

VERIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS E ÓPTICAS DE JANELAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Deivis Luis Marinoski; Juliana Helena Milbratz; Roberto Lamberts

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Universitário – Trindade
ECV/NPC/LabEEE, Caixa Postal 476 – CEP 88040-900

E-mail: deivis@labeee.ufsc.br

E-mail: juli.milbratz@gmail.com

E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

As janelas são elementos da fachada que apresentam um comportamento muito especial devido às propriedades térmicas e ópticas dos seus componentes, sendo de extrema importância para a eficiência energética das edificações. O objetivo deste trabalho é determinar algumas destas propriedades em diferentes tipos de janelas, utilizando o processo de simulação computacional. O software utilizado para as simulações foi o WINDOW 6, desenvolvido nos EUA pelo Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Inicialmente foram criados seis modelos de janelas com uma dimensão padrão de 1,50m x 1,20m, variando os tipos de vidros e sendo aplicada uma esquadria de PVC genérica. Para estes modelos foram determinadas as seguintes propriedades: Transmitância Térmica (U), Fator Solar (FS) e Transmissão de Luz Visível (Tv). Os vidros utilizados foram: o vidro claro incolor 3mm, vidro claro incolor 6mm, vidro duplo 3mm, vidro verde 6mm e vidro reflexivo 6mm. Em um segundo momento foram construídos mais dezessete modelos mais complexos, com diferentes proteções solares (persianas) encontradas no mercado nacional, sendo também verificadas as referidas propriedades.

Palavras-chave: Janelas; Propriedades Térmicas e Ópticas; Simulação Computacional, WINDOW 6.

ABSTRACT

Windows are façade elements that have a special behavior due to their thermal and optics properties. Consequently, windows are very important for energy efficiency in buildings. The purpose of this work is to determine some of these properties for different types of windows using simulation computational process. The software used to simulation was WINDOW 6, developed in USA by Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Initially, six windows models were created. All models have a standard dimension of 1,50m x 1,20m, where only the glass type is changed. A generic PVC frame was used in each model. Then, the follow proprieties were determined: thermal transmittance (U-factor), solar heat gain coefficient (SHGC), visible transmittance (VT). The four types of glass used were: 3mm clear glass, 6mm clear glass, 3mm double clear glass, 6mm green glass, and 6mm reflective glass. In the second part of study, seventeen window complex models with solar protection devices (venetian blinds) available in Brazilian market were created. Also the proprieties of these last models were determined.

Keywords: Windows; Thermal and Optical Proprieties; Computational Simulation; WINDOW 6.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Janelas x conforto ambiental x eficiência energética

A adequação ao clima sempre induziu a forma do homem organizar seus espaços para garantir a sua sobrevivência, buscando muitas vezes soluções na arquitetura através, por exemplo, da escolha de materiais de seus componentes. As janelas são um dos componentes mais significativos no design de qualquer edificação, presentes ora como pequenas aberturas na fachada ou como verdadeiras paredes de vidro.

Embora a aparência seja importante, o tradicional propósito das janelas era prover luz, vista e ar fresco para os seus ocupantes. Após muitas edificações utilizarem ventilação mecânica e luz artificial, está crescendo o reconhecimento do papel da janela de prover esses benefícios de maneira natural, contribuindo para o aumento da satisfação, saúde e produtividade dos ocupantes da edificação. Além disso, há uma necessidade urgente em significativos melhoramentos no desempenho energética dos edifícios. Geralmente, design de alto-desempenho é destinado para produzir prédios que são energeticamente eficientes, sustentáveis, econômicos, e que use todo tipo de recursos de maneira a minimizar o impacto ambiental (Carmody et al., 2004).

Para uma construção ser energeticamente eficiente e fornecer conforto térmico deve haver uma correlação entre os materiais empregados e fatores externos, relacionados às características próprias do local, refletindo o seu clima. Esses fatores agem diretamente no desempenho da edificação onde ocorrem fenômenos como a incidência de radiação solar através das aberturas, estando ligada a propriedades termo-físicas de cada material.

O vidro é um componente da fachada que apresenta um comportamento muito especial e é de extrema importância nas decisões para se obter eficiência energética, pois são transparentes à radiação de onda curta (luz e calor emitidos pelo sol) e opaca à radiação de onda longa (calor emitido por fontes de baixa temperatura). Devido a esta propriedade, ele pode gerar o fenômeno do efeito estufa.

