

## ESTUDO DO GANHO DE CALOR EM VIDROS PLANOS E REFLETIVOS ATRAVÉS DE CÉLULAS-TESTE

**Adriana Petito de Almeida Silva Castro (1); Carolina Lotufo Bueno-Bartholomei (2);  
Lucila Chebel Labaki (1); Rosana M. Caram (1)**

(1) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo,  
Caixa Postal 6021, CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, Fone: (19) 3521-2384

e-mail: [dripasc@uol.com.br](mailto:dripasc@uol.com.br); [lucila@fec.unicamp.br](mailto:lucila@fec.unicamp.br); [rcaram@sc.usp.br](mailto:rcaram@sc.usp.br)

(2) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP – Presidente Prudente),  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Arquitetura e Urbanismo, Rua Roberto Simonsen 305, CEP  
19060-900, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, Fone: (18) 3229-5395

e-mail: [carolinalotufo@terra.com.br](mailto:carolinalotufo@terra.com.br)

### RESUMO

A edificação atua como mecanismo de controle das variáveis do clima, através de sua envoltória (paredes, piso, cobertura e aberturas) e dos elementos do entorno, e deve ser projetada de modo a proporcionar conforto e eficiência energética. Entre os componentes da construção, os vidros funcionam como um dos elementos de maior potencialidade de aquecimento interno. Devido à sua transparência à radiação solar, possibilitam facilmente o ingresso de grande parte dessa energia no ambiente. No presente trabalho estudou-se o comportamento de superfícies transparentes em fachadas, em situação real, através de medições em seis células-teste. Analisou-se in loco o comportamento dos vidros, comercialmente disponíveis no mercado, cuja caracterização espectrofotométrica já era conhecida. Foram selecionados 7 tipos de vidros, sendo quatro planos e três refletivos metalizados a vácuo, os quais foram instalados em aberturas de 1,00 X 1,20m nas células-teste, localizadas em fachadas com orientação norte. O vidro incolor, de espessura 4mm, foi considerado como referência. Além disso, realizou-se o monitoramento das temperaturas interna e externa. O ganho solar foi calculado a partir dos resultados de absorvância dos diferentes materiais, obtidos por análise espectrofotométrica, e diferenças entre as temperaturas interna e externa. Os resultados mostram o alto ganho de calor através dos vidros planos, sendo o incolor o de maior valor, seguido pelo bronze, cinza e verde. Ao se comparar os vidros planos e refletivos, o ganho de calor através dos refletivos foi bem menor. Assim, pode-se concluir que, quando se tem como objetivo atenuar o ganho de calor e projetar edificações com menor consumo energético para refrigeração, a utilização dos vidros refletivos é mais indicada.

### ABSTRACT

The building acts as a controller of the climatic variables, through the building envelope (walls, floor, roof and openings) and the nearby elements. Building design must provide indoor comfort and energy efficiency. Glazing easily allows the penetration of solar radiation into buildings, due to its transparency to solar radiation. So glasses must be carefully considered in building design, having in mind their potential for internal heating. In this work studies about the behavior of transparent façades, in real conditions, were carried out through measurements in six test-cells. Seven types of glasses were

selected: four float glasses and three reflective glasses produced by pyrolytic process. Their spectral behavior was known from previous spectrophotometric studies. The glasses were installed in 1,00 X 1,20m openings in two façades facing north. The colorless 4mm float glass was taken as reference. Internal temperatures and outdoor temperatures were collected. Solar gain factor was calculated on the basis of absorbance values, obtained from spectrophotometrical analysis, and temperature differences inside and outside the cells. Results show a high heat gain through float glasses, with the worst thermal behavior for the colorless one, followed by bronze, gray and green. Comparing float and reflective glasses obtained by vacuum metal deposition, the last one presents the best thermal performance. Thus, it can be concluded that the use of reflective glasses is better than float glasses, when the purpose is heat gain attenuation and designing buildings with the least energy consumption for cooling.

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme Goldemberg (2001), o parque edificado brasileiro é responsável por 46% do consumo energético nacional, sendo que, de acordo com Brandão (2004), o setor residencial consome 22,6% dessa porcentagem, o setor comercial 14,2% e o setor público é responsável pelo consumo de 8,8%. Destaca-se que os setores residencial e comercial são os principais responsáveis pelos altos índices de crescimento do consumo.

