

AVALIAÇÃO TÉRMICA DE UNIDADES COMPACTAS PRÉ-FABRICADAS NO CONTEXTO DE MACEIÓ- AL

Natália Rosa Melo (1); Gianna Melo Barbirato (2)

(1) Arquiteta e urbanista, natalia.rosa.pet@gmail.com

GATU – Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana; FAU/UFAL

(2) Doutora, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, gmb@ctec.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Campus A C Simões, Maceió - AL, 57072 970, Tel.: (82) 3214 1266

RESUMO

Os sistemas construtivos industrializados baseados na pré-fabricação, particularmente os módulos comumente utilizados em construções compactas, oferecem vantagens como baixo custo, rapidez de instalação e flexibilidade. O desempenho térmico dessas unidades é um aspecto importante a ser observado, e dependerá das características construtivas do sistema e das suas condições de exposição. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, quanto ao desempenho térmico, duas unidades compactas pré-fabricadas, compostas por painéis produzidos com aço e poliestireno, no contexto climático de Maceió – AL. As análises basearam-se em monitoramento in loco dos ambientes internos e análise das condições de exposição ao sol e vento. Constatou-se que a envoltória das unidades atende à norma NBR 15575, quanto ao desempenho térmico mínimo obrigatório, para todas as zonas bioclimáticas do país. Por outro lado, mostrou insolação excessiva das fachadas e, apesar de possuírem dimensionamento mínimo adequado das aberturas para ventilação, de acordo com o estabelecido pela NBR 15575, não apresentam ventilação cruzada permanente, estratégia para obtenção de conforto térmico na Zona Bioclimática 8. O monitoramento in loco mostrou valores temperaturas do ar internas acima de limites confortáveis nos módulos estudados. Conclui-se, enfim, que os dois módulos analisados apresentam inadequações quanto ao desempenho térmico, reforçando a importância de estudos complementares que enfatizem a necessidade de adequação de construções modulares às diversas condições climáticas e de exposição a que possam ser submetidos.

Palavras-chave: desempenho térmico; sistemas construtivos; conforto térmico.

ABSTRACT

Constructive building module systems, used frequently in compact constructions, offer advantages such as low cost, fast installation and flexibility. The thermal performance of these units is an important aspect to be observed, and will depend on the constructive characteristics of the system and its exposure conditions. Given this, the present work aims to analyze the thermal performance of two prefabricated units, composed by panels produced with steel and polystyrene, in the climatic context of Maceió - AL. The analysis based on in situ measurements of indoor environments and sun and wind exposure analysis. The results showed that the envelope of the units is according with NBR 15575. On the other hand, the façades showed excessive sunlight exposure. The modules presented adequate size of opening for ventilation, but both do not have permanent cross-ventilation, bioclimatic strategy for obtaining thermal comfort in Bioclimatic Zone 8. The indoor measurements showed internal air temperature values above comfortable limits levels of the studied modules. Finally, it is concluded that the two constructive modules analyzed present thermal inadequacies, enhancing the importance of studies that emphasize the need for adequacy of modular constructions to different climatic conditions and exposure that may be submitted.

Keywords: thermal performance; constructive systems; thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

A cada dia surgem novos produtos pré-fabricados para atender à crescente demanda de “industrialização da obra”, o que pode ser positivo sob os aspectos de racionalização da mesma. Os sistemas construtivos e componentes mais leves destacam-se nesse contexto face às vantagens construtivas e econômicas, influenciando o mercado de pré-fabricados (BRITO, 2006).

A pré-fabricação possui um grande potencial econômico, e apresentam, não raramente, um eficiente desempenho estrutural e boa durabilidade em relação às construções moldadas no local, devido ao uso potencializado dos materiais. Isso é obtido por meio do uso de equipamentos e de procedimentos de fabricação, em geral, cuidadosamente elaborados. É uma forma industrializada de construção com muitas vantagens. Comparado aos métodos de construção tradicionais e outros materiais de construção, o sistema pré-fabricado, como método construtivo, tem muitas características positivas, como uso otimizado de materiais, menor tempo de construção e adaptabilidade (ACKER, 2002).

Esses sistemas construtivos conferem, enfim, otimização da mão de obra e oferecem vantagens como baixo custo, rapidez de instalação e flexibilidade, especialmente em construções compactas. Contudo, é necessário ter o cuidado com as condições climáticas a que estarão expostos, com vistas ao seu bom desempenho. Sabe-se que esses sistemas, por serem mais leves e de montagem rápida, tem capacidade de isolamento térmico e acústico questionável, e carecem de mais estudos quanto ao seu desempenho (RIBAS et al., 2012, 2013).

Desse modo, para que a escolha desses sistemas construtivos represente uma solução eficiente, é necessário que se leve em conta o seu desempenho térmico. No meio técnico, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – possui normas técnicas, como a NBR 15220 (ABNT, 2005a; 2005b) e NBR 15575 (ABNT, 2013) que padronizam procedimentos, métodos de ensaios, terminologias, simbologias e classificações, de modo a garantir que os serviços e produtos sejam de qualidade.