As janelas têm representado a principal fonte de ganho de calor no verão e significativa perda de calor no inverno, para alguns climas. Novos materiais e tecnologias têm mudado o desempenho energético das janelas numa maneira radical, afetando a maneira como as selecionamos e as utilizamos (Carmody et al., 1996).

No Brasil, as decisões de projeto devem ser balanceadas nas condições mais apropriadas a região, visto que o país possui um clima muito diversificado. De acordo com a norma NBR15220-3 (ABNT, 2005a), o território brasileiro é dividido em oito zonas bioclimáticas diferentes. Para cada zona dever-se-ia adotar um tratamento diferenciado de tipologias construtivas para que as edificações obtivessem um desempenho termo-energético o mais próximo do ideal.

Porém, nota-se que na sua maioria as edificações não estão tirando proveito de seus componentes em relação ao clima local. Na arquitetura moderna tem-se feito um uso excessivo do vidro, deixando as construções mais suscetíveis a ganhos ou perdas de calor.

Frente à importância das decisões arquitetônicas, como um dos fatores determinantes do consumo de energia e conforto térmico de uma edificação, destaca-se o valor da análise de desempenho energético das janelas utilizadas na construção civil, sendo isso possível em parte pela verificação de suas propriedades térmicas e ópticas.

1.2 O programa WINDOW 6 (W6)

O desempenho energético de uma janela pode ser avaliado através de índices de classificação, ou diretamente pela comparação das propriedades térmicas e ópticas da mesma. A modelagem de janelas por meio de softwares agiliza o processo de determinação e avaliação destas propriedades. Atualmente, programas computacionais têm sido desenvolvidos para permitir o cálculo destas propriedades para sistemas envidraçados ou para uma janela completa. Porém, muitas vezes dependendo da configuração utilizada no conjunto, como no caso da aplicação de proteções solares, o processo de cálculo destas propriedades é ainda mais complexo (Marinoski e Lamberts, 2007).

O WINDOW 6 (W6) é uma atualização do programa WINDOW 5, desenvolvido nos EUA pelo Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) para determinar propriedades térmicas e ópticas de janelas. No W6 foi implementada a capacidade de modelar sistemas de janelas complexos, os seja, janelas com algum tipo de dispositivo de proteção solar. Os algoritmos utilizados nas versões recentes do W6 para determinar propriedades de janelas com proteções solares são relativamente novos, por isto os resultados são considerados como de caráter informativo para objetivo de pesquisas e não como definitivos. Os cálculos realizados no WINDOW 6, para sistemas de janelas sem elementos de proteções solares, são idênticos aos apresentados no WINDOW 5 e consistentes com normas ASHRAE, ISO e NFRC (LBNL, 2006).

Os principais módulos de construção apresentados na tela inicial do programa (Figura 1), para o detalhamento dos diversos componentes de janela, são: vidros, esquadria, gás, divisores, condições ambientais, além de seu desenho esquemático. Para especificação de cada modelo de janela trabalhada há campos de dimensionamento e tipologia construtiva. Um quadro apresenta os resultados totais (Transmitância térmica (U-factor), Fator Solar (SHGC), Transmissão de Luz Visível (VT)).

