



## **AValiação DE DESEMPENHO TéRMICO DE TRÊS TIPOLOGIAS DE BRISE-SOLEIL FIXO**

**Grace Cristina Roel Gutierrez; Lucila Chebel Labaki**

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo UNICAMP, Av. Albert Einstein nº 951, Campinas, 13083-852, São Paulo, Brasil, (19)3788-2384.

e-mail: [gcgutier@fec.unicamp.br](mailto:gcgutier@fec.unicamp.br) ; [lucila@fec.unicamp.br](mailto:lucila@fec.unicamp.br)

### **RESUMO**

Esta pesquisa avaliou o desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo: horizontal, vertical e combinado. Os dispositivos testados foram selecionados considerando as tipologias e materiais usuais da arquitetura moderna brasileira entre os anos 1930 e 1960. O bom desempenho térmico do brise-soleil é reconhecido em estudos de geometria de insolação e simulação com software, porém são poucas as avaliações experimentais sob condições climáticas reais. A metodologia utilizada é baseada em pesquisas de desempenho térmico de elementos e componentes construtivos realizadas em protótipos. Através de um sistema de aquisição de dados são verificadas: variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, pluviometria, direção e velocidade dos ventos), e variáveis medidas nos protótipos (temperaturas do ar e superficiais). Os ensaios de campo foram realizados em protótipos localizados em Campinas, SP. Os dispositivos foram expostos nas fachadas norte ou oeste, durante uma semana em cada orientação, nos períodos próximos aos equinócios e solstícios. Nesses ensaios, os resultados mostraram uma redução pontual de até 4,14°C na temperatura interna, sendo o melhor desempenho térmico o da tipologia combinada. O brise-soleil vertical fixo perpendicular à fachada apresentou os piores resultados na fachada oeste, contrariando indicações usuais da literatura.

### **ABSTRACT**

This paper describes an experimental study about the thermal performance of shading devices. The typology and materials of shading devices were selected considering the elements used in modern architecture buildings of Brazil, between the 1930 and 1960 decades. Most studies about shading devices were based on geometric drawings and software simulation analyzing the efficiency of provided protection during specific periods, however there were few experiments under real climate conditions. In this investigation, three different devices were evaluate in the most problematic condition of exposure, by acquiring measurable data of external parameters (air temperature, humidity, solar radiation, rain, wind speed and direction) and internal parameters (air and surface temperatures) to verify their efficiency. These experiments were conducted at School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design of State University of Campinas (UNICAMP), Brazil. The investigated devices were horizontal, vertical and eggcrate sun-breaker, fixed, on north and west exposures, for a week in each façade, in equinox and summer and winter solstices periods. In these tests, the eggcrate showed the best thermal performance, with a punctual reduction of until 4,14°C on internal air temperature, and vertical fixed device registered the worst results on west façade.

## 1. INTRODUÇÃO

Para o Brasil, país tropical situado entre as latitudes de 5° N a 34° S, tendo a maior parte de seu território localizado entre o equador e o trópico de capricórnio, a influência da radiação solar sobre as edificações é crítica, bem como o clima caracterizado pela grande insolação, alta umidade relativa e predominância do período quente, na maioria do território brasileiro, que segundo Bruand (2002) “foi o fator físico que mais interferiu na arquitetura brasileira”. O brise-soleil foi adotado, desenvolvido e amplamente utilizado pela arquitetura moderna brasileira em resposta à necessidade de proteção à radiação solar excessiva e controle da luz. Além dessa função, esse elemento possui uma expressão formal marcante, e adquire grande importância caracterizando as obras realizadas entre 1930 e 1960.

## 2. O BRISE-SOLEIL

O brise-soleil é um entre vários tipos de dispositivos de proteção solar. É um elemento construtivo constituído por lâminas geralmente paralelas, externas à edificação. Pode ser classificado pela sua tipologia (horizontal, vertical ou combinado), pela mobilidade (móveis ou fixos), e pela sua expressão arquitetônica. A função primordial desses elementos é impedir que a incidência da radiação solar direta atinja as superfícies verticais da edificação, principalmente as transparentes ou translúcidas, interceptando os raios solares. Desta forma, atua no controle e redução do ganho de calor solar, pois promove o sombreamento das superfícies por eles protegidas, dependendo fundamentalmente da orientação da fachada. Possui também funções secundárias como o controle do excesso de luminosidade, característico de regiões de climas quentes. Outros aspectos que também sofrem influência desses elementos são a visibilidade para o exterior e a ventilação da edificação.

### 2.1. Controle da Radiação Solar nas Envoltórias da Edificação

Segundo Olgyay & Olgyay (1957), a questão do controle da radiação solar deve considerar sua composição espectral, pois suas características particulares demandam diferentes estratégias de controle. Ao analisar os elementos que constituem a edificação, consideram o vidro como o elemento mais vulnerável à ação da radiação solar. Nesse trabalho afirmam que a radiação ultravioleta é facilmente controlada, e a luz visível necessária no ambiente é de controle interno relativamente simplificado. Assim, foca seu estudo na radiação infravermelha, de impacto mais profundo, sendo justamente nessa faixa que a edificação é mais vulnerável.