Torna-se fundamental a troca de informações entre pesquisadores e os setores ligados à construção civil quanto à importância de se observar os aspectos climáticos particulares de cada região para a qual se está projetando. Nesse sentido, novos referenciais construtivos que visem à conservação de energia através da adequação climática das construções e o conforto térmico devem ser constantemente analisados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a adequação de duas unidades compactas pré-fabricadas, expostas no contexto climático de Maceió- AL quanto ao desempenho térmico, visando o conforto térmico do espaço habitado.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Verificação da adequação térmica da envoltória das unidades pré-fabricadas, com base nas recomendações das normas NBR 15220 (ABNT, 2005a; 2005b) e NBR 15575 (ABNT, 2013) quanto ao cálculo da resistência térmica e transmitância térmica das paredes e coberturas dos módulos, tamanho e exposição das aberturas e estratégias recomendadas para a região

Para o cálculo da resistência térmica total do componente dos módulos (paredes e cobertura) e transmitância térmica do mesmo, foram consideradas as equações descritas na NBR 15220 (ABNT 2005a):

$$\begin{aligned} R &= e / \lambda && \text{Equação 1} \\ R_t &= R_{\text{painel}} + R_{\text{isopor}} + R_{\text{painel}} && \text{Equação 2} \\ R_T &= R_{se} + R_t + R_{si} && \text{Equação 3} \\ U &= 1/R_T && \text{Equação 4} \end{aligned}$$

Onde:

R = resistência térmica de uma camada homogênea [m². K/W];

e = espessura da camada [m];

λ = condutividade térmica do material [W/(m.K)];

R_t = resistência térmica de superfície a superfície [m². K/W];

R_T = resistência térmica de ambiente a ambiente [m². K/W];

R_{se} e R_{si} = resistências superficiais externa e interna, respectivamente [m². K/W];

U = transmitância térmica do componente [W/m². K].

2. Estudo qualitativo da trajetória do ar nos módulos estudados, através Fluxovento, um simulador numérico bidimensional gráfico interativo voltado para a área de conforto ambiental, de livre acesso¹, cujo objetivo é visualizar linhas de correntes de vento e regiões de concentração e rarefação de vento dentro de ambientes construídos. É descrito em Carvalho et al. (2005).

3. Monitoramento das unidades, a partir de medições internas de temperatura do ar e umidade relativa do ar;


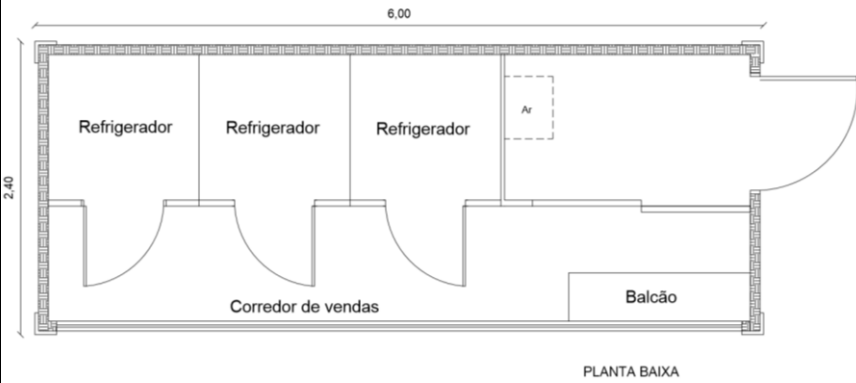
4. Estimativa de horas de conforto térmico no interior das unidades, a partir do programa computacional Analysis Bio (ANALYSIS BIO, 2014) e intervalo de conforto estabelecido em Rivero (1985).

3.1. Caracterização do envelope

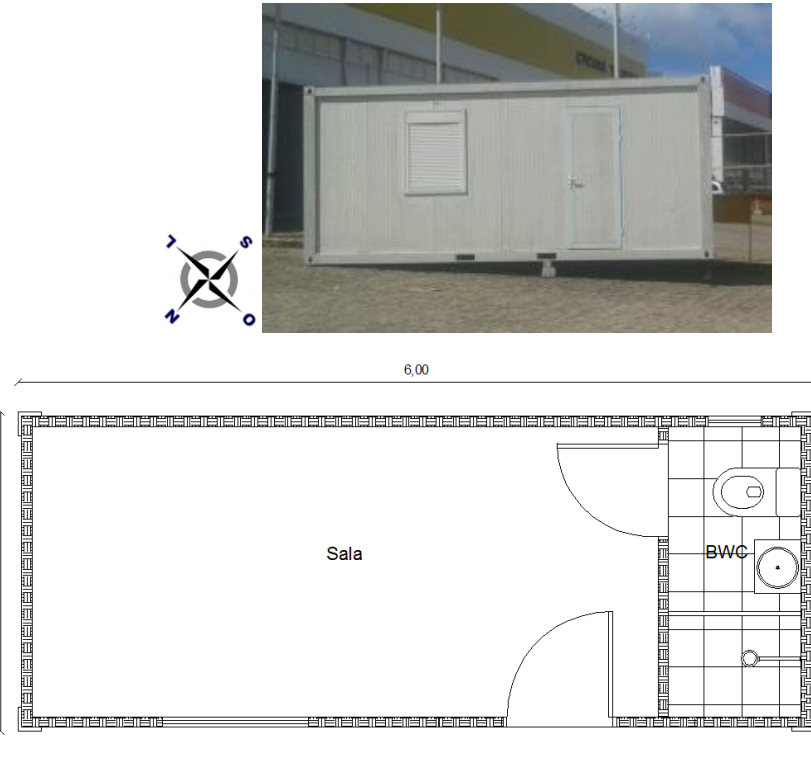
As unidades selecionadas para estudo estão inseridas no contexto climático de Maceió - AL, aqui denominadas de módulo 1 e módulo 2. O módulo 1 localiza-se no bairro do Barro Duro, em um terreno que contém um posto de gasolina e uma loja de conveniência. O módulo 2 está localizado no bairro Serraria, foi implantado no terreno de uma área comercial. Ambos estão numa mesma região da cidade, nas proximidades de uma das vias de grande importância dentro na malha urbana de Maceió, a Av. Menino Marcelo, em área de expansão urbana. São dois modelos recorrentes de construções compactas pré-fabricadas na cidade.