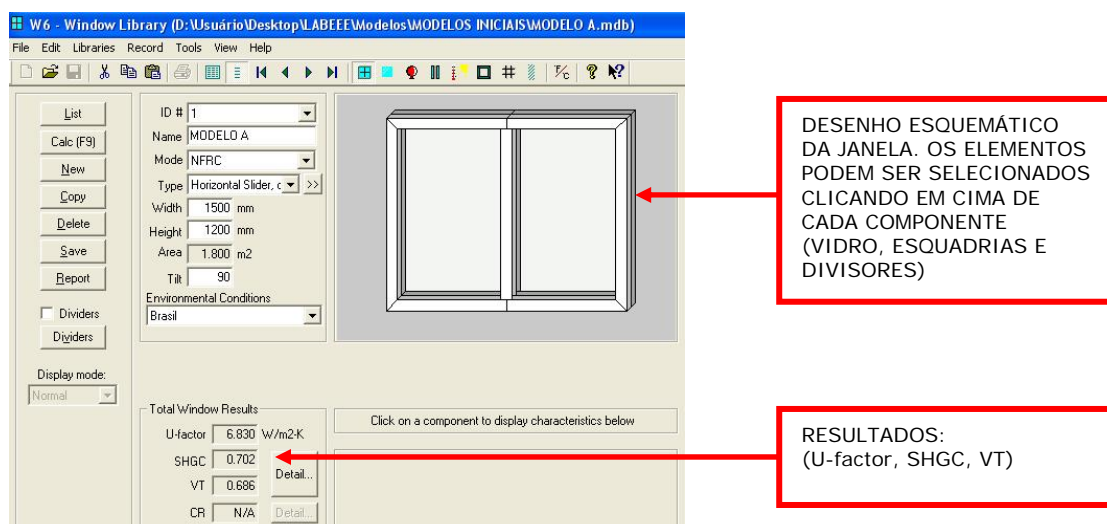


Figura 1. Exemplo da tela inicial do programa W6.

Para começar a construir uma janela, primeiro selecionam-se as suas definições: nome, modelo, tipo, dimensões, inclinação e condições ambientais. Após isso, se seleciona um componente da janela de cada vez. Cada componente é disponibilizado em uma biblioteca com diversas opções de escolha e com as características necessárias para o cálculo. O W6 também permite fazer novas gravações de componentes, criando uma especificação que ainda não esteja no programa. A Figura 2 (na próxima página) apresenta o fluxograma com os passos para a modelagem de janelas através do programa W6.

Mais informações sobre o uso do software podem ser obtidas através do site dos desenvolvedores e do manual de utilização do programa (LBNL, 2006).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é determinar algumas das propriedades térmicas e ópticas (Transmitância Térmica (U), Fator Solar (FS) e Transmissão de Luz Visível (Tv)) de diferentes composições de janelas, utilizando o processo de simulação computacional aplicada através do programa WINDOW 6 (versão *Research* v6.1.06).

3. METODOLOGIA

A metodologia para a modelagem das janelas apresentada neste trabalho segue a mesma seqüência de parâmetros adotada por Marinowski e Lamberts (2007).

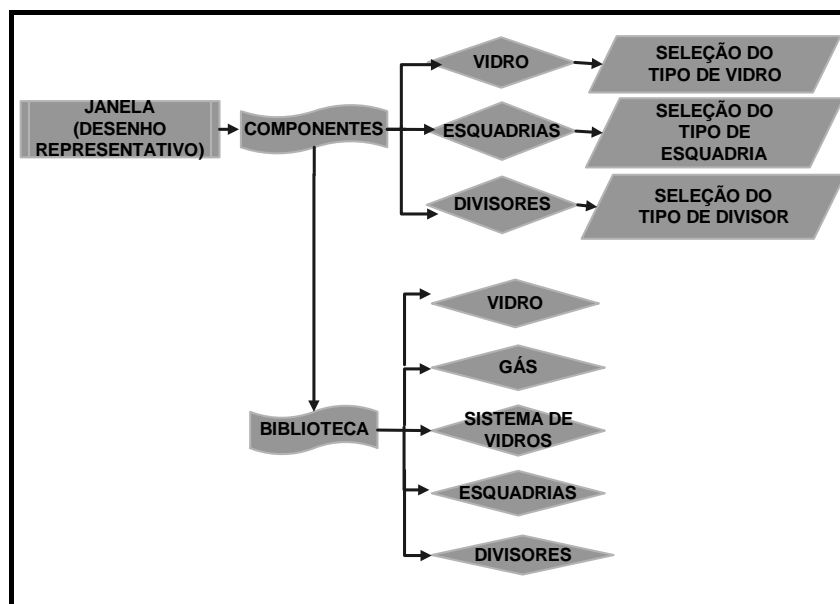


Figura 2. Fluxograma de modelagem da janela através do programa W6.

3.1 Condições de contorno

Na realização do processo de cálculo da transmitância térmica e do fator solar dos modelos de janela simulados, é necessário estabelecer como dados de entrada dos programas algumas condições de contorno específicas em relação a cada análise. A Tabela 1 apresenta as condições ambientais fixadas:

Tabela 1. Condições ambientais mínimas estabelecidas para os modelos

Temperatura do ar interno (°C)	Temperatura do ar externo (°C)	Coef. de convecção interna (W/m ² K)	Coef. de convecção externa (W/m ² K)	Radiação incidente (W/m ²)
22,0	30,0	7,0	25,0	750

Estes valores de temperatura do ar interno e externo foram adotados por representar uma situação comum em climas brasileiros, no caso de ambientes climatizados. Já os valores dos coeficientes de convecção interna e externa foram aplicados com base nos valores de resistência térmica superficial apresentada na NBR15220-2 (ABNT, 2005b). Para a radiação solar incidente foi adotado um valor que representa uma condição de verão em fachadas verticais, tendo por base o valor sugerido na NFRC 200-2004 (NFRC, 2007). Como padrão, o programa considera o ângulo de incidência da radiação solar como sendo normal (perpendicular) ao plano da janela.