Para Olgyay & Olgyay (1957), Croiset (1976), Givoni (1981) e Rivero (1986), a função essencial do dispositivo de proteção solar é o controle do ganho de calor solar. Atua como um filtro, uma segunda pele, impedindo a incidência da radiação solar direta nas superfícies da edificação. Embora seja mais utilizado nas superfícies transparentes chegando a eliminar a transmissão, também é significativa a redução do aporte de calor nas superfícies opacas. Ao interceptar os raios solares, os dispositivos de sombreamento barram a radiação direta, seja ultravioleta, luz visível ou infravermelha. O brise-soleil deve admitir a entrada da luz, porém sem provocar ofuscamento; e barrar o infravermelho, reduzindo o ganho de calor para localidades com climas quentes.

Rivero (1986) escreve que “os materiais se comportam seletivamente com relação à radiação incidente; isto significa que a quantidade de energia que absorvem, refletem e transmitem é diferente para cada comprimento de onda”. Segundo Croiset (1976) para as aberturas protegidas por dispositivos, os valores de  $\alpha$ ,  $\rho$ , e  $\tau$  dependem da cor, do material, e da transparência desse elemento.

Fathy (1986) menciona que a eficiência desses elementos é da ordem de 1/3. Já para Givoni (1981) o sombreamento externo possibilita eliminar mais de 90% do ganho de calor solar, (o valor máximo considera a abertura vedada à ventilação), sendo que a eficiência é maior quando os dispositivos são pintados com cores escuras. O autor afirma que para elevar a eficiência do brise-soleil o ideal seria a utilização de cores escuras, principalmente o preto. Considerando que as cores escuras possuem um coeficiente de absorção elevado, assim também será sua emissividade. O brise-soleil negro funcionaria bem na proteção de superfícies transparentes e translúcidas, pois emitiria as radiações absorvidas em onda longa, para as quais esses materiais são opacos. Também é importante um posicioná-los distantes

da superfície sob proteção, evitando a condução, e aumentando a dissipação do calor reirradiado com a ventilação dos elementos. Contrapondo essa informação, Rivero (1986) aponta na direção inversa, com a utilização de cores claras com alto índice de reflexão, pois deixaria de absorver o calor em função do aumento da parcela refletida, e conseqüente redução da absorvida. Nesse caso, a manutenção da limpeza dos elementos é essencial para assegurar sua eficácia, e podem ocorrer problemas de ofuscamento do usuário, dependendo do posicionamento do brise-soleil.

## **2.2. Eficiência do Dispositivo**

A eficiência do brise-soleil depende do local, clima, orientação, tipologia, material e período para o qual foi projetado. As avaliações relativas à eficiência dos dispositivos de proteção solar são abordadas basicamente de três formas: geometria de insolação, simulações com softwares, e práticas experimentais em campo ou em laboratório. Um método menos usual é o balanço térmico de radiação e dados climáticos. As pesquisas com enfoque na geometria solar são as mais utilizadas, e os métodos gráficos para a determinação de sua eficiência os mais estudados.

### **2.2.1. Geometria de insolação**

A geometria de insolação foi estudada por diversos autores, cujo enfoque estão relacionados com a sua tipologia, e a correta especificação para utilização e orientação nas fachadas para uma determinada latitude.

Os autores que abordam o assunto de forma mais abrangente são Olgyay & Olgyay, 1957; Croiset, 1976; Givoni, 1981; e Rivero, 1986. Sá, 1942; e Bittencourt, 1996, abordam o tema com ênfase na insolação e cartas solares. Outros autores como Lam, 1986; Hopkinson et alii, 1966; discutem sua relação com a iluminação natural. Frota & Shiffer, 1987, trabalham com o dimensionamento do brise-soleil. Esses estudos consideram a orientação das fachadas, os períodos de sombreamento necessário, a carta solar local e o dimensionamento do dispositivo com o uso do transferidor auxiliar para determinação das máscaras de sombra. A funcionalidade do brise-soleil à radiação solar direta é avaliada em termos de eficiência total, parcial ou nula. Analisam a sobreposição da máscara de sombra à carta solar local, e o atendimento ou não do período de proteção proposto.

### **2.2.2. Simulação com softwares**

Diferentes softwares são utilizados para simulações para a avaliação da eficiência do brise-soleil: “radbrise”, “casamo-clim”, “shading mask”, “winshade”, “radiance”, “TRNSYS”, e “radiação”, são alguns dos softwares citados na literatura. São programas que abordam desde a geração de tipologias, dimensionamento dos dispositivos para determinadas condições até simulações que quantificam o fluxo térmico e a disponibilidade de luz natural no ambiente.

