

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

Maciel, Marcela Marçal (1); Labaki, Lucila Chebel (2); Aguiar, Osmar J. R. (3)

(1) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET, Curso de Arquitetura e Urbanismo, UNAMA. e-mail: marcela@unama.br. Av. Alcindo Cacela, 287 - 66060-902 - Umarizal - Belém/PA – Telefone: (91) 4009-3086.

(2) Dep. de Arq. e Construção, Faculdade de Eng. Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP.

e-mail: lucila@fec.unicamp.br. Caixa Postal 6021. CEP 13083-970 Campinas/SP. Tel: (19) 3788-2384 Fax: (19) 3788-2411.

(3) Embrapa Amazônia Oriental. Trv. Dr. Enéas Pinheiro, s/ nº. e-mail: o_aguiar@cpatu.embrapa.br, CEP 66095-100 Belém/Pa. Tel: (91) 3299-4718 Fax: (91) 3276-9845.

RESUMO

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, buscando a maior eficiência energética das edificações. 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 material de 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-se o desempenho térmico de diferentes alternativas de painéis de fechamento em dois protótipos de madeira construídos na área da Embrapa – Amazônia Oriental, através de medições dos parâmetros ambientais – temperatura, umidade, temperatura do globo e velocidade do ar, a fim de verificar o painel de fechamento que apresentou maior eficácia no controle das exigências climáticas. 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-chave: Desempenho térmico, habitação de madeira, trópico úmido.

ABSTRACT

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 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. 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.

Keywords: Thermal confort, wood houses, humid tropic.

1. INTRODUÇÃO

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. 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-se o desempenho térmico de diferentes alternativas de painéis de fechamento em dois protótipos de madeira construídos na área da Embrapa – Amazônia Oriental.

A madeira é um dos materiais mais antigos utilizados na construção civil, por suas características mecânicas, e ainda por ser um bem renovável de origem natural. Contudo, isso não significa que este material esteja sendo empregado de forma correta, atendendo aos requisitos e critérios recomendados ao seu desempenho. 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. A autora ressalta que no Brasil inexistente 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 deixados de lado, aumentando a imagem negativa das construções em madeira no país.

O conforto térmico pode ser definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda e a não satisfação pode ser causada por sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1998). As condições de conforto térmico dependem das seguintes variáveis: ambientais, como temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, e pessoais, que são vestimentas e atividades desenvolvidas. O desempenho térmico das edificações está baseado em vários fatores como, na influência das aberturas, na quantidade de energia térmica recebida, no espaço interno, na insolação combatida pelos dispositivos de proteção. Entre outros aspectos estão as concepções de projeto, preocupação com implantação, ventilação, orientação e tratamento do entorno. E somado a esses, um fator de grande importância 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 forem necessários.

O conhecimento de determinada região é uma das várias formas de estabelecer parâmetros entre as condições de conforto térmico e as atividades desenvolvidas pelas pessoas em determinados ambientes. Assim, arquitetos e projetistas devem se preocupar, além dos aspectos estéticos, com as questões que envolvem o conforto ambiental no interior das mesmas. 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 emprego de tecnologias adequadas a um tipo de clima específico, muitas vezes é deixado de lado em detrimento a modelos construtivos adotados em 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.

2. OBJETIVO

Está pesquisa realizada em Belém-Pa objetivou ampliar os subsídios para a melhoria do conforto térmico interno nas habitações em madeira na região. Dessa forma, avaliou o desempenho térmico de três alternativas de painéis de fechamento, associados com três situações de aberturas de janelas, com análises feitas simultaneamente em dois protótipos de madeira posicionados ao sol e a sombra.

3. MÉTODO

Neste trabalho a metodologia adotada foi dividida em três etapas principais:

1. Construção de dois protótipos idênticos em madeira e com três diferentes alternativas de fechamentos, sendo que um ficou locado em área sombreada e o outro em área totalmente insolada.
2. Medições experimentais das variáveis ambientais – temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar e temperatura de globo.
3. Análises comparativas entre os dois, para verificar o conforto térmico nas diferentes implantações, assim como avaliar o desempenho térmico das três configurações de painel de fechamento.

3.1. Construção dos protótipos

Os protótipos foram construídos dentro da área Embrapa Amazônia Oriental, em Belém/Pa, situada a Av. Perimetral, s/ nº, bairro Marco. Os locais escolhidos são planos, ficando um dos protótipos 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 variadas espécies arbóreas, próximo à via de acesso aos prédios administrativos, situados na parte posterior da empresa. (Figura 1 e 2). Ambos possuíam a dimensão interna de 3,00x3,00, totalizando 9m² de área útil total.