Para os casos simulados neste trabalho foi adotado no W6 o modelo de cálculo para o processo de troca de calor por convecção e radiação chamado de “Fixed Convection Coefficient”. Já para modelo de radiação ainda se faz necessária a definição das seguintes variáveis: temperatura efetiva; emissividade do ambiente interno; temperatura do céu; emissividade do céu. Os valores adotados são apresentados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2. Dados de entrada para o modelo de radiação adotado no W6

Temperatura efetiva (°C)	Emissividade do ambiente interno	Temperatura do céu (°C)	Emissividade do céu
22,0	0,95	30,0	0,80

Para efeito de simplificação, no W6 assume-se que a temperatura efetiva seja igual à temperatura do ar interno e a temperatura do céu seja a mesma do ar externo.

Além disso, outras configurações específicas ainda são necessárias. Nestes casos, foram mantidos os valores defaults apresentados na tela de preferências do programa. Para os dados espectrais foi mantido o padrão “Condensed spectral data” onde é definido o número de comprimentos de ondas que serão utilizados para o cálculo, na faixa do espectro visível (380nm-780nm) e no infravermelho (780nm-2500nm), chamadas de bandas. O número padrão de bandas para o espectro visível e infravermelho apresentado no programa é de 5 e 10 respectivamente. Este modelo de análise exige um

tempo menor de processamento do software (LBNL, 2006).

Como ajuste no método de cálculo para as persianas foi selecionada a opção “uniform diffuse” nas faixas do espectro visível/solar e também para comprimentos de onda no infravermelho distante. Esta opção assume uma distribuição uniforme em todas as direções de saída da radiação que incide no elemento de proteção solar (LBNL, 2006).

3.2 Características dos componentes de janelas

Vidros: Foram utilizados quatro tipos de vidros planos contidos na base de dados do programa. A Tabela 3 apresenta a identificação dos tipos de vidros utilizados nos sistemas de abertura modelados.

Tabela 3. Vidros utilizados nos modelos

Vidro:	vidro claro 3mm	vidro claro 6mm	vidro verde 6mm	vidro reflexivo 6mm
Nome:	clear_30.grd	clear_60.grd	green_60.grd	sgsr_32g6.grd
Produto:	float glass	float glass	green float glass	sun-guard silver-32
Fabricante:	Guardian	Guardian	Guardian	Guardian
Transmitância solar:	0.846	0.788	0.443	0.140
Refletância Solar (out):	0.075	0.071	0.055	0.095
Refletância Solar (in):	0.075	0.071	0.054	0.249
ID na base de dados W6:	3013	3016	3026	3137

Sistemas transparentes: O sistema transparente é definido como a composição formada pelo pano envidraçado, mais um gás (neste caso o ar) e uma proteção solar, quando existirem. Foram definidos seis tipos de sistemas transparentes para simulação. Os componentes de cada sistema são apresentados a seguir na Tabela 4:

Tabela 4. Composição dos sistemas transparentes

Modelo	Elemento Externo	Elemento intermediário	Elemento interno
A	vidro claro 3mm	nenhum	nenhum
B	vidro claro 3mm	espaço de ar (12,7mm)	veneziana 45° (*)
C	vidro claro 6mm	nenhum	nenhum
D	vidro duplo 3mm	espaço de ar (12,7mm)	nenhum
E	vidro verde 6mm	nenhum	nenhum
F	vidro reflexivo 6mm	nenhum	nenhum

(*) Descrição: persiana horizontal 45°, largura 17,7mm, metálica, cor branco opaco, referência na biblioteca W6 ID 30101.