### **2.2.3. Práticas experimentais**

Em relação aos ensaios envolvendo medições em campo ou em laboratório, ainda não há uma metodologia padrão para avaliação de desempenho desses sistemas. São poucas as pesquisas que analisam a eficiência dos dispositivos de proteção solar baseados em experiência de campo. As experiências realizadas em laboratório estabelecem condições de ensaio e controle das variáveis envolvidas, centrando seu foco na análise do parâmetro desejado, e geralmente utilizam abordagens relativas à calorimetria. Esse controle sobre as condições de teste se torna inviável para ensaios de campo devido à variação das condições climáticas. Sendo assim, as pesquisas realizadas em campo normalmente adotam parâmetros de medição baseados em experiências que testam o comportamento de outros elementos construtivos, como as coberturas, vidros e painéis de vedação, coletando dados quantitativos e efetuando análises comparativas entre os elementos ensaiados. A dificuldade de realização de ensaios experimentais se deve aos aspectos restritivos, como a variabilidade das condições climáticas, disponibilidade, custo dos equipamentos e período de medições, necessários a esse tipo de estudo.

#### **2.2.4. Cálculo de balanço térmico**

Croiset (1976) analisa a contribuição do sombreamento no balanço térmico da edificação. Dutra (1994) inverte o método de cálculo, partindo do resultado desejável de fator solar para definir a estratégia e o desenho do dispositivo, baseados em cálculo (método da admitância) e carta bioclimática de Givoni.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da Área de Estudo**

As coordenadas geográficas da cidade de Campinas são: latitude 22° 54' S, longitude 47° 03' W, e 694m de altitude. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região de Campinas é o Cwa: clima mesotérmico com verões quentes e estação seca de inverno, sendo que o mês mais frio apresenta média mensal inferior à 18° C, no verão o mês mais quente tem média superior à 22° C, e no mês mais seco recebe menos de 60 mm de chuva. Também sofre a influência das massas de ar Equatorial Continental (Ec), Tropical Atlântica (Ta) e Polar Atlântica (Pa).

Segundo as séries históricas dos dados climáticos para a região de Campinas (período de 1983 a 1997, do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC), os meses mais quentes são janeiro e fevereiro com médias máximas entre 29,7 a 29,9°C, e os mais frios são junho e julho com 12,5 e 12,4°C respectivamente. Observa-se um período de verão abrangendo os meses de novembro a março, e de inverno de junho a agosto, sendo o período de verão maior que o inverno e, portanto, a predominância do calor sobre o frio. A umidade relativa média do ar é de 76% nos meses de dezembro a junho, e de 67% de julho a novembro. A época das chuvas ocorre nos meses de dezembro a março, sendo janeiro o mais chuvoso (252,4 mm). Os ventos predominantes são de sudeste, e as velocidades na maioria dos meses próximas a 2,0 m/s, exceto em setembro e outubro, com médias de 3,35 m/s.

Embora sejam considerados os dados climáticos gerais para a região de Campinas, a monitoração do microclima local é de grande importância para estabelecermos relações comparativas com as leituras dos sensores instalados nos protótipos. Esses parâmetros apresentam variações que se comparadas com as médias históricas podem mascarar a análise dos dados coletados.

#### **3.2 Descrição dos Protótipos**

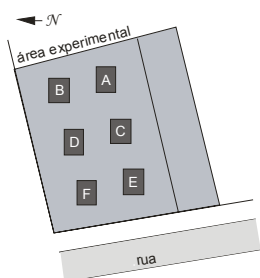
O protótipo experimental foi construído sobre uma base de radier de concreto desempenado (3,20 x 3,70m), com piso interno em concreto com revestimento em argamassa de cimento desempenada. Possui paredes de tijolos de barro maciço sem revestimento (½ tijolo / 10cm espessura), assentados com argamassa comum de cimento e pintados na cor branca (interna e externamente). Dimensões externas de 2,20 x 2,70m e internas de 2,00 x 2,50m, com uma área útil de 5,00m<sup>2</sup>, pé direito de 2,40m, e volume interno de 12,00m<sup>3</sup>. A fachada maior está orientada a Norte/Sul (2,70m) e a menor a Leste/Oeste (2,20m).

Na face superior, uma laje pré-moldada (cerâmica e concreto) também pintada de branco, com ático ventilado por aberturas em trama de tijolos de barro nos oitões das faces leste/oeste. A cobertura é de telha fibro-vegetal, pintada externamente de branco, e junto ao caibramento de sustentação um filme de alumínio polido (isolante térmico tipo “foil”), reduzindo a influência da superfície mais exposta à radiação solar nos resultados das medições. As portas e janelas são de madeira (cedro), e para a superfície transparente foi adotado como referência o vidro incolor de 4mm.

As duas aberturas para análise estão voltadas para as faces norte e oeste (orientações mais problemáticas), com dimensões de 1,20 x 1,00m, e peitoril de 1,10m. Quando uma das fachadas estiver sendo avaliada a outra terá sua abertura vedada por um painel com resistência térmica equivalente à parede de tijolos, estando ambas totalmente seladas para evitar a interferência da ventilação. Para facilitar o manuseio e troca de vidros e painéis equivalentes, optou-se por colocar o vidro numa moldura de madeira sobre batente, com alças e fechos de travamento, ficando a área

envidraçada efetiva com as dimensões de 0,86 x 1,06m, e área de 0,91m<sup>2</sup>. As superfícies envidraçadas não possuem aberturas para ventilação, sendo o interior dos protótipos um ambiente fechado. A intenção era de restringir as variáveis da equação, pois a ventilação poderia interferir na temperatura interna, trazendo o calor dissipado pelos dispositivos.

