

APLICAÇÃO DOS PROGRAMAS WINDOW E WIS PARA MODELAGEM DE JANELAS COM PROTEÇÕES SOLARES

Deivis Luis Marinowski; 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: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

Para possibilitar uma avaliação do desempenho energético de janelas e sistemas de aberturas, é necessário o conhecimento das propriedades térmicas e ópticas dos elementos e do conjunto da janela. Atualmente, programas computacionais têm sido desenvolvidos para permitir o cálculo destas propriedades para uma janela completa. 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. Este trabalho apresenta a utilização dos programas computacionais WINDOW e WIS para verificar a transmitância térmica (U), o fator solar (FS) e a transmissão de luz visível (Tv) em diferentes sistemas de abertura. Buscou-se estabelecer as condições de contorno similares para o cálculo realizado pelos dois programas, embora alguns dados de entrada sejam diferenciados. Um total de 16 conjuntos, incluindo diferentes tipos de vidros e proteções solares, foi modelado. Os resultados encontrados nos dois programas são apresentados e comparados para cada caso.

ABSTRACT

To provide an evaluation of window and fenestrations systems energy performance, the identification of thermal and optical proprieties of each element or full window is need. Nowadays, computational programs have been developed to provide calculations results of these proprieties. Many times, for some types of fenestrations configuration, i.e. when solar shadings are used, the proprieties calculation process is more complex. This work presents the application of WINDOW and WIS software's to verify thermal transmittance (U-value), solar heat gain coefficient (SHGC) and visual transmittance (VT) for different fenestrations systems. Similar boundary conditions of calculations were established although some inputs are different for each software. A number of 16 assemblies, include glass and solar shadings, were modeled. Then, the results found by softwares are showed and compared for each case.

1. INTRODUÇÃO

As janelas de maneira geral apresentam uma relação direta com o conforto e o consumo de energia nas edificações. Deste modo, nas últimas décadas a preocupação com as características dos fechamentos transparentes e do conjunto completo que compõem a janela se tornou crescente em diversos países. Como exemplo é possível citar o caso dos EUA, Canadá, Austrália, e da União Européia, que têm concentrado esforços em implementar programas de certificação energética para janelas (NFRC, 2006; WERS, 2006; EWERS, 2006).

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.

O WINDOW é um programa computacional de simulação desenvolvido nos EUA pelo Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) para determinar propriedades térmicas e ópticas de janelas. O WINDOW 6 é uma versão atualizada do programa, que tem a capacidade de modelar sistemas complexos de janelas, os seja, janelas com algum tipo de dispositivo de proteção solar. Os algoritmos utilizados nas versões recentes do WINDOW 6 para determinar propriedades de janelas com proteções solares são relativamente novos, por isto os resultados devem ser considerados 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 5.2 e consistentes com normas ASHRAE, ISO e NFRC (LBNL, 2006).

O WIS (Windows Information System) também é um programa para o cálculo de propriedades térmicas e ópticas de sistemas de abertura. A primeira versão do programa foi desenvolvida em um projeto de pesquisa coordenado pelo TNO (Building and Construction Research) da Holanda entre 1994-1996. Uma atualização do programa foi realizada através de um projeto de pesquisa patrocinado pela Comissão Européia de Transporte e Energia durante o período de 2001-2004 (van Dijk e Oversloot, 2003). A versão mais recente apresenta como característica permitir a combinação de sistemas envidraçados com elementos de sombreamento. O programa foi construído com algoritmos baseado em normas internacionais (CEN, ISO), mas utiliza também rotinas de cálculo para componentes e condições não cobertas pelas normas.

Ambos os softwares contêm bibliotecas com os elementos básicos para composição de aberturas, tal como os vidros, esquadrias e gases de baixa condutividade, usados em janelas de alto grau de isolamento térmico. Os programas permitem ao usuário utilizar elementos pré-definidos nas bibliotecas ou também a alteração das suas características, para criação de novos componentes. Para uma modelagem mais detalhada é possível utilizar programas externos para construir os componentes (esquadrias e proteções solares) e então importá-los para compor os sistemas desejados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é determinar através do processo de simulação computacional a transmitância térmica (U), o fator solar (FS) e a transmissão de luz visível (Tv) em diferentes sistemas de janelas, comparando os resultados de dois softwares específicos para a análise de desempenho de aberturas: o *WINDOW 6* e o *WIS*.