Esquadria: Como moldura dos sistemas transparentes foi construído um único exemplo genérico simplificado de esquadria. O material suposto para esta esquadria é uma moldura de PVC com transmitância térmica de 2,0 W/m²K, e uma largura no plano dos vidros de 70mm. Também é necessário que o usuário defina uma classe de correlação de borda no contato entre a esquadria e o vidro, necessária para o cálculo da transmitância térmica total. Neste aspecto foi assumida a classe 4, que representa uma situação de contato totalmente isolado. O W6 também permite que o usuário defina a absortividade da superfície da esquadria, neste campo foi mantido durante as simulações o valor padrão utilizado pelo programa, que é igual a 0,50.

Sistema de abertura completo: Os sistemas de aberturas completos são formados através da aplicação da esquadria aos diferentes sistemas transparentes montados. Foram criados então seis modelos de janelas para simulação. No programa todos os modelos de janelas estão definidos com dimensões totais de 1500mm (largura) x 1200mm (altura), posicionados verticalmente como se estivessem localizados em uma parede convencional da edificação.

3.3 Aplicações de Proteções Solares

Em um segundo momento foi realizado um estudo mais aprofundado em relação às proteções solares. Tomando como base o modelo B, com vidro claro 3mm e esquadria de PVC, foram simulados outras situações com diferentes tipos de persianas internas (disponíveis comercialmente no mercado nacional), alterando seu tamanho e ângulo de abertura. A Figura 3 mostra o esquema de posicionamento das persianas aplicado aos modelos computacionais (neste caso o espaço de ar adotado também é igual a 12,7mm). Já a Tabela 5 apresenta a composição dos modelos de aberturas com proteções solares, juntamente com os tipos de persianas e suas características.

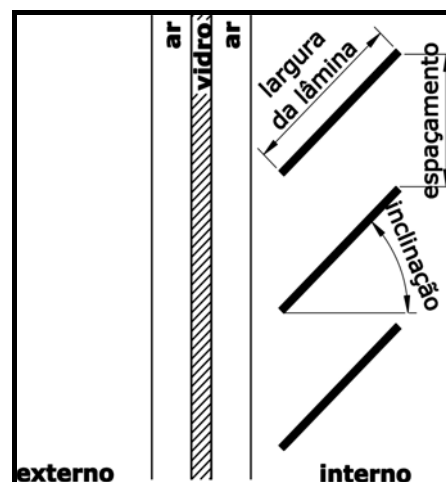


Figura 3. Esquema base do modelo de persiana interna.

Tabela 5. Modelos com Proteções Solares

Modelo	Tipo de Persiana	Largura	Espaçamento	Inclinação	Imagem
B1	Horizontal de alumínio	16 mm	10 mm	0°	
B2	Horizontal de alumínio	16 mm	10 mm	45°	
B3	Horizontal de alumínio	16 mm	10 mm	90°	
B4	Horizontal de alumínio	25 mm	20 mm	0°	
B5	Horizontal de alumínio	25 mm	20 mm	45°	
B6	Horizontal de alumínio	25 mm	20 mm	90°	
B7	Horizontal de alumínio	50 mm	40 mm	0°	
B8	Horizontal de alumínio	50 mm	40 mm	45°	
B9	Horizontal de alumínio	50 mm	40 mm	90°	
B10	Horizontal de madeira	50 mm	40 mm	0°	
B11	Horizontal de madeira	50 mm	40 mm	45°	
B12	Horizontal de madeira	50 mm	40 mm	90°	
B13	Horizontal de alumínio entre vidros	25 mm	20 mm	0°	
B14	Horizontal de alumínio entre vidros	25 mm	20 mm	45°	
B15	Horizontal de alumínio entre vidros	25 mm	20 mm	90°	
B16	Painel de tecido claro	1500 mm	(*)	90°	
B17	Painel de tecido escuro	1500 mm	(*)	90°	

(*) Considerou-se como sendo uma única lâmina.

Em função da cor, os valores de absorvidade das lâminas usadas nos modelos B16 e B17 foram 0,3 e 0,9, respectivamente para tecido claro e tecido escuro.

4. RESULTADOS

Os resultados de propriedades ópticas obtidos nas simulações descritos a seguir são calculados para um ângulo de incidência normal (perpendicular) ao plano da janela e consideram um valor hemisfericamente integrado na área de saída da radiação. No caso dos sistemas transparentes os resultados são relativos ao centro do vidro. Já os valores de transmitância térmica são dependentes das condições de contorno previamente estabelecidas.