Hoje em dia, a energia consumida para controle ambiental em edifícios representa um importante setor do consumo de energia geral, especialmente em países desenvolvidos. Portanto, os potenciais de economia de energia através de melhores projetos são muito promissores. Métodos passivos de economia de energia devem ser considerados desde o início do projeto, para melhores resultados, sendo o principal conceito de técnica passiva o que considera os elementos construtivos agindo como um filtro passivo seletivo, permitindo ou impedindo o fluxo de calor, e estimulando o resfriamento natural, quando necessário.

Os sistemas de envidraçamento afetam a estética da edificação, fornecem ventilação, iluminação natural, integração visual entre o ambiente interno e externo, atuando diretamente no conforto humano e no consumo energético. Representam a maior fonte de perda de calor, no inverno, bem como de indesejável ganho de calor, no verão (CARMODY et al., 2000).

As áreas envidraçadas em fachadas merecem atenção especial em se tratando de conforto térmico, pois, ao receberem radiação solar, contribuem consideravelmente para a elevação da temperatura no ambiente interno. Considerando seu desempenho como fachadas, devem atender, também, às necessidades de iluminação, as quais, conjugadas com os requisitos necessários para conforto térmico, garantem a eficiência energética da construção.

A eficiência energética de um edifício pode ser maior ou menor, em função de um projeto consciente que tenha considerado as variáveis ambientais físicas e climáticas envolvidas, assim como a prática operacional e a manutenção dos dispositivos de controle energético, tais como brises, lâmpadas, aparelhos de ar condicionado. Portanto, é na fase do projeto da edificação que as decisões mais importantes referentes ao consumo energético são tomadas. Com relação à iluminação natural, por exemplo, esta deve pressupor a integração com a luz artificial, permitindo aos usuários utilizar a luz natural e/ou a artificial, dependendo das suas necessidades. Elementos como as dimensões das aberturas e as especificações quanto ao tipo de vidro a ser empregado, precisam ser decididos na fase do projeto executivo.

É fundamental verificar se o tipo de vidro escolhido é o ideal para o projeto, pois equívocos na escolha podem causar vários problemas e, corrigi-los pode ser praticamente inviável. A especificação correta deve considerar as normas técnicas, mas também depende de conhecimentos sobre o comportamento do vidro diante da radiação solar. O mercado oferece variada gama de produtos, com diferentes cores, tipos e índices de refletância, para atender às necessidades específicas de cada situação. Cabe ao

projetista, além de consultar os catálogos dos fabricantes, atentar ao desempenho energético da edificação, bem como às características óticas do material transparente selecionado.

O comportamento do vidro frente à radiação solar e suas possíveis repercussões no aquecimento e resfriamento devem ser analisados criteriosamente em um projeto de janela. O vidro pode ser considerado transparente a radiações solares de pequeno comprimento de onda e opaco a radiação de grande comprimento de onda. Portanto, a radiação solar que entra por uma janela não retornará da mesma forma ao exterior, aquecendo o ambiente. Uma parte do calor absorvido será re-emitida ao exterior da janela por condução e radiação de onda longa.

A partir daí, depreende-se que a fachada é um dos elementos responsáveis pelos resultados obtidos na economia de energia, e o vidro, imprescindível para compor a fachada, é um dos materiais mais requisitados nas exigências de desempenho térmico e energético.

Há poucas pesquisas que analisam o desempenho térmico de vidros em experiência de campo. A dificuldade de realização de ensaios experimentais em função da variabilidade das condições climáticas, a pouca disponibilidade e o custo dos equipamentos, além do tempo necessário a esse tipo de estudo, são aspectos restritivos apontados. Entretanto, a simulação de células-teste (protótipos) em condições climáticas reais é de grande importância para esses estudos. O controle de um ambiente laboratorial ou de simulações computacionais pode ignorar ou dissimular situações reais, pois há uma grande interdependência entre as variáveis dessa equação, principalmente com relação ao regime climático.

As experiências realizadas em laboratório estabelecem condições de ensaio e controle das variáveis envolvidas, concentrando 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 ao comportamento dos elementos ensaiados.