3. METODOLOGIA

3.1 Versões dos programas e base de dados

Os sistemas de aberturas definidos a seguir, foram modelados através do programa *WINDOW 6 Research v6.0.30* (W6), com atualização em 2006, e também do programa *WIS v3.01* (WIS), com atualização em 2003. O W6 utiliza a base IGDB (International Glazing DataBase) para definição dos vidros. Nos casos simulados com o W6 foi utilizada a IGDB com a versão v.14.4. Já para os casos modelados no WIS foram utilizados produtos vítreos listados nas bases de dados do formato WINDAT versão 3.0 e 3.1, contidas no programa.

3.2 Condições de contorno

Para a realização do processo de cálculo da transmitância térmica e do fator solar dos modelos de janela simulados, é necessário que o usuário estabeleça como dados de entrada do programas algumas condições de contorno específicas em relação a sua análise. Estas condições são definidas na forma de processos de transferência de calor, modelos de cálculo, fatores ambientais externos e internos e características dos materiais.

Para estabelecer um padrão de comparação aceitável foram estabelecidas condições mínimas que são comuns para os dois programas. Tabela 1 apresenta as condições ambientais fixadas. O valor de temperatura do ar interno adotado representa uma condição normal de conforto para um ambiente climatizado artificialmente, enquanto a valor da temperatura externa representam uma situação comum, para o período diurno em climas brasileiros. Já os valores dos coeficientes de convecção interna e externa foram aplicados com base nos valores de resistência térmica superficial para fluxo de calor vertical, recomendados pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Para a radiação solar foi adotado um valor de incidência que representa uma condição extrema de ocorrência em fachadas verticais para diferentes regiões do Brasil nos períodos de verão (Mizgler et al., 2006). Como padrão, os programas consideram o ângulo de incidência da radiação solar como sendo normal (perpendicular) ao plano da janela.

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	1000

O W6 possibilita uma definição das condições ambientais mais detalhadas do que o WIS, permitindo que o usuário selecione o modelo de cálculo que será utilizada no processo de troca de calor por convecção e radiação (LBNL, 2001). Para os casos simulados neste trabalho foi adotado no W6 o modelo de convecção chamado de “Fixed Convection Coefficient”, que é semelhante ao utilizado no WIS. Já para modelo de radiação se faz necessária a definição das seguintes variáveis: temperatura efetiva; emissividade do ambiente interno; temperatura do céu e 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

No WIS além das condições ambientais mínimas também é necessário definir os valores de temperatura radiante interna e externa, sendo os valores adotados para a simulação dos casos propostos neste estudo, iguais a 22,0°C e 30,0°C, respectivamente. 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. No WIS adota-se o valor da temperatura radiante como sendo o mesmo da temperatura do ar interno e externo.

Outras configurações específicas são necessárias para cada um dos programas. No caso do W6 para a matriz de cálculo, foram mantidos alguns 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 venezianas foi selecionado 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).

No WIS para realização de cálculos de propriedades de sistemas de janelas com elementos de proteção solar é necessário que o usuário selecione o item chamado de “Expert mode” na tela de configurações (WIS, 2003). Ainda nesta tela é importante definir o método de cálculo utilizado. Nos resultados das simulações apresentadas neste trabalho foi adotado o “Ray Tracing Method” sendo mantido o valor padrão de número de raios igual a 100000.

3.3 Caracterização dos componentes da janela

Na base de dados de vidros de cada programa, buscou-se selecionar os mesmos produtos ou aqueles que apresentassem características muito próximas. Para a construção das esquadrias e proteções solares foram estabelecidas as mesmas características e propriedades dos materiais utilizados, nos dois softwares, conforme o grau de detalhamento disponível em cada programa. Dessa forma, pretendeu-se reduzir a incerteza nos resultados das comparações estabelecidas.