Um protótipo será destinado para referência e controle, estando totalmente exposto à radiação solar, nas mesmas orientações, porém sem os dispositivos de proteção solar. Nos demais protótipos serão instalados sobre a superfície transparente os seguintes dispositivos de sombreamento: brise-soleil horizontal (madeira e concreto), brise-soleil vertical (madeira e concreto), e elemento vazado (concreto). Os protótipos estão distanciados de forma que não haja sombreamento das paredes ou sombras de vento, a fim de garantir as mesmas condições de implantação para todos. Há um equipamento meteorológico situado próximo aos protótipos, porém livre de obstruções, para assegurar a validade dos dados de medição.



Identificação dos protótipos:

- Protótipo A – Brise-soleil horizontal de concreto;
- Protótipo B – Elemento vazado (concreto);
- Protótipo C – Brise-soleil horizontal de madeira;
- Protótipo D – Referência (sem proteção);
- Protótipo E – Brise-soleil vertical de concreto;
- Protótipo F – Brise-soleil vertical de madeira.

**Figura 1. Área experimental com identificação dos protótipos. (desenho sem escala).**

### 3.3 Descrição do Brise-soleil

As tipologias de brise-soleil fixo foram selecionadas para estudo: horizontal, vertical e combinado. Os materiais construtivos adotados foram o concreto e a madeira, em referência às edificações da arquitetura moderna brasileira<sup>1</sup>.



**Figura 2. Vista dos protótipos com os dispositivos instalados na fachada oeste.**

Adotou-se um padrão para estabelecer comparações entre os dados a serem coletados, uma vez que a avaliação de eficiência do brise-soleil pela geometria de insolação é analisada pelo ângulo de obstrução, independente da variação formal da solução adotada. Entretanto, as máscaras de sombra resultantes de cada tipologia são distintas, pois os elementos em teste não são infinitos, restringindo-se a encobrir apenas a área envidraçada.

Os dispositivos de sombreamento estudados foram dimensionados com base no ângulo de sombra do elemento vazado, disponível comercialmente, que foi adquirido para este estudo. A partir das suas

---

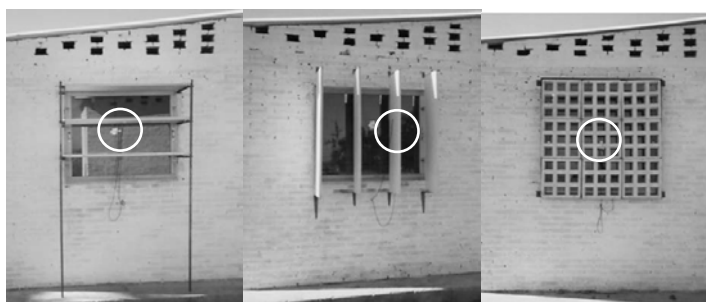
<sup>1</sup> Embora utilizasse também outros materiais construtivos como o cimento amianto e o alumínio, o material adotado com maior frequência era o concreto.

dimensões, foi montada a máscara de sombra deste elemento sobre a carta solar para a latitude de Campinas e do transferidor auxiliar. O ângulo de obstrução obtido foi adotado como parâmetro para definir as dimensões das outras tipologias de brise-soleil. Dessa forma, foi determinada a largura das peças em 0,34 m. A espessura dos elementos também foi baseada na dimensão da parede das células do elemento vazado, sendo de 0,025 m. O comprimento de 1,25 m foi determinado pela dimensão da abertura 1,20 x 1,00 m, acrescido de 0,05 m para permitir a fixação dos dispositivos na fachada.

Os elementos foram distanciados 0,05 m da fachada, evitando o contato direto das peças com a alvenaria, com o objetivo de reduzir a condução de calor e promover alguma circulação de ar entre as peças e a alvenaria. Todos os dispositivos de proteção solar foram pintados com a mesma cor, que foi selecionada após um teste espectrofotométrico. Como foram encontradas na bibliografia diferentes abordagens com relação à cor dos elementos de sombreamento e sua eficiência, adotou-se um padrão de cinza claro com refletância de 50% para comprimentos de onda do espectro solar.

*Placas horizontais e verticais:* as dimensões dos dispositivos são: 1,25 x 0,34 x 0,025 m. As peças de concreto foram moldadas com cimento, areia e pedrisco, traço de 1:3:2; e tela de galinheiro. As placas de madeira foram feitas de pinho. Para compor a tipologia horizontal foram instaladas três peças, sustentadas por apoios metálicos. A tipologia vertical é composta por quatro placas, instaladas com auxílio de mão-francesa.

*Elemento vazado:* foram utilizadas nove peças de elemento vazado para fazer a proteção solar de um dos protótipos. A tipologia desse elemento combina lâminas verticais e horizontais, sendo denominado "combinado". As peças foram instaladas sobre um requadro metálico, pois era necessário que fossem removíveis permitindo a troca de fachada, assim, não foi utilizada argamassa de assentamento, ficando apenas sobrepostas e amarradas com arame zincado.