4.1 Resultados dos sistemas transparentes

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da transmitância térmica (U), Fator Solar (FS) e Transmissão de Luz Visível (Tv) para os seis modelos de sistemas transparentes propostos.

Tabela 6. Resultados das propriedades calculadas para os sistemas transparentes (vidros)

Modelo	Descrição	U(W/m²k)	FS	Tv
A	vidro claro 3mm	8.36	0.91	0.90
B	vidro claro 3mm com proteção	6.88	0.39	0.25
C	vidro claro 6mm	8.35	0.90	0.89
D	vidro duplo 3mm	2.73	0.78	0.82
E	vidro verde 6mm	5.82	0.60	0.76
F	vidro reflexivo 6mm	4.90	0.34	0.27

Na Tabela 6 é possível ainda observar que os valores do fator solar para o modelo A e C se encontram acima do valor comumente observado como referência de limite superior deste índice (0,87 para o vidro claro 3mm). Isso é explicado pelo fato de que este valor é dependente das condições ambientais estabelecidas. Isso também se estende para o cálculo da transmitância térmica. Além disso, no caso do fator solar, o modelo matemático de cálculo aplicado nas trocas de calor por convecção e radiação também tem uma interferência muito significativa. Cabe destacar que W6 apresenta uma biblioteca de condições ambientais pré-definidas de acordo com prescrições normativas da NFRC. Nestes casos os modelos matemáticos de trocas de calor já têm parâmetros diferenciados que não podem ser alterados. Por exemplo, quando é realizada a simulação do modelo A (vidro claro 3mm) segundo a condição da “NFRC 100-2001 Summer” (NFRC, 2007), o resultado obtido para o U, FS é respectivamente de 5,33W/m²K e 0,87. Já a transmissão de luz visível não sofre alteração.

4.2 Resultados dos sistemas de abertura completos

Através dos gráficos da Figura 7 são apresentados os resultados da transmitância térmica (U), Fator Solar (FS) e Transmissão de Luz Visível (Tv) para os seis modelos de sistemas de aberturas completos. Agora os valores encontrados para cada propriedade são quantitativamente inferiores aos encontrados na Tabela 6, em função da aplicação da esquadria de PVC, que reduz a relação da área envidraçada com a área total da abertura.

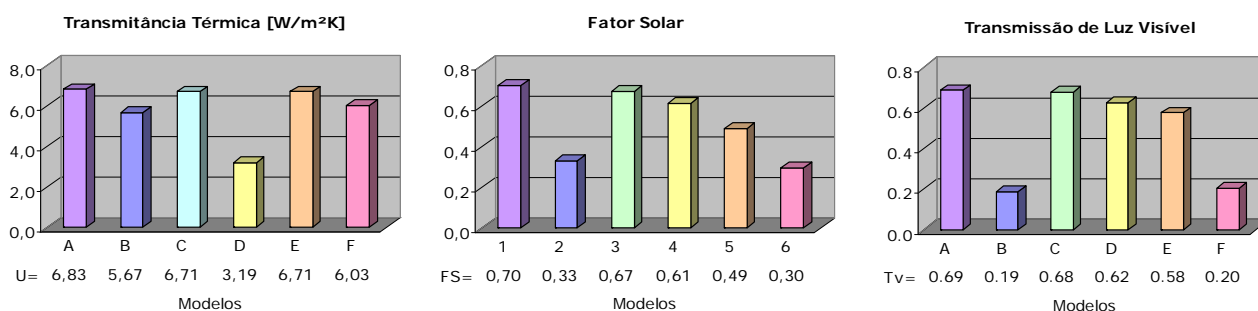


Figura 4. Resultados das propriedades calculadas para os sistemas de aberturas completos

A seguir os modelos são enquadrados comparativamente com o Modelo A, que utiliza um vidro claro

3mm (comumente utilizado na construção civil brasileira). Na Figura 8 são apresentados (apenas com caráter ilustrativo) exemplos da variação do ganho de calor em função apenas do Fator Solar (FS) de cada sistema de abertura completo. É suposta uma radiação incidente (G) de 750 W/m^2 , perpendicular ao plano de fixação da janela, multiplicada pelo respectivo valor do FS.