Vidros: A Tabela 3 apresenta a identificação dos tipos de vidros utilizados nos sistemas de abertura modelados nos dois programas.

Tabela 3. Vidros utilizados nos modelos

<i>Vidro:</i>	Vidro claro 6mm		Vidro low-e 6mm	
<i>Programa:</i>	W6	WIS	W6	WIS
<i>Nome:</i>	Clear6m.LOF	OpCL_6.pgl	ip6834ne.ipe	ip6834ne.ipe
<i>Produto:</i>	Optifloat™ Clear	Pilkington Optifloat Clear 6mm	ipasol neutral 68/34	ipasol neutral 68/34
<i>Fabricante:</i>	Pilkington North America	Pilkington	Interpane glas industrie ag	Interpane glas industrie ag
<i>Transmitância solar:</i>	0.783	0.789	0.346	0.383
<i>Refletância Solar (out):</i>	0.071	0.074	0.356	0.309
<i>Refletância Solar (in):</i>	0.071	0.074	0.473	0.414
<i>Vidro:</i>	Vidro verde reflexivo 6mm		Vidro azul 6mm	
<i>Programa:</i>	W6	WIS	W6	WIS
<i>Nome:</i>	Stopsol Classic Green 6.gvb	Stopsol Classic Green 6.gvb	ARCBL6.LOF	ArcBlu6.pgl
<i>Produto:</i>	Stopsol Classic Green	Stopsol Classic Green	Arctic Blue™	Pilkington Arctic Blue 6mm
<i>Fabricante:</i>	GLAVERBEL S.A.	GLAVERBEL S.A.	Pilkington North America	Pilkington
<i>Transmitância solar:</i>	0.219	0.218	0.351	0.381
<i>Refletância Solar (out):</i>	0.269	0.278	0.050	0.051
<i>Refletância Solar (in):</i>	0.101	0.108	0.050	0.051

Proteções solares: Na Tabela 4 são apresentadas as características básicas das proteções solares aplicadas aos sistemas de janelas modelados nos dois programas. Duas variações de acabamento superficial foram admitidas para cada uma das proteções: branco e preto. A Tabela 5 apresenta os valores das propriedades que são utilizadas como dados de entrada, em função da cor do elemento.

Também na caracterização das proteções é importante dar atenção a pontos específicos da configuração de cada programa. No W6 é necessário especificar o valor chamado de “Effective hole area fraction”, este parâmetro é usado nos algoritmos de transferência de calor e representa a área aberta do elemento de proteção solar. A influência deste parâmetro sobre os resultados ainda está em estudo, por isso o valor recomendado para todos os tipos de proteções é 0,05 (LBNL, 2006). No WIS para criar uma nova proteção solar previamente é necessário selecionar a tipologia da proteção, neste trabalho foi assumido o tipo “Slat shading device”. Ainda no WIS destaca-se que os valores de refletividade e transmissividade foram inseridos no campo denominado “beam>diff”, o que assume a ocorrência de uma reflexão ou transmissão difusa da radiação incidente. Nos dois softwares as propriedades são utilizadas na forma integrada, ou seja, representando o somatório da energia em toda a região espectral referida.

Tabela 4. Características básicas das proteções solares construídas no W6 e no WIS

Tipo de proteção:	Veneziana interna	Brise externo
Tipo da lâmina:	Plana	Plana
Espessura da lâmina (mm):	0,50	5,0
Largura da lâmina (mm):	50,0	300,0
Espaçamento entre lâminas (mm):	42,5	200,0
Condutividade do material (W/mK):	160,0	3,0
Emissividade IV face interna:	0,90	0,90
Emissividade IV face externa:	0,90	0,90
Transmissividade IV:	0,00	0,00

Tabela 5. Características superficiais das proteções solares

Cor:	Branca	Preta
Absortividade UV (face interna e externa):	0,00	0,00
Absortividade visível (face interna e externa):	0,20	0,95
Absortividade solar (face interna e externa):	0,20	0,95
Refletividade UV (face interna e externa):	1,00	1,00
Refletividade visível (face interna e externa):	0,80	0,05
Refletividade solar (face interna e externa):	0,80	0,05
Transmissividade UV/ Visível/ solar:	0,00	0,00

A Tabela 6 ilustra os tipos de proteções solares utilizadas na composição dos sistemas de aberturas criados nos programas.