## **2. OBJETIVOS**

Neste trabalho estuda-se o ganho de calor de duas tipologias de vidros: planos e refletivos metalizados a vácuo. Os vidros foram instalados em células-teste, onde uma estação meteorológica registrou dados de temperatura externa e temperatura interna (bulbo seco). A partir desses dados, calculou-se o ganho de calor através dos vidros analisados.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

São considerados dois grupos de vidros, sendo um dos vidros planos e outro dos refletivos. O período de medições compreendeu duas semanas do mês de julho de 2005.

### **3.1 Materiais**

Os vidros analisados possuem dimensões de 1,06 x 0,86m, e foram doados pela empresa Blindex:

- vidro plano incolor 4mm
- vidro plano verde 4mm
- vidro plano bronze 4mm

- vidro plano cinza 4mm
- vidro refletivo metalizado a vácuo CEB azul intenso 4mm
- vidro refletivo metalizado a vácuo CEB azul médio 4mm
- vidro refletivo metalizado a vácuo CEB prata neutro 4mm

O processo de fabricação do vidro plano incolor, também chamado vidro liso ou vidro comum, é utilizado como matéria-prima para a produção de outros tipos de vidros, como os coloridos, laminados e refletivos. O vidro plano é ideal para aplicações que exijam perfeita visibilidade e alta transmissão de luz.

Os vidros planos coloridos são produzidos pelo mesmo sistema dos vidros incolores, com a diferença da incorporação de aditivos minerais à mistura vitrificável, de acordo com a coloração desejada. Pode-se citar a utilização de ferro (coloração verde), cobalto (coloração azul), cromo (coloração amarela), e selênio (coloração vermelha) (SAINT-GOBAIN, 2006).

Os vidros refletivos podem ser grandes aliados do conforto ambiental e da eficiência energética nas edificações, com a função de filtrar os raios solares através da reflexão da radiação em todas as suas frequências, de forma seletiva. Além de controlar a insolação, esses vidros cumprem duas tarefas básicas: proporcionar maior conforto visual e efeito estético requintado.

O vidro refletivo pode ser fabricado a partir do vidro plano monolítico, incolor ou colorido, que recebe numa de suas faces uma camada de óxidos (ou sais) metálicos.

Especificamente neste trabalho os vidros refletivos analisados foram obtidos através de metalização a vácuo. Nesse processo, a camada refletiva é depositada em câmaras de alto vácuo, por bombardeio iônico e em atmosfera de plasma, depois do vidro sair da linha de produção e ser resfriado. Segundo Cledwin-Davies (1993), na câmara, parcialmente ocupada com um gás (argônio, oxigênio ou nitrogênio), chapas de vidro cortadas se movem sobre cilindros, sendo posicionadas sob uma placa do metal a ser depositado, de tamanho similar ao vidro. Com alta voltagem, são produzidos elétrons de alta energia entre o vidro e a placa, formando íons de carga positiva no gás, que colidem com a placa do metal, ejetando átomos do mesmo, os quais então se projetam e condensam na superfície do vidro, formando, assim, a camada metálica. Um campo magnético permanente sobre a chapa de metal aumenta a velocidade de deposição dos átomos metálicos, assegurando a uniformidade da camada.

## **3.2 Equipamentos**

### **3.2.1 Células-teste**

No presente trabalho, foram realizadas medições de campo em até seis células-teste, localizadas em área da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, em Campinas-SP.

As células-teste implantadas foram distribuídas da seguinte maneira: uma para referência e controle, com a utilização permanente de fechamento de vidro incolor 4mm; as outras cinco foram destinadas às análises de desempenho dos materiais, sendo utilizado, em cada uma, um material diferente. Dessa forma, grupos de no máximo seis tipos de vidro foram analisados, de acordo com os materiais disponíveis.

As células-teste estão orientadas com fachadas de 2,70m a Norte-Sul, e as de 2,20m a Leste-Oeste. A implantação foi realizada de forma que não houvesse sombreamento das paredes ou sombras de vento, a fim de garantir as mesmas condições para todas. Não há infiltração de ar na célula-teste, pois as janelas (aberturas) permanecem fechadas e, em relação à porta, a ventilação é mínima, já que está

constantemente fechada. Quanto à execução, foram construídas em condições idênticas, sobre uma base de radier de concreto desempenado e paredes de tijolos de barro maciços sem revestimento, assentados com argamassa comum de cimento e pintados na cor branca (interna e externamente). As dimensões externas são 2,20 X 2,70m e internas 2,00 X 2,50m; área interna de 5,00m<sup>2</sup> e pé-direito de 2,40m (Figura1).