Os módulos 1 e 2 são unidades compostas por painéis externos e cobertura tipo “sandwich” formados por duas chapas galvanizadas (5 mm de espessura) e poliestireno (20 mm de espessura). Diferem entre si quanto às dimensões, entorno, orientação e aberturas, conforme a Tabela 1:

Tabela 1– Características das unidades estudadas.

MÓDULO 1	CARACTERÍSTICAS
  <p>PLANTA BAIXA</p>	<p>Entorno pavimentado com paralelepípedo e cimento; paredes e cobertura de aço galvanizado na cor branca e amarela; sombreamento parcial promovido por parede na fachada nordeste do módulo. Há uma esquadria (porta) na fachada sudeste, e abertura frontal na forma um beiral para proteção do sol e chuva. Apesar de possuir beiral, não evita insolação no período da tarde ao longo do ano, pelo fato de apresentar sua fachada frontal voltada para o sudoeste.</p> <p>Área total: 14,40 m²</p>

¹ Disponível em: http://www.ecivilnet.com/software/fluxovento_analise_ventilacao.htm. Último acesso em 01/07/2015.

MÓDULO 2	CARACTERÍSTICAS
 <p>6,00</p> <p>2,40</p> <p>Sala</p> <p>BWC</p> <p>PLANTA BAIXA</p>	<p>Localizado em uma área onde não há qualquer tipo de edifício que projete sombra ou obstrua a passagem de vento para edificação; paredes e cobertura de aço galvanizado na cor branca; esquadria de alumínio lacado, de duas folhas de correr, com vidro liso de 4mm transparente, e portas em aço galvanizado. Não há proteção externa da ação de chuva e sol; entorno impermeabilizado; Fachada principal voltada para noroeste.</p> <p>Área total: 13,02 m²</p>

3.2. Monitoramento *in loco*

Para o monitoramento das edificações, utilizaram-se equipamentos armazenadores de dados (*data loggers*) do tipo HOBO (Figura 1), para medir e armazenar dados de temperatura do ar interno e umidade relativa do ar. Os valores armazenados foram transferidos para computador através do programa HOBOWare (Software for HOBO U-Series Data Loggers & Devices), versão 2, para Windows. Foram utilizados dois HOBOS, instalados um em cada módulo. Eles foram posicionados aproximadamente no centro do cômodo de cada uma das unidades estudadas, a 1,10 metros do piso. Os HOBOS foram programados para o registro das informações em intervalos horários.



Figura 1 – Medidores do tipo HOBO.

Os módulos foram monitorados entre os dias 04 e 14 de junho de 2014. Os ambientes estudados funcionam entre 8h e 19h, e nos sábados entre 08h00min e 17h00min. Os procedimentos para a realização do monitoramento basearam-se nas determinações da NBR 15575 (ABNT, 2013). Sabe-se que para a região de Maceió, por se situar em baixa latitude e possuir clima quente e úmido, o desconforto pelo calor é sentido em qualquer período do ano.

As temperaturas externas que serviram de base para a validação das medições internas foram obtidas pela estação meteorológica automática do INMET, durante o período monitorado.

3.3. Estimativa das condições de conforto térmico interno

A fim de estimar as horas de conforto térmico interno das unidades, os dados obtidos no monitoramento foram analisados através do programa computacional Analysis Bio (ANALYSIS BIO, 2014). Os valores de temperatura do ar interno e umidade relativa do ar foram plotadas na carta bioclimática do programa que forneceu um relatório sobre as condições internas de conforto e as estratégias que poderiam ser utilizadas para minimizar as possíveis situações de desconforto. Foram ainda considerados parâmetros para análise os intervalos de conforto estabelecidos em Rivero (1985) para atividade leve, apresentados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Limites de conforto estabelecidos em Rivero (1985).

LIMITES DE CONFORTO	TEMPERATURAS
Muito quente	31°C a 35°C
Quente	28°C a 31°C
Levemente quente	25°C a 28°C
Conforto ótimo	23°C a 25°C
Levemente fresco (frio)	23°C a 20°C
Fresco (frio)	20°C a 17°C
Muito fresco (frio)	17°C a 13°C

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Adequação das unidades estudadas às normas de desempenho NBR 15220 e NBR 15575

Foram elaborados os cálculos da resistência térmica e da transmitância térmica do componente painel em aço e poliestireno, seguindo-se o método de cálculo da NBR 15220 (ABNT, 2005a). Foram considerados os valores de condutividade térmica (λ) de 0,040 W/(m.K) para o poliestireno expandido (isopor) e 55 W/(m.K) para o aço.

Para as paredes, foram obtidos os seguintes resultados: resistência térmica (R_T) = 0,67 m². K/W e transmitância térmica (U) = 1,49 W/m². K. Para a cobertura, foram obtidos os seguintes resultados: resistência térmica (R_T) = 0,64 m². K/W e transmitância térmica (U) = 1,56 W/m². K. De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013) para que seja obtido o desempenho mínimo de aceitação (nível M), a transmitância térmica das paredes externas deve ser menor ou igual a 3,7 W/m². K (para absorvância à radiação solar da superfície externa menor ou igual à 0,6) e cobertura leve refletora com U menor ou igual a 2,3 W/m². K (para absorvância da superfície externa menor ou igual à 0,4). Portanto, constata-se que o componente apresenta desempenho térmico aceitável à aplicação em todas as zonas bioclimáticas do país.