Tabela 6. Tipos de proteções solares utilizados

Tipo/Posição	Cor característica	Inclinação da lâmina	Ilustração
Veneziana interna	Branca	0°	
Veneziana interna	Preta	0°	
Veneziana interna	Branca	45°	
Veneziana interna	Preta	45°	
Veneziana interna	Branca	90°	
Veneziana interna	Preta	90°	
Brise externo	Branca	0°	
Brise externo	Preta	0°	
Brise externo	Branca	45°	
Brise externo	Preta	45°	
Brise externo	Branca	90°	
Brise externo	Preta	90°	

Sistemas transparentes: O sistema transparente é definido como a composição formada por um pano envidraçado de 6mm (claro, low-e, verde ou azul), mais um gás (câmara de ar com 12,7mm de espessura) e uma proteção solar (veneziana ou brise com inclinação de 0°, 45° ou 90°; e absortividade 20% ou 90%), quando existirem. Foram no total definidos 16 tipos de sistemas transparentes para simulação.

No W6 durante a construção dos sistemas transparentes, quando uma nova proteção solar é inserida, é necessário que o usuário indique as distâncias de afastamento (denominadas “Dtop”; “Dbot”; “Dleft”;

“Drigh”) entre a proteção solar e as bordas da área transparente. Neste estudo os valores padrões de afastamentos nulos foram mantidos em todos os modelos.

Esquadria: Como moldura dos sistemas transparentes foi construído um único exemplo genérico simplificado de esquadria. O material suposto para esta esquadria é um PVC com transmitância térmica de 2,0 W/m²K, e uma área projetada no plano dos vidros (largura) de 70mm.

No caso de modelo desenvolvido no W6 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 absorvidade da superfície da esquadria, neste campo foi mantido durante as simulações o valor padrão utilizado pelo programa, que é igual a 0,50.

O WIS permite que sejam aplicados coeficientes de regressão para determinar o chamado “PSI value” que representa a transmitância térmica linear entre os espaçadores dos vidros no contato com a esquadria. A todos os índices de regressão foi atribuído o valor zero.

Sistema de abertura completo: Por fim os sistemas de aberturas completos são formados aplicando a esquadria aos diferentes sistemas transparentes montados. São formados então 16 modelos de janelas para simulação, identificadas conforme a nomenclatura apresentada na Tabela 7. Nos dois programas todos os modelos de janelas foram definidos com dimensões totais de 1500mm (largura) x 1200mm (altura), posicionados verticalmente como se estivessem localizados em uma parede convencional da edificação.

Tabela 7. Composição dos sistemas de abertura completos

Id.	Nome	Esquadria	Sistema transparente
1	PVC+claro	PVC genérico	claro
2	PVC+low-e	PVC genérico	low-e
3	PVC+verde	PVC genérico	verde
4	PVC+azul	PVC genérico	azul
5	PVC+claro+venez0_a20	PVC genérico	claro+venez0_a20
6	PVC+claro+ venez45_a20	PVC genérico	claro+ venez45_a20
7	PVC+claro+s venez90_a20	PVC genérico	claro+s venez90_a20
8	PVC+claro+ venez0_a95	PVC genérico	claro+ venez0_a95
9	PVC+claro+ venez45_a95	PVC genérico	claro+ venez45_a95
10	PVC+claro+ venez90_a95	PVC genérico	claro+ venez90_a95
11	brise0_a20+PVC+claro	PVC genérico	brise0_a20+ claro
12	brise45_a20+PVC+_claro	PVC genérico	brise45_a20+ claro
13	brise90_a20+PVC+claro	PVC genérico	brise90_a20+ claro
14	brise0_a95+PVC+claro	PVC genérico	brise0_a95+ claro
15	brise45_a95+PVC+claro	PVC genérico	brise45_a95+ claro
16	brise90_a95+PVC+claro	PVC genérico	brise90_a95+ claro