(a) brise-soleil horizontal      (b) brise-soleil vertical      (c) brise-soleil combinado

**Figura 3. Tipologias de brise-soleil estudadas, forma de fixação, e posicionamento dos sensores.**

### 3.4 Equipamentos Utilizados

Para realizar as medições foi utilizado um sistema de aquisição de dados composto por duas unidades básicas que fazem a coleta automática e o armazenamento dos dados meteorológicos e das temperaturas dos protótipos:

As variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, direção dos ventos predominantes, velocidade do vento, radiação solar e índice pluviométrico) foram medidas por uma pequena estação meteorológica marca Campbell Scientific. Os sensores estão montados sobre o tripé de 3,5m de altura máxima, com exceção do pluviômetro que conta com apoio próprio independente dessa estrutura. Nessa estrutura também foi alocado o painel solar, um para raios com aterramento (fio terra), e uma caixa selada contendo o data logger, o multiplexador, e a bateria.

Os dados relativos aos protótipos foram coletados através de termopares tipo T (cobre-constantan), 24 awg, ANSI (padrão americano), conectados ao multiplexador. Para aquisição dos dados de temperatura interna e temperaturas superficiais foram utilizados cinco termopares em cada um dos seis protótipos, estando distribuídos da seguinte forma:

- 01 termopar no centro do protótipo, a uma altura de 1,30m, para medir a temperatura bulbo seco.
- 01 termopar na superfície interna do vidro (centro), para temperatura superficial deste elemento.
- 01 termopar na superfície interna da parede em estudo, abaixo da janela (0,50m do piso).
- 01 termopar externo ao protótipo, na superfície superior (ou esquerda) do dispositivo de sombreamento em estudo (centro da peça).
- 01 termopar externo ao protótipo, na superfície inferior (ou direita) do dispositivo de sombreamento em estudo (centro da peça).

Os sensores foram instalados nas peças mais centrais de cada dispositivo (fig.3). No elemento vazado, se localiza na peça do meio, nas superfícies superior e inferior. No brise-soleil horizontal, na placa do meio, nas superfícies superior e inferior. E no brise-soleil vertical, está localizado na terceira placa (a partir da esquerda), e posicionados na peça nas faces esquerda e direita em relação ao observador. Utilizou-se pasta térmica para assegurar o contato dos termopares com a superfície monitorada, e para reduzir a influência da radiação solar incidente na face exposta dos sensores, foi utilizado um pequeno pedaço de isopor cobrindo-os (3 x 3cm e 0,5cm de espessura), fixados no elemento com cola quente.

### **3.5 Período de Medição**

O período de medição foi de um ano acompanhando as variações climáticas sazonais, sendo realizado em datas próximas aos solstícios e equinócios, visando facilitar a comparação com estudos de geometria de insolação. Dessa forma, foram coletados dados climáticos nos meses de janeiro, março, e junho de 2004, e com medição das variáveis dos protótipos - temperatura do ar e temperaturas superficiais. Cada dispositivo foi testado durante uma semana, expostos nas fachadas norte ou oeste, cada estação do ano.

No verão o período de coleta foi de 09/01 a 11/02, no outono de 17/03 a 05/04, e no inverno de 25/06 a 08/07. Entretanto, os dias 26/03 e 02/07 não são considerados, pois os protótipos estavam sendo reconfigurados para alteração das fachadas de oeste para norte. Assim como os dias 09/01, 11/02, 17/03, 05/04, 25/06 e 08/07, para os quais os dados coletados foram parciais, e também estavam em troca os vidros, e fixação ou retirada dos dispositivos de proteção solar em estudo.

Portanto, os intervalos de dados analisados foram: para o verão de 10 a 18 de janeiro (fachada norte), e 09 e 10 de fevereiro (fachada oeste); para o outono de 18 a 25 de março (fachada oeste), e de 27 de março a 04 de abril (fachada norte); para o inverno de 26 de junho a 01 de julho (fachada oeste), e de 03 a 07 de julho (fachada norte).

### **3.6 Dados Coletados**

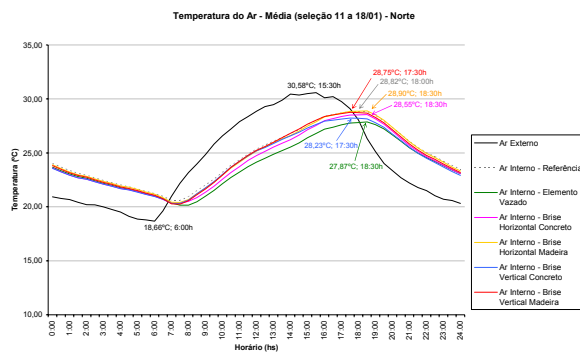
Foram adquiridos dados diários das variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, índice pluviométrico, direção e velocidade dos ventos), e das variáveis medidas nos protótipos (temperatura do ar, temperatura radiante, temperaturas superficiais e umidade relativa), expostos nas fachadas norte ou oeste durante uma semana (cada orientação), por estação do ano nos períodos próximos às datas de equinócios e solstícios de verão e inverno. Considerando válidos apenas os dados coletados em situações de incidência solar direta, pois o brise-soleil tem por função interceptar os raios solares, as condições de céu encoberto e chuvosos foram desconsideradas. Embora a radiação difusa também represente uma pequena contribuição, não será tratada neste estudo. Também foram desprezados os dados relativos ao dia da troca dos elementos de fachada. Dessa forma, o tratamento dos dados brutos selecionou apenas aqueles em condições de céu limpo ou parcialmente nublados, sendo estes os dados em análise.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