De acordo com a Norma 15.220 (ABNT, 2005b), para a Zona Bioclimática 8, na qual Maceió está inserida, as aberturas devem ser grandes, sombreadas, e apresentar no mínimo 40% da área do piso. Já a Norma 15575 (ABNT, 2013) estabelece aberturas grandes com, no mínimo, 8% da área do piso. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos pelas unidades estudadas frente a essas exigências. Notadamente, as aberturas estão adequadas ao mínimo exigido pela NBR 15575, mas apenas o módulo 1 apresenta abertura sombreada.

Tabela 3– Dimensionamento das aberturas das unidades estudadas.

Ambientes	Áreas de piso (m ²)	Área de abertura (m ²)	Conformidade com a NBR 15220 (ABNT, 2005b)	Conformidade com a NBR 15575 (ABNT, 2013)
Módulo 1	6,00	9,86	sim	sim
Módulo 2 (sala)	10,38	1,00	não	sim
Módulo 2 (banheiro)	2,64	0,24	não	sim

O estudo qualitativo da trajetória do ar, mostrado na Figura 2, comprova que não há ventilação cruzada em ambos os módulos, estratégia bioclimática para obtenção de conforto térmico na Zona Bioclimática 8. A orientação considerada para o estudo foi a sudeste, responsável pelo vento predominante na região.

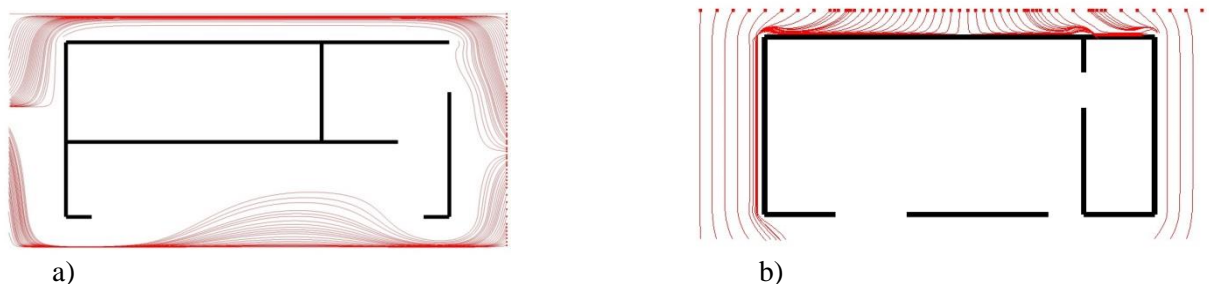


Figura 2 – Estudo da trajetória do ar nos módulos estudados, realizado com o simulador Fluxovento.

4.2. Monitoramento *in loco* das unidades

Os resultados do monitoramento *in loco* dos módulos e as temperaturas externas obtidas no instituto de meteorologia (INMET) para o mesmo *loco* período foram transferidos para planilhas eletrônicas, nas quais foram criados gráficos e tabelas, com intervalos horários de temperatura do ar e umidade relativa do ar, objetivando comparar a temperatura do ar interna e externa e classificar as condições do conforto térmico interno.

Foram registrados um total de 254 horas durante os onze dias monitorados. Na Tabela 4 estão valores máximos, médios e mínimos do período estudado.

Tabela 4: Valores máximos, mínimos e médios da temperatura e umidade relativa do ar no período de monitoramento

Dias	TEMPERATURA (°C) e UMIDADE RELATIVA (%)											
	MÓDULO 1				MÓDULO 2				EXTERNA			
	Temperaturas (°C)		Umidades Relativas (%)		Temperaturas (°C)		Umidades Relativas (%)		Temperaturas (°C)		Umidades Relativas (%)	
	MIN.	MÁX.	MIN.	MÁX.	MIN	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MIN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.
04 junho	27,46	32,44	58,15	72,60	24,67	37,84	37,29	73,81	21,00	29,60	53,00	94,00
05 junho	27,26	31,46	52,94	73,79	24,41	37,49	41,07	85,27	21,60	29,20	62,00	93,00
06 junho	27,63	31,31	57,21	75,05	25,87	37,57	41,91	80,70	23,60	29,30	60,00	89,00
07 junho	27,04	31,67	48,73	74,20	25,16	34,00	55,62	85,90	22,60	28,30	67,00	91,00
08 junho	29,69	31,96	42,65	63,77	24,48	38,29	40,75	81,97	21,40	29,20	60,00	94,00
09 junho	25,50	31,82	56,14	87,15	23,74	37,21	42,74	90,61	21,30	29,20	60,00	94,00
10 junho	27,43	31,46	52,00	74,94	24,75	36,60	41,04	91,78	22,80	28,60	53,00	94,00
11 junho	26,70	32,51	40,43	77,81	24,22	32,90	51,56	88,04	23,00	27,20	63,00	91,00
12 junho	26,40	31,74	55,42	84,14	23,57	34,23	55,69	90,24	21,40	27,60	67,00	93,00
13 junho	26,97	31,76	51,48	66,37	23,79	35,91	44,58	94,21	23,00	28,10	62,00	93,00
14 junho	27,53	32,02	44,82	71,43	23,11	33,84	51,26	90,00	20,70	28,00	67,00	94,00
médias	27,63	31,26	50,90	74,49	24,34	35,98	45,77	86,59	22,03	28,57	61,27	92,72