Na face superior há 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, contando, junto ao caibramento de sustentação, com um filme de alumínio polido (isolante térmico tipo “foil”), reduzindo a influência da superfície mais exposta à radiação solar nos resultados das medições.

As células-teste possuem duas aberturas para análise voltadas para as faces Norte e Oeste, com dimensões de 1,20 X 1,00m, e peitoril de 1,10m. Enquanto as medições são realizadas em uma determinada fachada, a outra se encontra vedada por um painel de resistência térmica equivalente à parede. Neste trabalho são mostrados resultados referentes à face Norte.



**Figura 1 - Célula-teste (Face Norte)**

### **3.2.2 Estação Meteorológica**

Próximo às células-teste foi implantada uma mini-estação meteorológica automática de aquisição de dados, CR10X Campbell Scientific Inc. (Fig. 2), com o objetivo de adquirir dados do microclima local. Os registros foram realizados a cada 30 segundos, sendo totalizados a cada 10 minutos. A estação monitora os seguintes elementos atmosféricos externos: temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento, radiação solar incidente e índice pluviométrico. Os dados coletados ficam armazenados na estação, depois são descarregados e transferidos para o computador.

A partir da estação, há a distribuição de termopares tipo T (cobre-constantan) para todas as células-teste, os quais são fixados nos pontos de interesse (neste trabalho, o termopar considerado está fixado no centro da célula-teste, registrando a temperatura de bulbo seco interna). Os termopares estão protegidos da radiação solar direta, através de uma fita metalizada, a qual é colada sobre o termopar que está no vidro.



**Figura 2 – Estação meteorológica**

#### **4. CÁLCULO DO GANHO DE CALOR TOTAL**

O Ganho de Calor Total ( $q$ ) é definido como a soma do Fator Solar multiplicado pela radiação incidente, e da transferência de calor devida à diferença de temperatura entre o ar exterior e o interior (ASHRAE, 1997).

$$q = \left( \tau + \frac{U}{h_e} \alpha \right) \cdot (I_o) + U(t_e - t_i) \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

$q$  = ganho de calor através do vidro ( $\text{W/m}^2$ )

$\tau + \frac{U}{h_e} \alpha$  = Fator solar

$\tau$  = transmitância

$\alpha$  = absortância

$U$  = transmitância térmica do material ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$h_e$  = coeficiente de troca superficial de calor externo ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$I_o$  = energia incidente ( $\text{W/m}^2$ )

$(t_e - t_i)$  = diferença entre a temperatura do ar externo e interno ( $^\circ\text{C}$ )

As características óticas (transmitância e absortância) foram obtidas em pesquisa anterior (SANTOS, 2002 e CARAM, 2002), que considera a variação do ângulo de incidência da radiação solar. Nesse trabalho, foram adotados ângulos de 45 a 50°, por serem aqueles correspondentes ao período e horário de máximo ganho de calor (12:00 h) na face Norte.

A partir dos valores dos coeficientes de trocas superficiais de calor externo ( $h_e$ ) e interno ( $h_i$ ) apresentados por Santos et al. (2001), o coeficiente global de transferência de calor (fator  $U$ ) foi

calculado para os dois tipos de vidros analisados nesse trabalho (plano e refletivo metalizado a vácuo). Dessa forma, tem-se:

- Vidros planos:  $h_i = 8,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$

$$h_e = 11,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U = 4,7653 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

- Vidros metalizados a vácuo:  $h_i = 4,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$

$$h_e = 11,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U = 2,9515 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

Com relação ao cálculo da radiação solar incidente, foi utilizado o programa Radisol (Granja, 2002), que visa a obtenção de dados para cálculo de radiação solar na envolvente de edificações, através da definição de dias típicos de verão e inverno para a região de Campinas, SP, e fornece as quantidades de radiação solar para diversas orientações, em superfícies horizontais e verticais. O piranômetro da estação meteorológica mede a radiação solar global em plano horizontal. Utilizou-se, portanto, o programa Radisol, que fornece, separadamente, os valores de radiação solar, tanto horizontal quanto vertical, para cada orientação de fachada.