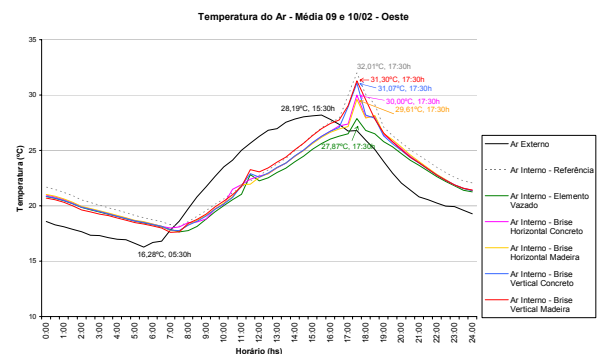
Para assegurar a comparação entre as variáveis coletadas em dias semelhantes, porém distintos de cada período, recorreu-se a análise estatística que verificou que não há diferença significativa entre os parâmetros ambientais dos dias monitorados, apontando apenas para alguns desvios ou dispersão de dados. Configuram as situações de queda brusca da temperatura externa por alteração das condições

climáticas. Na temperatura interna dos protótipos, foi registrado um evento isolado denominado “efeito jardineiro”: refere-se aos dias em que o jardineiro ia ao campo experimental para realizar a manutenção e serviços de jardinagem do gramado, e nessas ocasiões as portas dos protótipos eram abertas, alterando os valores coletados. O evento ocorreu em horários próximos das 11:00 horas, nos dias 10/02, 18/03 e 27/03. De qualquer forma, como foi coletada uma quantidade de dados expressiva, e com o intuito de filtrar e apurar as médias para comparar as relações entre os fatores envolvidos, optou-se por desprezar os dias atípicos e eventos isolados, reduzindo o desvio padrão.

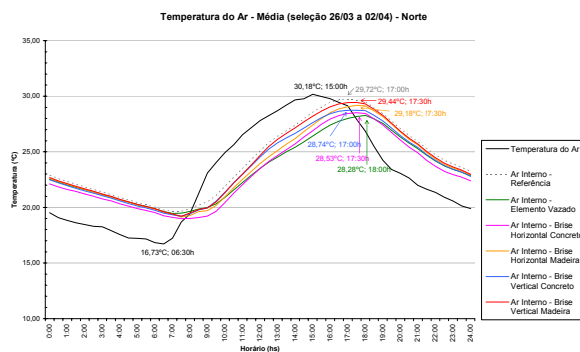
Apresentam-se a seguir os resultados obtidos e os gráficos com as temperaturas do ar médias (externo e interno dos protótipos), e as temperaturas superficiais, para comparação dos dias monitorados no verão, outono e inverno, com orientações para norte e oeste. Após esses dados, são mostrados os gráficos por fachada, visualizando as diferenças sazonais. Por fim, a análise estatística com a interação entre os fatores envolvidos.



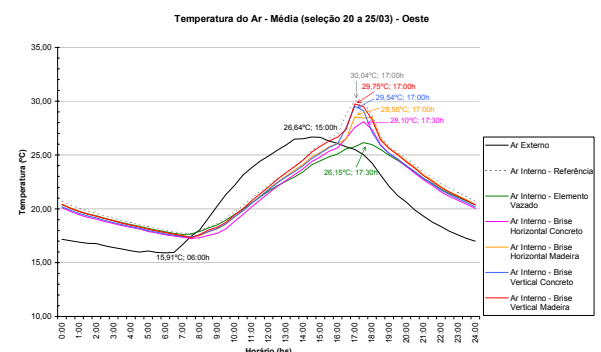
a). Temperatura do ar, verão, face norte.



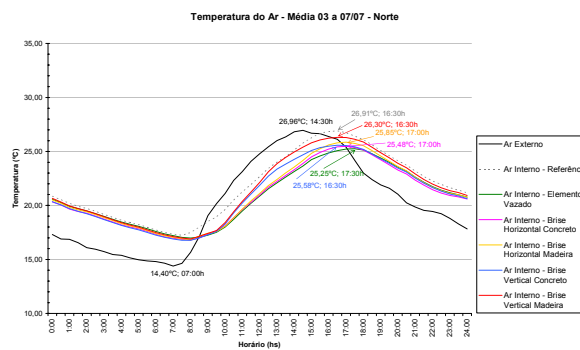
d). Temperatura do ar, verão, face oeste.