Durante o período de monitoramento, o maior valor absoluto de temperatura do ar registrado no módulo 1 foi de 32,51°C e ocorreu no dia 11 de junho às 08h00min. Nesse mesmo instante a temperatura externa registrou o valor de 25,07 °C. A mínima temperatura absoluta registrada foi de 25,50°C no dia 09 de Junho às 21h00min, enquanto a temperatura externa registrava o valor de 24,40 °C. Já no módulo 2, a máxima temperaturas absoluta foi de 38,29°C no dia 08 de Junho às 15h00min, com uma temperatura externa, no mesmo instante, de 28,20°C. A temperatura mínima absoluta registrada no módulo 2 foi de 23,11°C no dia 14 de junho às 06h00min, com uma temperatura externa de 22,30°C.

As temperaturas do ar apresentaram, no módulo 1, aumento a partir das 23h00min e atingiram seus valores máximos entre 24h00min e 06h00min, quando o recinto estava fechado, provavelmente resultante do acúmulo de calor recebido durante o dia, bem como das trocas de calor dos refrigeradores existentes, que funcionam ininterruptamente. Esse módulo foi alocado junto a uma parede de uma edificação. No módulo 2 as temperaturas internas aumentavam por volta de às 10h00min. Os valores mais baixos de temperatura foram observados entre as 19h00min e 07h00min. Ressalte-se que esse módulo possui envoltória livre de obstrução no entorno, e apresentou maiores oscilações térmicas diárias.

A umidade relativa do ar do módulo 1 oscilou entre 42,6% e 85,4%. Os valores mais altos foram alcançados geralmente entre 06h00min e 09h00min da manhã, quando os valores de temperatura do ar eram mais baixos. O menor valor de umidade relativa coincidiu com o mais alto valor da temperatura do ar às 09h00min do dia 09 de junho. O módulo 2 apresentou a umidade relativa do ar entre 37,29% e 94,2%, apresentando os valores mais altos geralmente entre as 02h00min e 08hmin da manhã. Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS) considera como ideal a umidade do ar acima de 60%. É considerado estado de atenção quando a umidade cai abaixo dos 30%, o que não ocorreu durante o período de monitoramento dos módulos.

Nos gráficos das Figuras 3 e 4 a seguir, tem-se o comportamento da temperatura do ar nos módulos estudados, em três dias consecutivos durante o período de monitoramento (dias 09, 10 e 11 de junho de 2014) que correspondem a dias úteis de ocupação interna, e às exigências da NBR 15575(ABNT, 2013) para monitoramento *in loco*.

Observam-se nos dois módulos valores de temperaturas internas superiores às temperaturas externas da estação de referência, bem como uma maior amplitude térmica no módulo 2, ao longo do período. O módulo 1 apresentou menores oscilações térmicas, face às condições de exposição (face voltada para uma parede de outra edificação). O módulo 2, desobstruído em todas as fachadas, está mais exposto às condições ambientais e exposição à radiação solar.

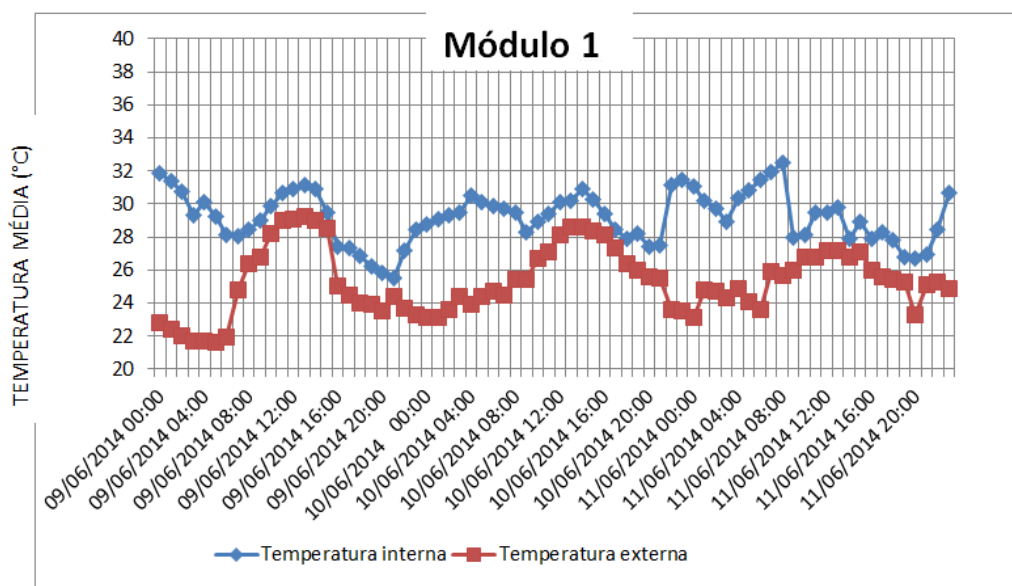


Figura 3 – Comportamento térmico do módulo 1 em três dias monitorados (intervalos horários)