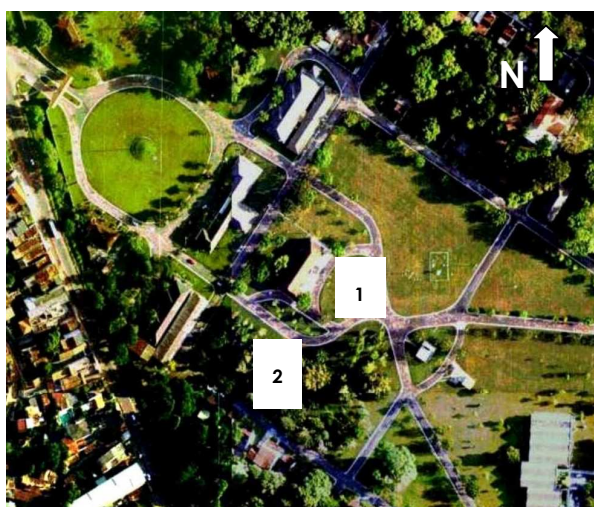


Figura 1 – Vista aérea da Embrapa Amazônia Oriental e localização dos protótipos: (1) ao sol, (2) à sombra.



(a) à sombra

(b) ao sol.

Figura 2 – Vista dos protótipos: (a) à sombra, (b) ao sol.

3.1.1. Caracterização do envelope

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). Estas peças apresentavam fendas no sentido longitudinal que permitiram que as tábuas macheadas (1,9x7,6) fossem encaixadas uma a uma. As tábuas seguiram um padrão com dois comprimentos (92cm e 46cm). 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 possuíram uma espessura de 1,9 cm;
- **2ª fase:** nesta fase os protótipos receberam, também, tábuas de fechamento na face interna, ou seja, as paredes possuíram 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.

3.1.2. Medições nos protótipos

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 do desempenho 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. Foram utilizados sensores de temperatura, umidade e anemômetros acoplados a dataloggers da marca Testo (Figura 3), com programação compatível com o software Windows que acompanha o equipamento.



Figura 3 – Medidores do tipo TESTO.

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 (Figura 1). A estação meteorológica implantada na Embrapa Amazônia Oriental garantiu o suporte com o registro das condições climáticas do microclima local.

Tabela 1– Características dos materiais utilizados na simulação computacional.

MEDIÇÕES	PAINEL	PERÍODO (2005)	ABERTURA
1ª FASE	SIMPLES	16/05 à 21/05	FECHADA
		23/05 à 28/06	ABERTA L/O
		30/05 à 04/06	ABERTA N/ S
2ª FASE	DUPLO COM AR	07/06 à 12/06	FECHADA
		13/06 à 18/06	ABERTA L/O
		20/06 à 25/06	ABERTA N/S
3ª FASE	DUPLO COM ISOLANTE (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

3.2. Caracterização climática da cidade de Belém-Pa

A cidade de Belém, área objeto de estudo, 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), devido a Belém estar na zona equatorial úmida, o seu clima se caracteriza pelas altas temperaturas, ventos com pouca velocidade, intercalados com calmarias frequentes, 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 micro-climáticas, faz-se necessário, primeiramente, o estudo dos dados macro-climáticos.

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. Os índices pluviométricos anuais, do período 1967-1997, variam entre 2.188 mm em 1983 e 3.980 mm em 1989, com média registrada no período de 3.001 mm. 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. (Tabela 2).

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. 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.

Tabela 2: Dados meteorológicos médios e extremos de Belém. Período 1967-1996.

Mês	Temperatura do ar (°C)					UR(%)	Chuva (m)		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
Ano	31,8	22,9	36,6	19,4	26,4	84	3001,3	136	2338,3	NE	1,5

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

Fonte: Bastos et al (2002)

4. ANÁLISE DE 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 diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar, comparando os três tipos de painéis de fechamento dos protótipos;
2. Análise descritiva das diferenças das médias das temperaturas externa e interna do ar, comparando as três situações de abertura de janela nos protótipos;

4.1. 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.

No posicionamento do protótipo ao sol com janelas fechadas, 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.

O pior desempenho, verificado na situação do protótipo ao sol com as janelas abertas L/O, 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.

Contudo, mantendo o protótipo ao sol e abrindo as janelas N/S, 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) (Figura 4). 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.