Legenda de abreviações:

PVC = material da esquadria;

claro; low-e; verde; azul = tipo de vidro;

brise; venez. = tipo de proteção solar;

0° ; 45° ; 90° = inclinação da lâmina;

a20 ou a95 = absorvidade da superfície da lâmina do brise/veneziana (%).

4. RESULTADOS

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

4.1 Resultados dos sistemas transparentes

A Tabela 8 apresenta os resultados da transmitância térmica (U), do fator solar (FS) e da transmissão de luz visível (Tv) para os 16 modelos de sistemas transparentes propostos.

Tabela 8. Resultados das propriedades calculadas para os sistemas transparentes propostos

Id	Descrição	U (W/m ² K)				FS				Tv			
		W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta	W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta	W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta
1	claro	8.18	8.17	0%	0.01	0.87	0.83	5%	0.04	0.89	0.89	0%	0.00
2	low-e	5.62	5.59	1%	0.03	0.44	0.45	-2%	-0.01	0.75	0.75	0%	0.00
3	verde	8.26	8.18	1%	0.08	0.42	0.54	-22%	-0.12	0.31	0.38	-18%	-0.07
4	azul	8.20	8.17	0%	0.03	0.58	0.55	4%	0.02	0.56	0.57	-1%	-0.01
5	claro+venez0_a20	4.48	4.45	1%	0.03	0.84	0.81	3%	0.02	0.88	0.89	-1%	-0.01
6	claro+ venez45_a20	4.18	4.23	-1%	-0.06	0.50	0.46	8%	0.04	0.32	0.29	9%	0.03
7	claro+ venez90_a20	3.70	3.72	0%	-0.02	0.28	0.57	-50%	-0.29	0.08	0.00	-	0.08
8	claro+ venez0_a95	4.48	4.45	1%	0.03	0.84	0.81	3%	0.02	0.88	0.89	-1%	-0.01
9	claro+ venez45_a95	4.18	4.23	-1%	-0.06	0.68	0.62	11%	0.07	0.15	0.14	7%	0.01
10	claro+ venez90_a95	3.70	3.72	0%	-0.02	0.62	0.57	10%	0.06	0.00	0.00	-	0.00
11	brise0_a20+ claro	2.44	3.98	-39%	-1.54	0.90	0.88	2%	0.02	0.88	0.89	-1%	-0.01
12	brise45_a20+ claro	2.48	3.87	-36%	-1.39	0.23	0.17	37%	0.06	0.08	0.11	-28%	-0.03
13	brise90_a20+ claro	2.24	3.67	-39%	-1.43	0.19	0.13	43%	0.06	0.08	0.00	-	0.08
14	brise0_a95+ claro	2.44	3.98	-39%	-1.54	0.90	0.88	2%	0.02	0.88	0.89	-1%	-0.01
15	brise45_a95+ claro	2.48	3.87	-36%	-1.39	0.19	0.12	62%	0.07	0.00	0.00	-	0.00
16	brise90_a95+ claro	2.24	3.67	-39%	-1.43	0.14	0.13	5%	0.01	0.00	0.00	-	0.00

Analisando os valores da transmitância térmica (U) calculada para os sistemas transparentes, podemos observar na Tabela 8, que no caso dos modelos com panos envidraçados sem proteção solar (Id: 1 até 4) e para os modelos com veneziana interna (Id: 5 até 10) o resultados obtidos em ambos os programa são muito próximos, chegando á uma variação máxima de 1%. Já no caso dos modelos com brise externo (Id: 11 até 16) observa-se uma diferença significativa entre os valores apresentados pelos dois programas, onde os resultados do WIS são em média 38% maiores do que os valores calculados com W6.