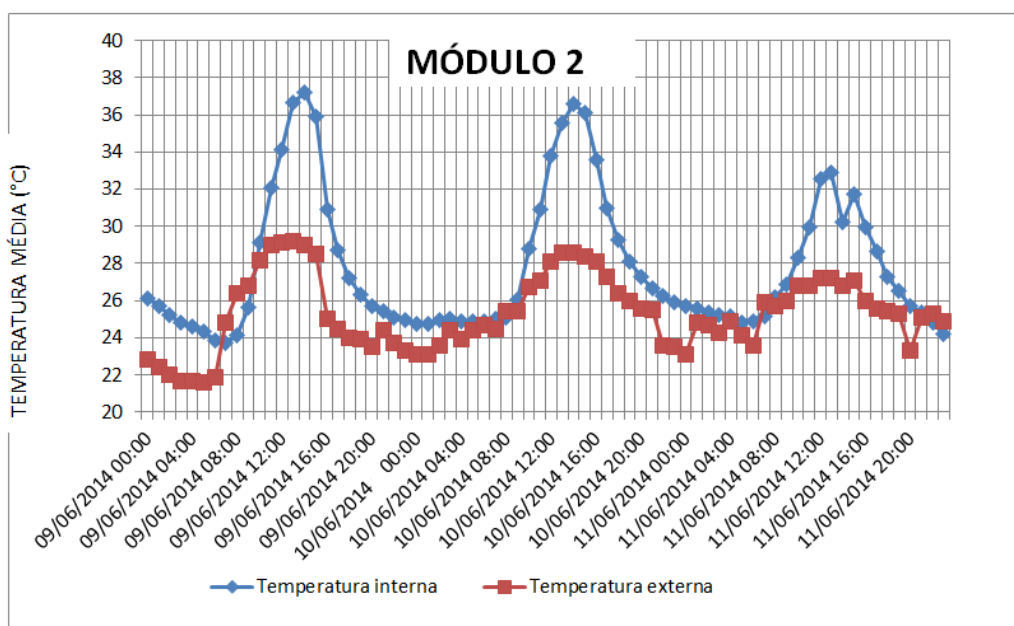
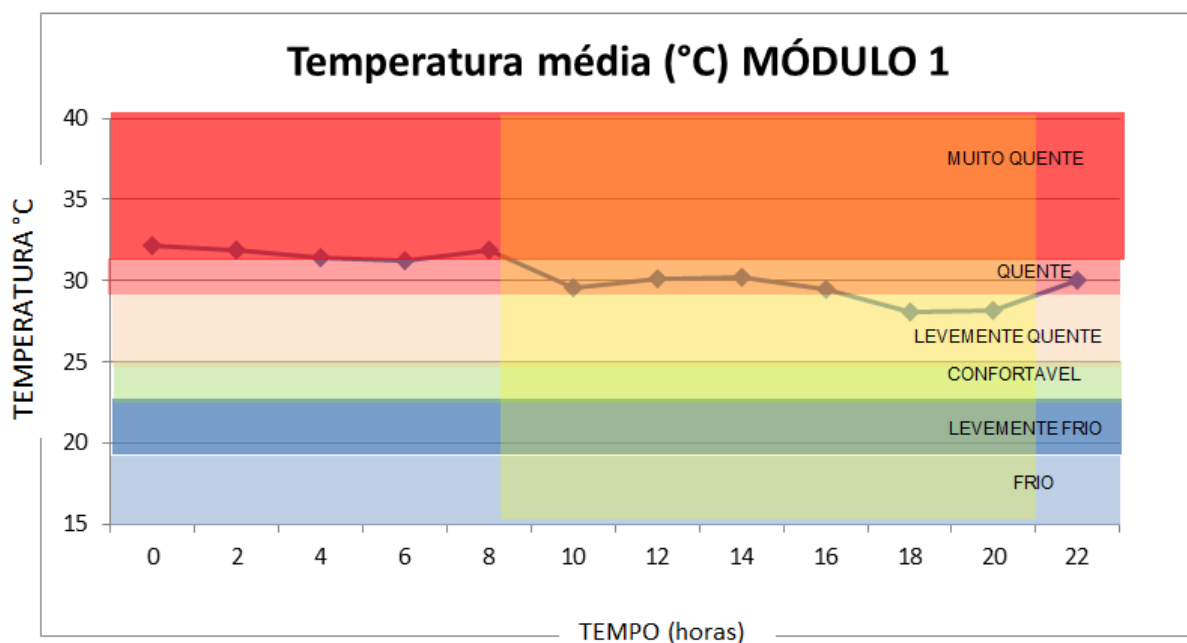


Figura 4 – Comportamento térmico do módulo 2 em três dias monitorados (intervalos horários)