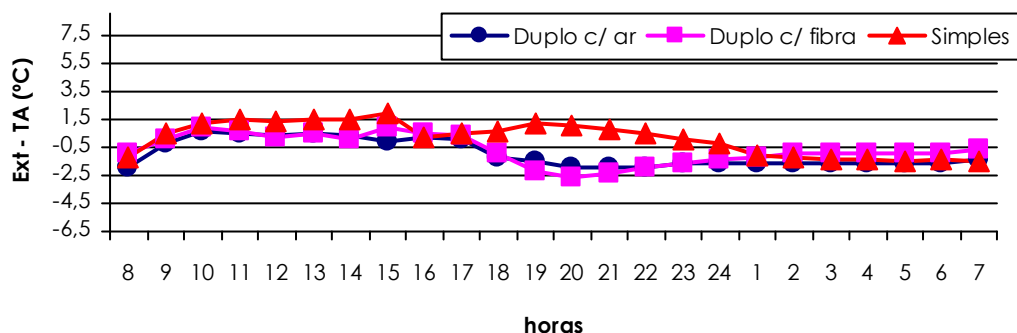


Figura 4 – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (Ext) e aquelas obtidas nos protótipos (TA), com JANELAS ABERTAS N/S, posicionados no SOL, no período de 8h do dia 30/05/2005 a 7h do dia 04/06/2005 utilizando-se PAINÉIS SIMPLES, no período de 8h do dia 20/06/2005 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.

Fazendo a análise do protótipo posicionado na sombra com suas 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.

Mantendo o protótipo à sombra e abrindo suas janelas L/O, percebe-se que 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 (Figura 5). 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.

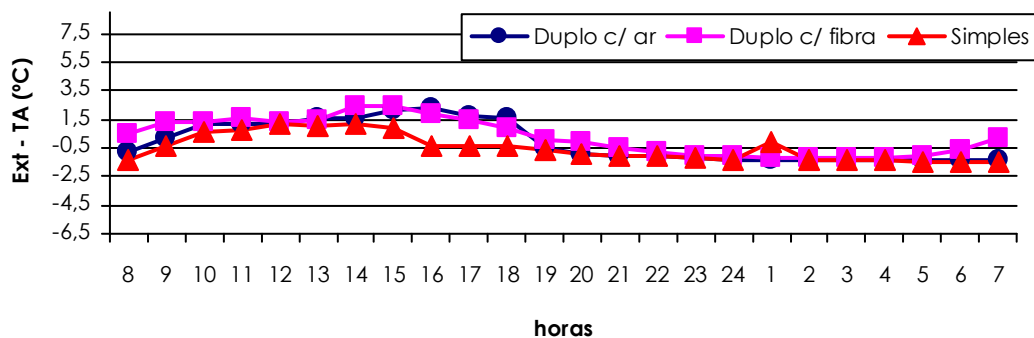


Figura 5 – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (Ext) e aquelas obtidas nos protótipos (TA), com JANELAS ABERTAS L/O, posicionados na SOMBRA, no período de 8h do dia 23/05/2005 a 7h do dia 28/05/2005 utilizando-se PAINÉIS SIMPLES, no período de 8h do dia 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.

Para o posicionamento do protótipo à sombra, porém com as janelas aberta N/S, observou-se que 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 frequência no painel duplo com ar confinado de 18h às 8h (mínima de -1,8°C às 5h e 6h).

4.2. 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 o posicionamento do protótipo ao sol, com a configuração de 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).

Após modificar a configuração do painel para duplo com ar confinado e, mantendo ao sol, observou-se que na situação 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.

Mantendo o protótipo ao sol, modificou-se o painel para sua terceira configuração, duplo com fibra de coco, onde 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°C de 2h às 5h) e na abertura N/S de 16h às 8h (mínima de -1,2°C à 1h) (Figura 6). 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.