Verifica-se também em relação aos modelos sem proteções solares, que todos apresentam os valores de U semelhantes (~ 8,2W/m²K) independentemente da coloração do vidro (claro, verde, e azul), sendo a única exceção o vidro low-e, onde o valor de U é significativamente mais baixo (~ 5,6W/m²K). Também é perceptível em todos os modelos com proteção solar (interna ou externa) que o valor de U apresentado nos programas diminui à medida que o ângulo de fechamento da proteção aumenta. No caso da proteção interna (veneziana), a variação do valor de U entre o ângulo de 0° (veneziana aberta) e o ângulo de 90° (veneziana fechada) é de aproximadamente 20%, para os dois programas. Para a proteção externa (brise) esta mesma variação é em média de 9%, também nos dois programas. Já a alteração da absorvidade para um mesmo ângulo de fechamento, tanto do brise quanto da veneziana, não modifica o valor final da transmitância em nenhum dos dois programas.

Considerando os resultados do fator solar (FS), observa-se que entre os modelos de sistema transparentes sem proteção solar, os valores calculados pelos dois programas diferem no máximo em 5% para os casos da aplicação de vidro claro, low-e, e azul. Já o modelo com vidro verde reflexivo apresentou a maior variação relativa, a qual chegou a 22%. Porém, qualitativamente ambos os programas apresentaram valores mais elevados de FS para o vidro claro (id: 1) e azul (id: 4) e menores valores para o vidro low-e (id: 2) e verde reflexivo (id: 3). Nos casos com proteção solar interna (venezianas) o W6 mostra uma redução gradual do valor do FS à medida que o ângulo de fechamento da lâmina aumenta até 90°. Ainda no W6, a elevação dos valores da absorvidade da superfície resulta no aumento dos valores do FS, como é possível notar comparando os valores dos

casos id: 6 e 9 e id: 7 e 10. No primeiro caso o aumento foi de 0,50 para 0,68; e no segundo passou de 0,28 para 0,62.

No WIS este comportamento de aumento do FS associado ao aumento da absorvidade ocorre apenas quando a lâmina esta posicionada em 45° (comparando o caso id: 6 com o id: 9). Quando as lâminas estão fechadas (90°) o WIS apresenta o mesmo valor de FS para o caso id: 7 e 10. Ainda em relação aos modelos com proteção interna, observa-se que a maior diferença relativa nos resultados do FS dado pelos dois softwares ocorre no caso id: 7 (veneziana fechadas com absorvidade de 0,20), chegando a 50%.

Quando analisamos os resultados do FS para os casos com proteção externa (brise), é possível perceber um efeito contrário do aumento da absorvidade, em relação à proteção interna. Nos dois programas, os resultados calculados para a proteção externa com ângulo de fechamento de 45° e 90°, quando a absorvidade dá lâmina aumenta o valor do FS é reduzido (compare os valores do id: 12 e 15; e id:13 e 16). Nestes casos embora a variação relativa entre resultados do FS obtidos pelos dois programas seja elevada, quantitativamente é possível notar que a ordem de grandeza dos valores é bastante próxima, ou seja, a variação absoluta é pequena.

Para os resultados de transmissão de luz visível (Tv), observa-se que a variação absoluta entre os resultados dos dois programas é pequena. No W6, quando a absorvidade da lâmina é de 20%, mesmo com o ângulo igual a 90° (casos id: 7 e 13) o programa ainda admite uma pequena fração (0,08) da passagem de luz visível.

4.2 Resultados dos sistemas de abertura completos

A Tabela 9 apresenta os resultados da transmitância térmica (U), do fator solar (FS) e da transmissão de luz visível (VT) para os 16 modelos de sistemas de aberturas completos. Nestes resultados, observam-se as mesmas relações analisadas entre os diferentes casos do sistema transparente do item 4.1. Porém, agora os valores encontrados para cada propriedade são quantitativamente inferiores aos encontrados na Tabela 8, em função da aplicação da esquadria de PVC, que reduz a relação da área envidraçada com a área total da abertura.