Como no período de sete dias os valores de radiação solar não diferiram, significativamente, selecionou-se um dia intermediário de cada semana, para análise, sendo o dia 01 de julho para os vidros planos e o dia 28 de julho para os refletivos. Além disso, de acordo com dados fornecidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas, as horas de insolação foram registradas.

A temperatura externa do ar foi registrada pela estação meteorológica, enquanto que a temperatura de bulbo seco interna foi medida através de termopares fixados no centro de cada célula-teste, a uma altura de aproximadamente 1,30m.

Dessa forma, foram obtidos todos os parâmetros necessários para o cálculo do ganho de calor através dos vidros.

## 5. RESULTADOS

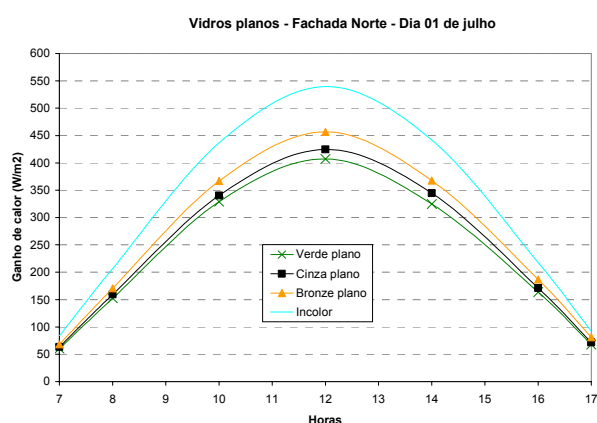
A partir dos parâmetros calculados com a equação do ganho de calor (Eq.01), foram confeccionados tabelas e gráficos apresentados a seguir. A tabela 1 mostra os parâmetros de cálculo do ganho de calor através dos vidros planos, no horário de pico, enquanto que a tabela 2 expõe os mesmos parâmetros da tabela 1, porém em relação aos vidros refletivos. O ganho de calor através dos vidros planos está ilustrado na figura 3, e as temperaturas de bulbo seco das células-teste compostas desses vidros constam da figura 4. Por conseguinte, na figura 5 está representado o ganho de calor através dos vidros refletivos e na figura 6 as temperaturas de bulbo seco das células-teste compostas desses vidros.

**Tabela 1 – Parâmetros de cálculo do ganho de calor através dos vidros planos, no horário de pico**

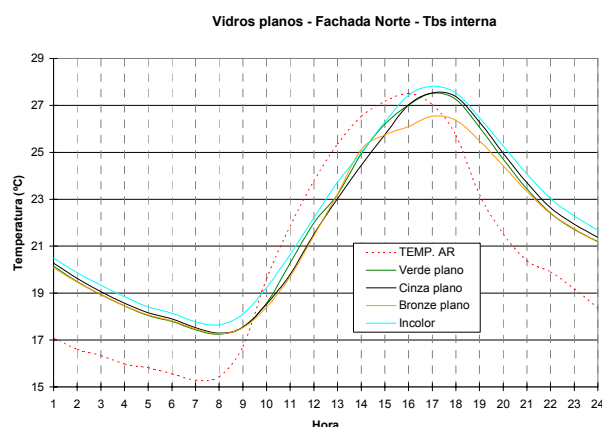
VIDROS PLANOS - FACHADA NORTE - 12:00 hs - DIA 01/07								
VIDRO	Transmitância	Absortância	FS	I (W/m <sup>2</sup> )	te	ti	U (te-ti)	q (W/m <sup>2</sup> )
Incolor	0,76	0,11	0,800	664,88	23,80	22,20	7,62	539,85
Bronze	0,57	0,23	0,670	664,88	23,80	21,40	11,44	456,67
Cinza	0,51	0,27	0,622	664,88	23,80	21,50	10,96	424,50
Verde	0,46	0,33	0,601	664,88	23,80	22,20	7,62	407,08