4.3. Estimativa de conforto térmico interno

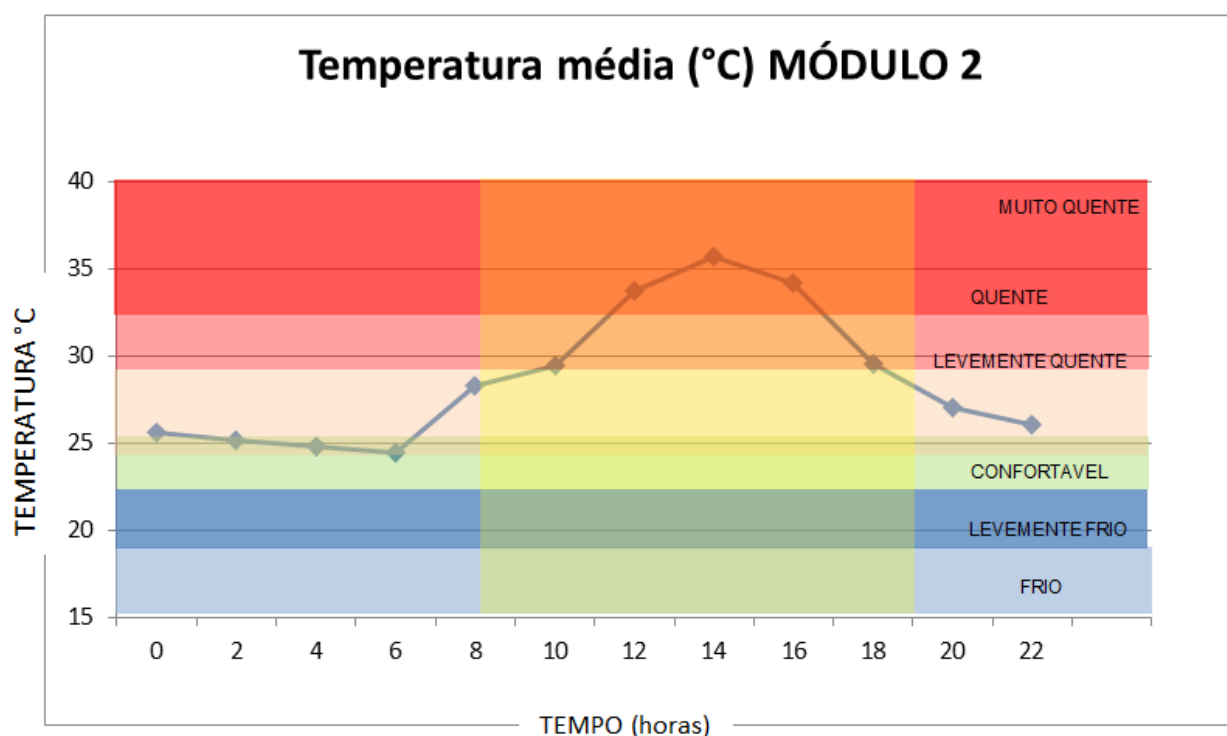
Quanto à estimativa de conforto térmico interno, em um primeiro momento, foram confrontadas as temperaturas médias internas do período monitorado com limites estabelecido em Rivero (1985), mostrados na Tabela 2.

Observa-se nas Figuras 5 e 6 que o módulo 1 apresentou-se muito quente nos horários de 00h00min às 08h00min. Já no módulo 2 no período de 02h00min às 06h00min houve conforto, apresentando-se “muito quente” entre 12h00min e 16h00min. Quanto ao período de ocupação de ambos, o módulo 1 oscilou entre “quente” e “levemente quente”, e o módulo 2, entre “levemente quente” e “muito quente”.



Horário de funcionamento 08:00h às 21:00h.

Figura 5: Temperaturas internas médias do módulo 1 confrontados com os valores de conforto de Rivero (1985).



Horário de funcionamento 08:00h às 19:00h.

Figura 6: Temperaturas internas médias do módulo 2, confrontados com os valores de conforto de Rivero (1985).

As Figuras 7 e 8 mostram os resultados da plotagem dos dados do monitoramento no programa computacional Analysis Bio (ANALYSIS BIO, 2014).

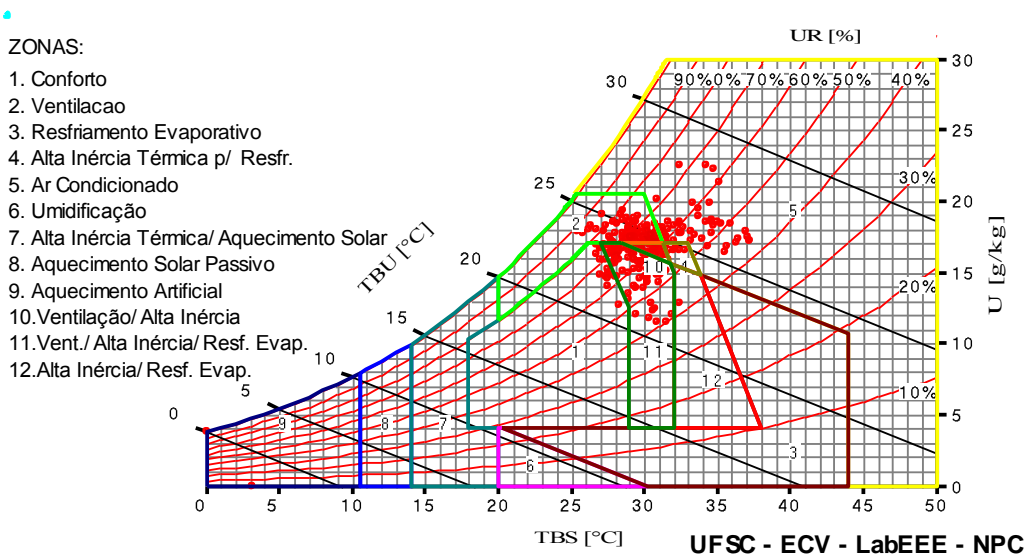


Figura 7: Resultado da Carta Bioclimática para o módulo 1. Fonte: Analysis Bio, 2014