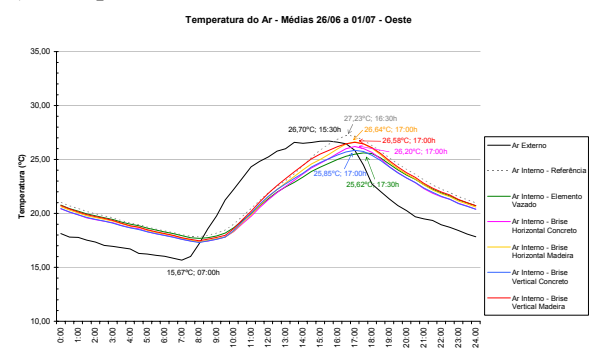
b). Temperatura do ar, outono, face norte.



e). Temperatura do ar, outono, face oeste.



c). Temperatura do ar, inverno, face norte.



f). Temperatura do ar, inverno, face oeste.

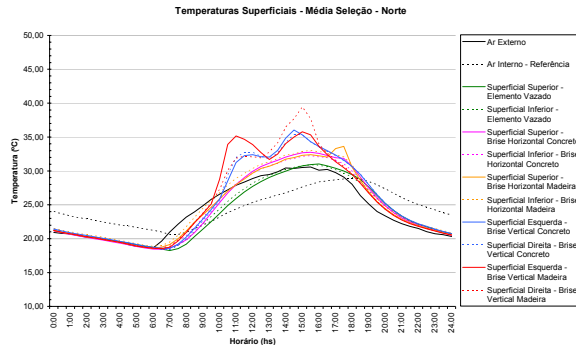
**Figura 4. Gráficos para as médias das temperaturas do ar (TBS) dos protótipos, por hora, para cada fachada e estação do ano.**

Para os períodos de verão e outono, observam-se diferenças entre o comportamento das temperaturas internas registradas em função da orientação das fachadas. Enquanto que para a face norte a curva tem forma de senóide, para a fachada oeste, a ocorrência do pico diferencia bastante a tendência da curva,

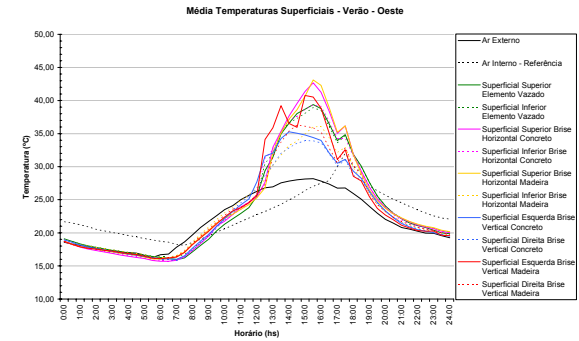


e, após o evento, ela retorna à forma senoidal. Nessa fachada, a temperatura máxima interna não está associada ao atraso térmico, mas à perpendicularidade dos raios solares em relação à abertura.

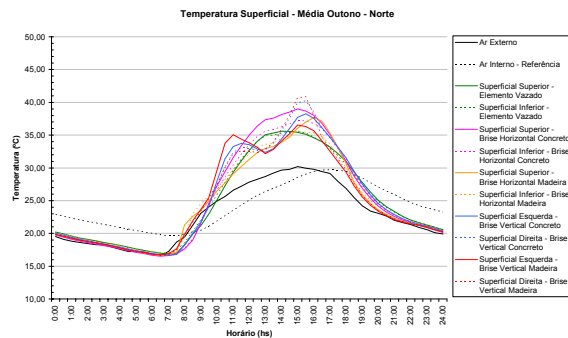
Com relação à ocorrência da temperatura interna máxima, o atraso térmico independe da estação do ano. Varia de duração entre os dispositivos distintos, mas mantém o intervalo entre as estações para cada tipologia.



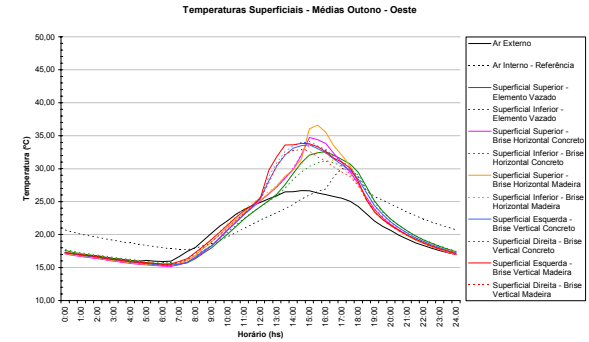
a). Temperatura superficial, verão, face norte.



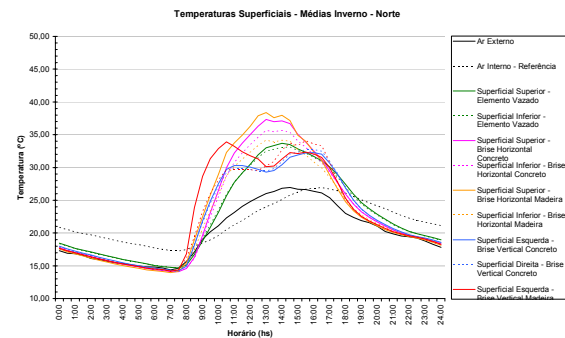
d). Temperatura superficial, verão, face oeste.