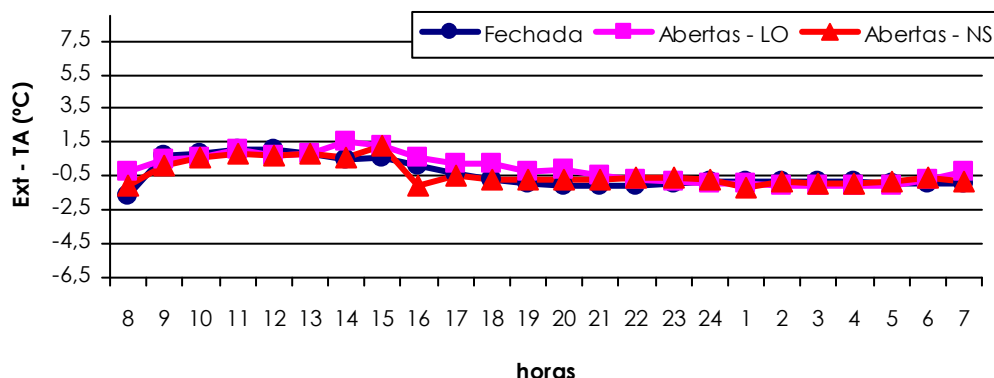
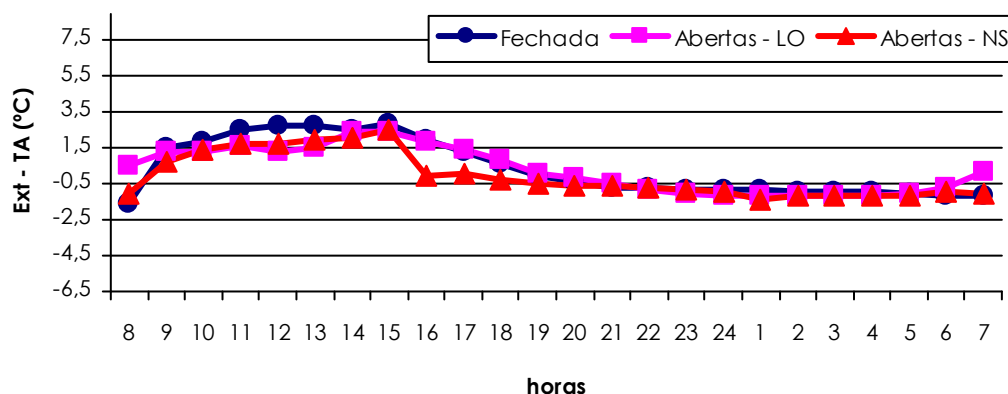


Figura 6 – Diferenças entre as Médias das Temperaturas do Ar obtidas na Estação Meteorológica (Ext) e aquelas obtidas nos protótipos (TA), posicionados no SOL, utilizando-se PAINÉIS DUPLOS C/ FIBRA DE COCO, no período de 8h do dia 16/08/2005 a 7h do dia 21/08/2005 com JANELAS FECHADAS, no período de 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).

Na avaliação simultânea com o protótipo posicionado à sombra, porém com a configuração do painel simples, o desempenho das situações de aberturas apresentou 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°C) e, negativa às 4h e 6h (-1,1°C). Na abertura L/O, as temperaturas positivas ocorreram de 10h às 15h, com maior diferença positiva às 12h e 14h (1,2°C) e negativa de 5h às 7h (-1,5°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°C) e negativa de -0,9°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.

Para o mesmo posicionamento descrito no parágrafo acima, porém com o painel duplo com ar confinado, na análise 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 às 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.

Mantendo a análise com o protótipo à sombra, modificando, apenas seu painel para duplo com fibra de coco, observou-se que 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) (Figura 7). 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.



(Figura 7) – 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).

5. DISCUSSÃO

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 desempenho térmico.

Avaliando a configuração dos três tipos de painéis de fechamento, verificou-se que, 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 à 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 mesmas.

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, 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.

6. CONCLUSÕES

Diante de todos os dados expostos, pode-se concluir que com relação às medições experimentais, o melhor desempenho observado, entre os fechamentos estudados, foi 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. Contudo, o painel simples apresentou em um único momento uma situação bastante favorável em relação aos demais fechamentos, quando as janelas estavam abertas N/S em ambos os protótipos as temperaturas internas se mantiveram abaixo das registradas externamente, o que pode ser justificado, principalmente para o protótipo posicionado no sol, pelo fato de não apresentar barreiras em relação à ventilação e da incidência oblíqua do vento a NE (nordeste), que, segundo Bastos et al (2002) representa a primeira predominância, fato este que não pode ser desconsiderado, muito pelo contrário sugere que em determinadas condições pode ser uma alternativa viável à utilização nas habitações de interesse social.

Um fato importante observado foi que o uso da vegetação no entorno da edificação é de extrema importância para amenizar os efeitos extremos do clima quente-úmido, porém, deve-se ter o cuidado com seu correto posicionamento e afastamento com relação à edificação, a fim de que não impeçam ou dificultem a ventilação em seu interior, como ocorreu no protótipo posicionado na sombra que teve o desempenho da ventilação prejudicada devido a grande quantidade de vegetação densa na direção dos ventos dominantes.

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.

7. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma 02: 135.07.001. Desempenho térmico de edificações. Parte 1: **Definições, símbolos e unidades**, 1998. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/conforto/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2003.

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

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

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

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION, Switzerland. **ISO 7726**; thermal environments-instruments and methods for measuring physical quantities. Switzerland, 1998.

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.

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

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à:

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

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.