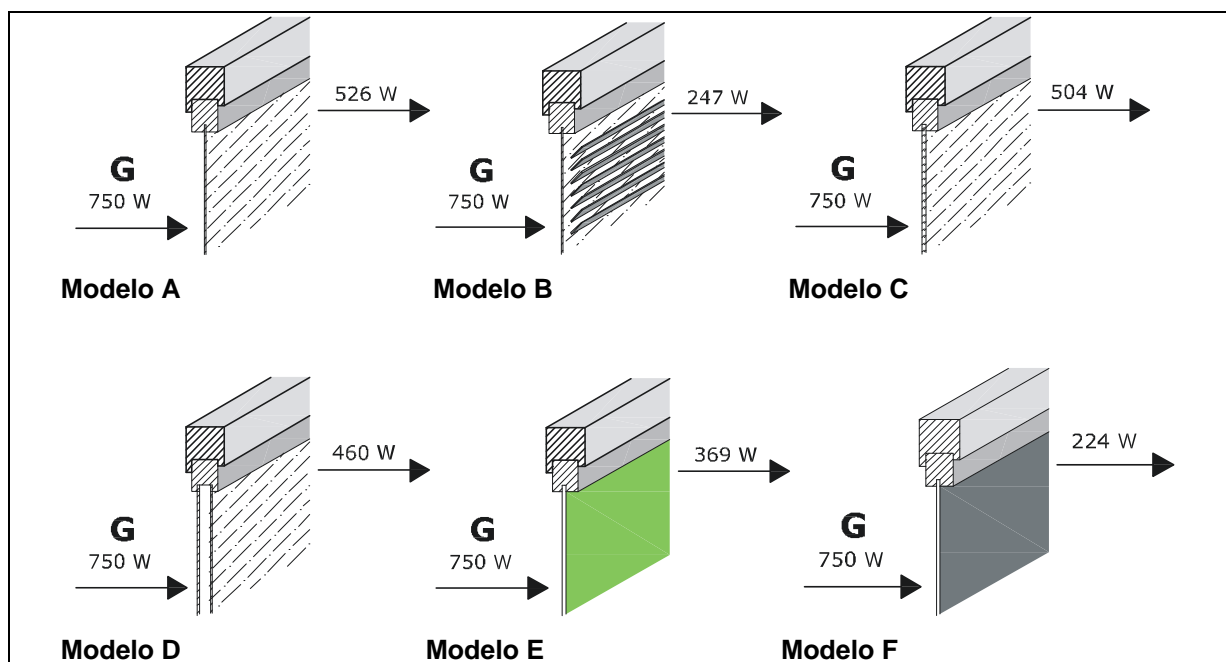


Figura 8. Exemplos variação do ganho de calor apenas em função do Fator Solar (Ganho = $G \times FS$).

A Tabela 7 (na próxima página) apresenta os resultados da transmitância térmica (U), do fator solar (FS) e da transmissão de luz visível (VT) para os dezessete modelos de sistemas de aberturas completos criados a partir do modelo B da Tabela 6, aplicando proteções solares internas.

5. CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram simulados 23 modelos de aberturas sem e com proteções solares aplicadas internamente, determinando algumas de suas propriedades térmicas e ópticas. Optou-se por simular os modelos utilizando o programa W6, por este ser um software com atualização periódica por parte dos desenvolvedores e que está em consonância com normas e estudos internacionais ligados ao tema. Além disso, o W6 apresenta uma interface mais ágil para a utilização por parte do usuário, e sua base de dados de vidros disponibiliza uma maior quantidade de produtos.

Entretanto o W6 ainda apresenta algumas carências em relação às proteções solares. Suas opções de tipos de proteções são restritas, o que impossibilitou a simulação de modelos com persianas de lâminas verticais. Também, alguns modelos tiveram de ser simulados em uma versão preliminar do W6, pois a versão mais atualizada (no momento da realização da pesquisa) simplesmente não executava o cálculo, sem que para isso houvesse alguma explicação aparente.

Analisando os resultados dos modelos da primeira parte do estudo (A, B, C, D, E, F), observa-se que depois da janela com vidros duplos, o vidro reflexivo seguido pelo vidro verde foram os elementos que apresentaram melhor desempenho em relação à transmitância térmica. Quanto ao fator solar, os melhores resultados são atingidos pelos modelos com persiana e vidro reflexivo, porém estes são os que menos permitem a passagem da luz visível para o ambiente.