**Tabela 2 – Parâmetros de cálculo do ganho de calor através dos vidros refletivos, no horário de pico**

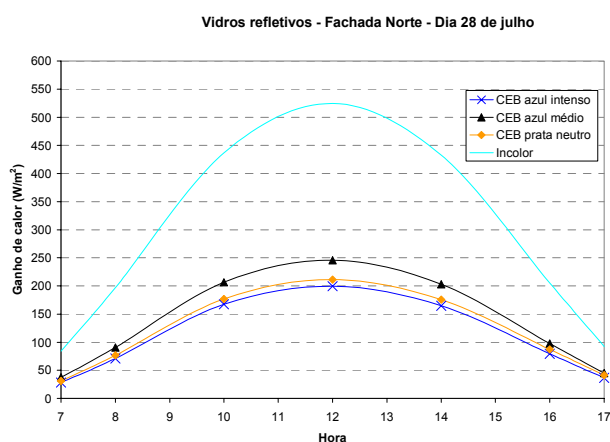
VIDROS REFLETIVOS - FACHADA NORTE - 12:00 hs - DIA 28/07								
VIDRO	Transmitância	Absortância	FS	I (W/m <sup>2</sup> )	te	ti	U (te-ti)	q (W/m <sup>2</sup> )
Incolor	0,74	0,11	0,788	650,08	23,18	20,57	12,46	524,50
CEB Azul médio	0,21	0,56	0,360	650,08	23,18	19,22	11,68	245,88
CEB Prata neutro	0,16	0,54	0,305	650,08	23,18	18,68	13,28	211,49
CEB Azul Intenso	0,12	0,63	0,289	650,08	23,18	19,27	11,55	199,45



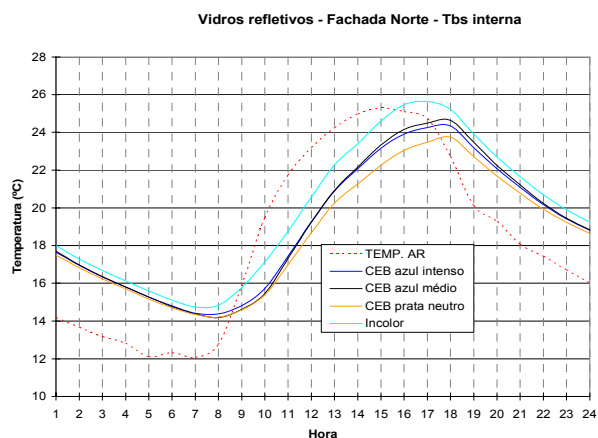
**Figura 3 – Ganho de Calor através dos vidros planos (01/07/2005)**



**Figura 4 – Temperaturas de bulbo seco das células-teste com os vidros planos (1º período)**



**Figura 5 – Ganho de Calor através dos vidros refletivos (28/07/2005)**



**Figura 6 – Temperaturas de bulbo seco das células-teste com os vidros refletivos (2º período)**



## 6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das Tabelas 1 e 2, observa-se que o vidro incolor apresentou maior ganho de calor, chegando a aproximadamente 540W/m<sup>2</sup>. Nota-se que o vidro incolor, de maior ganho de calor, é o de maiores transmitâncias e menores absorptâncias. Quanto maiores as transmitâncias, e menores as absorptâncias, maior o ganho de calor referente ao vidro analisado.

Dentre os vidros planos, o verde seria o mais indicado quando se pretende diminuir os ganhos de calor em um ambiente. O cinza seria uma segunda opção, com ganhos de calor em torno de 5% maiores que o verde.

Analisando-se a Figura 4, percebe-se que o máximo valor da temperatura interna foi registrado às 17h, para todas as células-teste. Os valores máximos de temperatura interna atingiram cerca de 28°C, enquanto a temperatura do ar externo atingiu 27,5°C. Pode-se perceber que as temperaturas internas das células-teste permaneceram com valores iguais ou ligeiramente inferiores à temperatura externa, no período de maior radiação, ou seja, das 9 às 17 horas.

Com relação aos vidros refletivos, o azul intenso seria o mais indicado em termos de controle do ganho de calor, apresentando os menores valores de transmitância, maiores de absorptância, e, conseqüentemente, menores ganhos de calor. Em segundo lugar, o vidro prata neutro também poderia ser utilizado, pois apresenta resultados próximos do azul intenso.