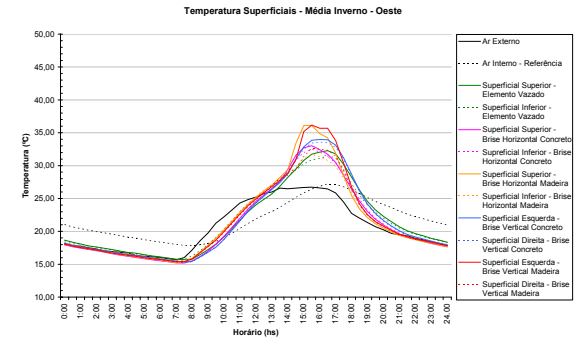
b). Temperatura superficial, outono, face norte.



e). Temperatura superficial, outono, face oeste.



c). Temperatura superficial, inverno, face norte.



f). Temperatura superficial, inverno, face oeste.

**Figura 5. Gráficos para as médias das temperaturas superficiais dos dispositivos em teste nos protótipos, por hora, para cada fachada e estação do ano.**

Na fachada norte, as diferenças entre as tipologias são mais importantes, sendo bastante expressivas as diferenças entre as temperaturas superficiais das placas horizontais e verticais. As placas verticais são as peças que registram as maiores temperaturas superficiais.

A característica mais marcante é a grande diferença entre as tipologias vertical e horizontal. A norte, as placas verticais apresentam dois picos distintos, sendo um mais elevado que o outro. Os valores registrados para a superfície direita são maiores que a da esquerda, podendo ser explicado pelo fato de ocorrerem no período da tarde quando a placa já estava aquecida pela incidência na outra face e conseqüente transferência de calor através do elemento. Diferentemente da orientação norte, a oeste são as placas horizontais que apresentam as temperaturas superficiais mais elevadas.

## 5. CONCLUSÕES

Com relação à temperatura interna dos protótipos o fator que tem maior influência é a orientação da fachada. Já para as temperaturas superficiais a tipologia também passa a ser significativa. Essas interações entre orientação, estação e tipologia também se confirmam nos dados estatísticos. Para ambos os parâmetros a estação do ano altera bastante os valores registrados, mas não é significativa na relação do perfil de comportamento das curvas de temperaturas ao longo do dia. A interação entre a estação do ano e orientação da fachada é importante para todos os parâmetros monitorados.

Como já era esperado, confirmou-se que o dispositivo com a melhor eficiência térmica foi o elemento vazado, seguido pelo brise-soleil horizontal. A tipologia de brise-soleil combinado proporciona um sombreamento maior que as demais, possuindo maior área de trama posicionada na frente da superfície envidraçada. Além de reduzir a transmissão, aumenta a resistência térmica do sistema e conseqüentemente, o atraso térmico. Porém, reduz a disponibilidade de luz natural no ambiente interno, e interfere significativamente na visibilidade para o exterior. Outro problema desse elemento é o contraste de luz e sombra, gerado pela trama. Outra tipologia combinada formada por placas no limite da superfície transparente, resolverá com mais propriedade os aspectos negativos supracitados.

A tipologia horizontal apresentou bons resultados para o oeste, sendo melhores que a vertical geralmente recomendada nos estudos de insolação para essa orientação. Embora o brise-soleil vertical tenha apresentado os piores resultados para as condições em ensaio, essa tipologia facilita a circulação do ar, e a conseqüente perda de calor do dispositivo, por diferença de temperatura.

Esta pesquisa contribui para a discussão dos limites dos métodos gráficos, demonstrando a necessidade de considerar outros aspectos como nas relações entre tipologias e características físicas dos dispositivos. Verificou-se a existência de diferenças no aporte de calor entre diferentes dispositivos de proteção de mesmo material construtivo, que não aparecem nos estudos de geometria de insolação, os quais, ainda que possuam máscaras de sombra iguais não resultam necessariamente na mesma eficiência: dependendo da área de obstrução em relação à superfície transparente e o percentual que representam, a interferência será diferenciada nos resultados da temperatura máxima interna, bem como no atraso térmico do componente, principalmente para a fachada oeste.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BITTENCOURT, L. *Uso das cartas solares*. Maceió: Edufal, 1996.
- BRUAND, Y. *Arquitetura contemporânea no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 2002.
- CROISSET, M. *Humedad y temperatura en los edificios*. Barcelona: Ed. Técnicos, 1976.
- DUTRA, L. *Uma metodologia para a determinação do fator solar desejável em aberturas*. Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.
- FATHY, H. *Natural energy and vernacular architecture*. Chicago: University of Chicago, 1986.
- FROTA, A. B., SCHIFFER, S. *Manual de conforto térmico*. São Paulo: Nobel, 1987.
- GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. London: Applied, 1981.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. *Iluminação natural*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.
- LAM, W. M. C. *Sunlighting as formgiver for architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- OLGAY, V.; OLGAY, A. *Solar control and shading devices*. Princeton: Princeton University Press, 1957.
- RIVERO, R. *Arquitetura e clima*. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1985.
- SÁ, Paulo. *A orientação dos edifícios nas cidades brasileiras*. Rio de Janeiro: INT, 1942.