Já nos resultados das simulações com proteções solares (B1 até B17), observa-se pouca diferenciação em relação à transmitância térmica, exceto no caso de persianas entre vidros (B13, B14, B15), onde são aplicados vidros duplos. Quanto ao fator solar e a transmissão de luz visível, o ponto que mais influenciou nos resultados foi o ângulo de inclinação da lâmina, tendo seus valores diminuídos à medida que aumentava o ângulo de inclinação, ou seja, quanto mais fechada estava a persiana.

Tabela 7. Resultados para os sistemas de aberturas completos com proteções solares

Modelo	Descrição	U(W/m²k)	FS	VT
B1	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_16mm_inclinação 0°	6.00	0.69	0.68
B2	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_16mm_inclinação 45°	5.66	0.30	0.15
B3	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_16mm_inclinação 90°	5.36	0.15	0.00
B4	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_25mm_inclinação 0°	6.03	0.69	0.69
B5	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_25mm_inclinação 45°	5.67	0.33	0.19
B6	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_25mm_inclinação 90°	5.36	0.15	0.00
B7	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_50mm_inclinação 0°	6.03	0.69	0.69
B8	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_50mm_inclinação 45°	5.67	0.19	0.19
B9	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de alumínio_50mm_inclinação 90°	5.36	0.15	0.00
B10	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de madeira_50mm_inclinação 0°	5.91	0.79	0.69
B11	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de madeira_50mm_inclinação 45°	5.63	0.25	0.10
B12	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com persiana horizontal de madeira_50mm_inclinação 90°	5.27	0.16	0.00
B13	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm (duplo) com persiana horizontal de alumínio entre vidros_25mm_inclinação 0°	2.62	0.61	0.62
B14	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm (duplo) com persiana horizontal de alumínio entre vidros_25mm_inclinação 45°	2.48	0.29 (*)	0.17
B15	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm (duplo) com persiana horizontal de alumínio entre vidros_25mm_inclinação 90°	2.28	0.12 (*)	0.00
B16	Esquadria de pvc + vidro claro 3mm com painel de tecido claro_1500mm_inclinação 90°	5.43	0.52 (*)	0.00
B17	Esquadria de pvc + vidro escuro 3mm com painel de tecido escuro_1500mm_inclinação 90°	5.43	0.52 (*)	0.00

(*) Valores calculados utilizando o W6 versão: v6 0.30.

Ainda, observa-se através dos valores de FS, que para a situação em que a persiana está totalmente aberta ou totalmente fechada (0° ou 90°) não há variação do fator solar, independente da largura da lâmina da persiana (16mm, 25mm ou 50mm).

Analisando agora em relação ao material, observa-se que os valores do fator solar para as persianas de alumínio foram menores do que os da persiana de madeira, provavelmente devido ao acabamento da superfície. No caso das cortinas, não houve variação do resultado do FS entre a cortina de cor escura e a de cor clara.

Sobre a transmissão de luz visível, um detalhe importante é que, em todos os casos, quando a proteção solar está fechada totalmente (inclinação 90°), o programa considera a Tv igual a zero, o que em determinadas circunstâncias reais pode não ocorrer.

Por fim, ressalta-se que a verificação de propriedades térmicas e ópticas de vidros e janelas é muito importante para análises de desempenho destes elementos, uma vez que a estimativa destas propriedades auxilia na escolha do produto mais apropriado para cada tipo de aplicação. Isso por sua vez conduz a melhoria das condições de conforto e da eficiência energética nas edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de normas Técnicas). **NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro. 2005a

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

CARMODY, J; SELKOWITZ, S; LEE, E. S; ARASTEH, D; WILLMERT, T; **Residential Windows. A guide to New Technologies and Energy Performance.** W. W. Norton & Company. New York – London, 1996.

CARMODY, J; SELKOWITZ, S; HESCHONG, L; **Window System for High-Performance Buildings.** W. W. Norton & Company. New York – London, 2004.

MARINOSKI, D. L. ; LAMBERTS, R. . **Aplicação dos programas WINDOW e WIS para modelagem de janelas com proteções solares.** Anais do ENCAC 07, Ouro Preto-MG, 2007.

NFRC (National Fenestration Rating Council). **Technical Documents** Disponível em: <http://www.nfrc.org/>. Acesso em: Dezembro de 2007.

LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory) **WINDOW 6 / THERM 6 Research Version User Manual.** LBNL-941, March 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro durante o período de desenvolvimento deste trabalho.