Analisando-se a Figura 6, o valor máximo da temperatura de bulbo seco foi registrado entre 16:30 e 17:30h para todas as células-teste. Entre 9 e 17 horas, as células-teste apresentam temperaturas de bulbo seco menores que a externa, com exceção da célula-teste com vidro incolor, onde tal fato ocorre a partir das 16 horas. Dentre os vidros refletivos, o prata neutro é o que menos interfere no aumento das temperaturas de bulbo seco.

## 7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que, geralmente, quanto menor a absorptância, maior a transmitância, maior o fator solar, e maior o ganho de calor.

Dessa forma, a maior contribuição para a atenuação do ganho de calor foi dos vidros metalizados a vácuo, podendo-se afirmar que, dentre as duas tipologias de vidros analisadas neste trabalho, os refletivos são mais indicados no controle do ganho de calor.

O vidro incolor, nos dois períodos analisados, foi o que apresentou a menor absorptância e maior transmitância, e, conseqüentemente, maiores fator solar e ganho de calor.

Dentre os vidros planos coloridos, percebe-se que o mais indicado no controle do ganho de calor é o verde, porém, não foi o de menor temperatura de bulbo seco interna. Com relação aos refletivos, pode-se observar a mesma situação, sendo o azul intenso o mais indicado.

A partir daí, pode-se dizer que a parcela  $U(t_e - t_i)$ , referente à diferença de temperatura entre o ambiente interno e externo, tem pouca influência no cálculo do ganho de calor total. No caso dos vidros planos, essa parcela representa de 1,5 a 2,5% desse ganho, e nos vidros refletivos de 2,5 a 6,0%. Portanto, no cálculo do ganho de calor total, a incidência da radiação solar e as características óticas do material são os fatores mais relevantes.

Para o projetista, é importante analisar a fachada como um todo, atentando para a implantação, o sombreamento produzido pelo entorno, e os detalhes do projeto, de modo a propor soluções distintas para as diferentes fachadas. Além disso, deve-se encarar como problema fundamental a incidência da radiação solar nos vidros, para se obter uma boa ponderação entre o desejado ingresso da iluminação natural e a barreira ao calor excessivo.

Dessa forma, há que se considerar vários parâmetros na especificação de vidros em projetos arquitetônicos, avaliando desde a espessura, as características óticas, até o ganho de calor, evitando deixar-se influenciar por “modismos”. Além disso, deve-se agir com cautela na especificação de vidros, levando-se em consideração todos os aspectos relacionados ao usuário e também ao entorno, de forma a alcançar o melhor custo-benefício.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASHRAE (1997) “Fundamentals Handbook”. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 27.

BRANDÃO, R. S. (2004) “Acesso ao sol e à luz natural: avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético no seu entorno”. 2004. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARAM, R. M. (2002) “Estudo e Caracterização de Fachadas Transparentes para Uso na Arquitetura: Ênfase na Eficiência Energética”. 2002. 189 f. Texto (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CARMODY, J; SELKOWITZ, S.; ARASTEH, D.; HESCHONG, L. (2000) “Residential Windows. A Guide to New Technologies and Energy Performance”. W.W. Norton & Company, New York. London,.

CLEDWYN-DAVIES, D. N. (1993) “Float in Glass Architecture”. Glass Technology, v.34, n.6, p. 223-28.

GOLDEMBERG, J. (2001) “Energia, meio ambiente & desenvolvimento”. Tradução do inglês: André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

GRANJA, A.D. (2002) “Transmissão de calor em regime periódico:efeito da inércia térmica em fechamentos opacos”. 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SAINT GOBAIN (2006) “Medindo e produzindo cor”. Disponível em [http://www.saint-gobain-vidros.com.br/vidro/frame\\_vidro2.htm](http://www.saint-gobain-vidros.com.br/vidro/frame_vidro2.htm) . Acesso em: 14 fev. 2006.

SANTOS, J., SICHIERI, E., CARAM, R., LABAKI, L. (2001) “Determinação dos valores do coeficiente de troca superficial externo (he) e interno (hi) de materiais transparentes”. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro. Anais... São Pedro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

SANTOS, J.C.P. (2002) “Avaliação do desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar”. 2002. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos.