	2,1	1,8	0,7	2,7	1,3	1,2	0,6	0,5	0,9	0,8	2,7	1,0	0,4		
20	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	1,0	1,1	1,0	1,4	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	1,5	0,7	0,4		
21	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	1,1	1,3	1,5	1,2	1,0	1,2	1,1	0,7	0,9	1,4	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	1,5	0,8	0,4		
22	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,6	0,6	0,8	1,4	0,6	1,6	0,9	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	1,6	0,6	0,4		
23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	1,0	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	1,3	2,1	1,0	0,7	2,7	2,1	1,5	0,8	0,8	0,5	2,7	1,1	0,4	
24	0,5	1,1	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4	0,9	1,7	2,1	2,1	1,5	2,2	2,9	0,7	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,9	0,9	0,4		
25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,5	2,2	3,0	3,1	2,6	2,4	2,2	1,9	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	3,1	1,1	0,4		
26	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	2,1	2,0	2,3	2,0	2,2	1,6	2,3	2,8	1,8	1,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	2,8	1,1	0,4		
27	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,3	1,6	2,2	2,4	3,1	2,8	2,0	2,8	2,0	2,2	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	3,1	1,2	0,4		
28	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,6	2,3	2,1	1,2	0,8	2,0	1,2	1,2	1,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	2,3	0,8	0,4		
29	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,4	1,4	2,2	2,2	2,6	2,7	2,5	2,0	1,8	2,8	0,7	0,5	0,4	0,4	1,0	2,1	1,6	1,8	2,8	1,4	0,4		
30	1,5	1,3	1,0	1,4	0,7	0,9	1,3	1,7	2,0	2,3	2,2	2,7	1,7	2,2	2,3	2,6	2,5	1,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	2,7	1,4	0,4		
31	1,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6																							



**Tabela 11** – Médias de Velocidade do ar obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA) por hora, no período de 1h do dia 1/09/2005 a 24h do dia 30/09/2005.

ESTAÇÃO: BELÉM																								LATITUDE: 02°28'S			LONGITUDE: 48° 27'W		
Velocidade do ar (anemógrafo)																								MÊS: Setembro			ANO: 2005		
Dias	HORAS																								Veloc. ar diária				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Max	Med	Min		
1	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,9	2,0	3,2	2,6	2,7	2,2	2,1	2,1	1,4	2,2	2,4	1,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,7	3,2	1,3	0,4		
2	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,9	1,4	2,9	2,5	2,2	1,7	1,1	1,6	1,0	0,6	0,4	0,4	0,6	0,9	0,8	1,0	1,1	2,9	1,0	0,4		
3	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	1,7	2,2	2,5	2,3	2,4	1,5	1,0	1,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	2,5	1,0	0,4		
4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	1,0	1,8	2,0	2,2	1,4	1,2	0,8	1,4	1,0	0,6	0,6	0,6	0,9	1,0	0,9	0,5	2,2	0,9	0,4		
5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,7	2,2	2,5	2,0	2,3	2,0	1,3	1,5	2,2	1,9	0,5	0,4	0,7	1,2	1,0	0,7	0,4	2,5	1,2	0,4		
6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	2,0	1,8	2,0	1,9	1,4	1,1	1,7	1,5	0,9	0,8	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	2,0	0,9	0,4		
7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	1,6	1,7	2,2	1,7	1,1	0,9	1,2	2,6	1,7	0,7	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	1,0	2,6	0,9	0,4		
8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	1,7	2,2	2,7	2,3	2,6	2,1	1,6	1,3	0,9	0,6	0,5	0,5	0,7	0,9	1,3	1,3	0,6	2,7	1,1	0,4		
9	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	2,1	3,1	2,8	2,6	2,2	1,4	3,1	2,7	2,1	1,2	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	3,1	1,3	0,4		
10	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	2,0	2,2	2,8	2,7	2,3	2,1	2,8	2,7	1,0	0,7	1,1	1,5	0,7	0,8	0,9	0,7	0,4	2,8	1,3	0,4		
11	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,9	2,3	2,2	1,5	2,5	2,2	2,4	1,4	1,1	2,1	2,6	2,3	1,1	0,8	0,9	0,9	1,0	0,8	2,6	1,3	0,4		
12	0,5	0,4									2,3	2,1	1,8	1,3	1,6	2,2	1,3	AGRAMA ENGATADO						2,3	1,5	0,4			
13	DIAGRAMA ENGATADO										1,4	1,3	1,1	2,0	2,8	3,1	3,1	2,4	1,2	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	3,1	1,5	0,4		
14	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,2	1,6	1,7	1,4	0,1	0,7	1,6	2,5	2,7	1,8	1,2	0,8	2,6	0,6	0,5	0,4	2,7	1,0	0,1		
15	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,8	1,2	1,2	1,7	1,7	1,8	1,2	2,2	2,2	1,1	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	2,2	0,9	0,4		
16	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0		2,3	1,7	2,3	1,5	1,7	1,8	2,1	2,4	1,3	0,9	1,0	0,7	0,5	0,4	2,4	1,1	0,4		
17	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,2	1,2	1,4	1,7	1,5	1,2	1,3	2,8	2,7	1,9	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	2,8	1,0	0,4		
18	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	1,4	1,7	1,8	1,7	1,7	2,5	2,6	2,7	2,1	1,0	0,8	1,1	1,0	0,7	0,5	2,7	1,2	0,4		
19	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	1,5	1,6	2,3	2,3	1,6	1,5	1,5	2,3	2,8	3,1	2,3	1,3	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	3,1	1,3	0,4		
20	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	2,0	2,1	1,8	1,9	0,7	1,0	1,1	0,5	0,5	0,5	0,6	1,0	0,4	0,5	0,6	2,1	0,8	0,4		
21	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	1,1	1,6	1,2	1,6	1,1	2,5	2,9	2,7	2,5	1,9	1,2	0,9	1,0	0,7	0,5	0,4	2,9	1,2	0,4		
22	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,5	1,9	1,7	1,7	2,5	3,7	3,2	2,7	2,8	2,4	2,0	1,4	0,8	0,5	0,5	0,4	3,7	1,4	0,4		
23	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,3	2,0	2,0	1,8	1,8	2,3	2,6	2,5	1,7	1,8	0,4	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	2,6	1,1	0,4		
24	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	1,5	1,8	2,4	2,0	1,6	1,5	3,3	2,9	2,3	1,9	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	3,3	1,2	0,4		
25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,5	1,6	2,0	2,1	1,9	1,5	3,1	3,4	3,1	2,4	1,0	1,2	1,2	0,9	0,7	0,5	3,4	1,3	0,4		
26	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,1	2,0	2,5	2,8	2,0	1,9	1,1	2,5	3,1	2,9	2,4	1,4	0,6	1,0	1,0	0,7	0,5	3,1	1,3	0,4		
27	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,9	1,9	3,1	2,7	2,5	2,2	1,2	2,5	3,5	3,1	2,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	3,5	1,3	0,4		
28	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	1,6	2,1	2,1	2,0	1,2	1,7	2,1	2,7	1,6	0,5	1,4	1,2	0,9	0,7	0,7	0,8	2,7	1,1	0,4		
29	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	1,5	1,6	1,4	1,6	2,1	2,7	2,8	2,9	2,1	0,6	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	2,9	1,1	0,4		
30	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	1,1	1,4	1,5	1,3	1,3	1,9	2,4	2,6	1,9	1,9	0,8	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6	2,6	1,0	0,4		
31																									0,0	###	0,0		
med	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,0	1,6	2,1	2,1	2,0	1,7	1,6	2,1	2,3	2,0	1,5	0,9	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	2,7	###	0,4		

**Tabela 12** – Médias diárias de precipitação pluviométrica (mm) obtidas na Estação Meteorológica, na área da Embrapa (Belém-PA), no período de abril à setembro de 2005.

D a d o s d i á r i o s d e p r e c i p i t a ç ã o						
p l u v i o m é t r i c a ( m m ) d e B e l é m , P A						
D i a s	A b r i l	M a i o	J u n	J u l	A g o	S e t
1	2 0 , 4	1 4 , 4	2 2 , 2	0 , 1	0 , 0	0 , 0
2	0 , 6	1 4 , 4	0 , 6	5 , 0	0 , 0	1 , 8
3	4 2 , 0	6 3 , 8	1 0 , 8	1 , 8	0 , 0	0 , 0
4	2 4 , 2	4 , 8	0 , 0	0 , 1	0 , 0	9 , 2
5	1 2 , 2	2 0 , 8	0 , 9	0 , 4	0 , 0	0 , 2
6	1 1 , 8	6 , 3	5 5 , 6	0 , 1	0 , 0	0 , 1
7	2 , 5	3 1 , 1	3 9 , 6	0 , 0	0 , 0	1 0 , 0
8	3 , 6	2 4 , 0	3 , 6	4 5 , 6	0 , 0	2 0 , 6
9	9 , 7	4 , 2	0 , 6	0 , 2	0 , 0	0 , 0
10	2 8 , 4	3 , 0	0 , 2	2 0 , 0	0 , 0	0 , 6
11	2 6 , 2	7 , 5	7 , 6	0 , 0	2 , 8	0 , 0
12	3 3 , 2	1 , 3	0 , 0	0 , 0	0 , 0	0 , 0
13	1 2 , 3	6 , 2	9 , 4	0 , 0	4 6 , 2	0 , 0
14	1 , 4	0 , 0	2 , 4	1 1 , 6	0 , 0	0 , 0
15	1 8 , 6	3 , 4	4 , 7	0 , 0	0 , 2	1 2 , 6
16	4 , 4	1 1 , 3	0 , 0	0 , 0	0 , 6	1 , 6
17	1 7 , 0	1 , 3	0 , 6	1 4 , 3	0 , 0	0 , 0
18	0 , 0	1 8 , 8	0 , 3	0 , 0	1 2 , 8	1 , 2
19	1 , 2	1 1 , 9	0 , 0	0 , 0	4 , 8	0 , 0
20	2 , 6	2 5 , 1	0 , 0	0 , 0	0 , 0	1 3 , 0
21	2 2 , 4	5 , 7	0 , 0	0 , 0	0 , 0	1 4 , 2
22	0 , 3	2 7 , 4	0 , 0	0 , 0	0 , 0	0 , 0
23	6 , 2	0 , 6	2 2 , 0	1 3 , 7	0 , 0	0 , 0
24	0 , 0	2 2 , 1	0 , 0	0 , 0	0 , 0	1 1 , 9
25	1 8 3 , 3	7 , 2	2 3 , 5	0 , 0	0 , 0	9 , 8
26	0 , 0	2 1 , 2	1 , 6	2 5 , 8	4 , 1	0 , 0
27	8 , 4	2 6 , 8	0 , 0	0 , 0	1 , 8	0 , 5
28	0 , 0	0 , 0	0 , 0	2 , 1	4 , 2	0 , 0
29	3 2 , 0	5 , 4	0 , 0	0 , 0	1 7 , 0	6 , 6
30	2 2 , 0	1 3 , 6	0 , 0	2 , 5	0 , 0	4 , 0
31	.	4 , 8	.	0 , 0	0 , 0	.
T o t a l	5 4 6 , 9	4 0 8 , 4	2 0 6 , 2	1 4 3 , 3	9 4 , 5	1 1 7 , 9