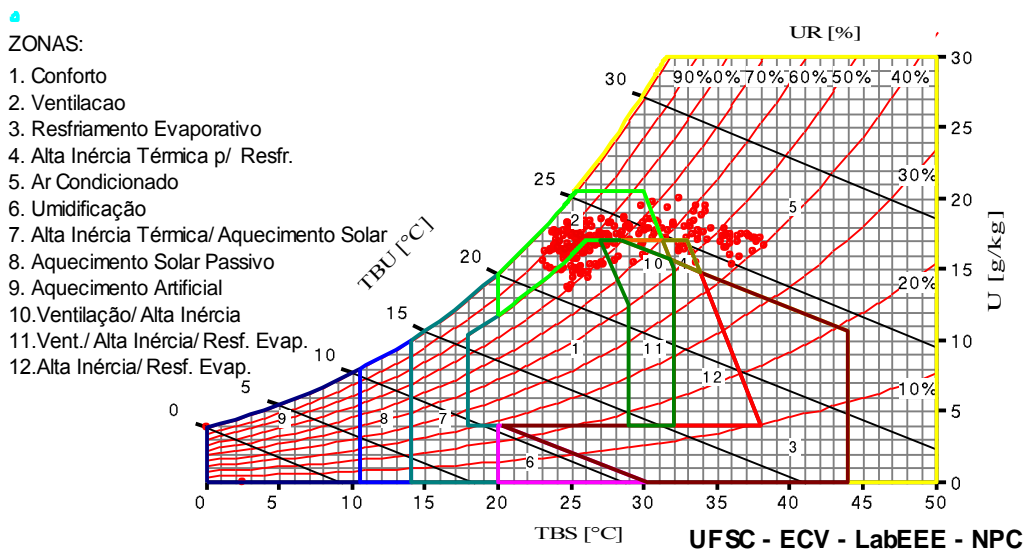


Figura 8: Resultado da Carta Bioclimática para o módulo 2. Fonte: Analysis Bio, 2014

A análise através da Carta Bioclimática mostrou a inadequação térmica de ambos os módulos. Para o módulo 1, das 254 horas inseridas, apenas **5,81%** estão em condições confortáveis enquanto **94,2%** estão em condições de desconforto por calor. Nenhuma das horas foi classificada em condições de desconforto por frio. Para o Módulo 2, das 254 horas inseridas, **19,9%** apresentaram situação de conforto e **80,1%** das horas, desconfortáveis por calor. Nenhuma das horas foi classificada em condições de desconforto por frio. A necessidade de ventilação foi significativa para ambos os módulos, bem como a necessidade de ar condicionado.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar a importância de determinar com cuidado com a correta orientação, implantação, adaptação da envoltória e tratamento do entorno, quando se trata de construções pré-moldadas compactas. Os valores de temperatura interna observados nos dois módulos comprovam a inadequação de ambos ao contexto climático, resultando em edificações inadequadas e desconfortáveis aos usuários.

De acordo com os resultados obtidos, a implantação das unidades compactadas pré-fabricadas não levou em consideração os aspectos climáticos da cidade, importantes para garantir o conforto e o pleno desenvolvimento das atividades no interior das unidades. O projeto dos módulos foi concebido de acordo com padrões pré-estabelecidos e não necessariamente coerentes com o clima local.

De maneira geral, a envoltória das edificações estudadas, apesar de obedecer às exigências mínimas estabelecidas pelas normas vigentes de desempenho, a sua implantação não respeitou critérios de adequação climática, pela ausência de ventilação cruzada e sombreamento. Além da orientação desfavorável à captação da ventilação local, um dos módulos (módulo 2) não possui qualquer tipo de dispositivo de proteção solar nas aberturas. As análises mostraram que os dois módulos estudados não possuem ventilação cruzada. Os dados obtidos no monitoramento mostraram valores elevados de temperaturas internas em boa parte do dia.

Diante disso, reforça-se aqui que as vantagens da pré-fabricação não podem minimizar a importância e a necessidade de adequação dessas construções às diversas condições climáticas e de exposição a que possam ser submetidos.

Sabe-se que pequenas soluções projetuais poderiam minimizar os problemas aqui encontrados como orientação adequada na locação desses módulos, inserção de aberturas que favorecessem a ventilação cruzada, revestimento do piso externo com gramíneas ou elementos de piso que insiram maior permeabilidade ao entorno; elementos arquitetônicos de proteção contra a radiação solar excessiva para situações distintas de orientação. Na continuidade da pesquisa, serão avaliados, a partir de simulações computacionais, o desempenho térmico resultantes de alterações para diversas orientações de modelos correntes de módulos compactos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15575 Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.
- ACKER (2002). **MANUAL DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO**. Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003). Disponível em: < <http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>>.
- BRITO, Adriana Camargo de. **Recomendações para projetos habitacionais com pré-fabricados leves de concreto visando otimização do desempenho térmico**. Dissertação para Mestrado, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2006.
- CARVALHO, C.V. de A.; MARTHA, L.F.; TEIXEIRA, W. Fluxovento: um simulador gráfico interativo para o estudo de ventilação em ambientes construídos. In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, 2005, **Anais...** Maceió, ENCAC-ELAC 2005. CD-ROM.
- ANALYSIS BIO (versão 2.1, 2006). **Programa Analysis Bio: módulo bioclimatologia**. Laboratório de eficiência energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: www.labeee.ufsc.br. Acesso em: set. 2014.
- RIBAS, R. A. de J.; SOUZA, H. A. de.; ADRIANO, J. J.; PEREIRA, D. J. R. Desempenho térmico e acústico de painéis de fechamento em multicamadas. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil** v.6, n. 2, p.1-10, 2013.
- RIBAS, R. A. de J.; SOUZA, H. A. de.; ANDRADE, M. M.N.; PEREIRA, D. J. R. Análise de desempenho térmico e acústico de Painéis de fechamento em multicamadas. In: XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012, **Anais...** Juiz de Fora, MG, ENTAC 2012. CD-ROM.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores : Ed. Da Universidade, UFRGS, 1985.