Tabela 9. Resultados das propriedades calculadas para os sistemas de abertura completos

Id	Descrição	U (W/m²K)				FS				Tv			
		W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta	W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta	W6	WIS	Variação relativa	Variação absoluta
1	PVC+claro	6.95	6.94	0%	0.00	0.70	0.67	6%	0.04	0.71	0.71	0%	0.00
2	PVC+low-e	4.90	4.87	1%	0.03	0.36	0.36	0%	0.00	0.60	0.60	0%	0.00
3	PVC+verde	7.01	6.95	1%	0.06	0.34	0.43	-21%	-0.09	0.25	0.30	-18%	-0.06
4	PVC+azul	6.96	6.94	0%	0.02	0.47	0.44	6%	0.03	0.45	0.46	-1%	-0.01
5	PVC+claro+venez0_a20	3.98	3.96	1%	0.02	0.68	0.65	4%	0.03	0.71	0.71	-1%	-0.01
6	PVC+claro+ venez45_a20	3.74	3.79	-1%	-0.05	0.40	0.37	8%	0.03	0.26	0.25	3%	0.01
7	PVC+claro+s venez90_a20	3.37	3.38	0%	-0.01	0.23	0.45	-49%	-0.22	0.06	0.00	-	0.06
8	PVC+claro+ venez0_a95	3.98	3.96	1%	0.02	0.68	0.65	4%	0.03	0.71	0.71	-1%	-0.01
9	PVC+claro+ venez45_a95	3.74	3.79	-1%	-0.05	0.55	0.49	11%	0.06	0.12	0.11	7%	0.01
10	PVC+claro+ venez90_a95	3.37	3.38	0%	-0.01	0.50	0.45	10%	0.05	0.00	0.00	-	0.00
11	brise0_a20+PVC+claro	2.37	3.58	-34%	-1.22	0.73	0.70	3%	0.02	0.71	0.71	-1%	-0.01
12	brise45_a20+PVC+claro	2.40	3.50	-31%	-1.10	0.20	0.13	52%	0.07	0.06	0.09	-28%	-0.02
13	brise90_a20+PVC+claro	2.22	3.34	-34%	-1.12	0.16	0.11	49%	0.05	0.06	0.11	-42%	-0.05
14	brise0_a95+PVC+claro	2.37	3.58	-34%	-1.22	0.73	0.70	3%	0.02	0.71	0.70	0%	0.00
15	brise45_a95+PVC+claro	2.40	3.50	-31%	-1.10	0.16	0.09	73%	0.07	0.00	0.00	-	0.00
16	brise90_a95+PVC+claro	2.22	3.34	-34%	-1.12	0.12	0.11	10%	0.01	0.00	0.00	-	0.00

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram utilizados dois programas computacionais para cálculo de índices de desempenho energético de janelas, o W6 e o WIS. Os dois programas permitem a construção de modelos de aberturas sem ou com proteções solares aplicadas interna e externamente. No total foram simulados 16 modelos de aberturas, com variações nos seus componentes

O W6 é um software mais atualizado do que o WIS, apresentado uma interface mais amigável e mais ágil para a utilização por parte do usuário. A base de dados de vidros do W6 apresenta uma maior quantidade de produtos, além de ser mantida uma atualização periódica por parte dos desenvolvedores do programa.

O W6 ainda não está sendo utilizado na certificação oficial de janelas realizada nos EUA. Neste momento, a certificação nos EUA utiliza W5, que é o antecessor do W6. O W5 não contém o módulo de construção de proteções solares. A versão v30 do W6 que foi utilizada neste trabalho está em fase de teste. Durante as simulações realizadas foram observados alguns “bugs”, os quais foram notificados aos desenvolvedores do software. Após isso novas versões do programa já foram disponibilizadas.

Durante a modelagem dos casos apresentados neste estudo, a principal dificuldade encontrada foi a de manter as mesmas condições de cálculo nos dois softwares. Alguns dados e variáveis de entradas são diferentes nos dois programas. Também, a base de dados do WIS tem poucas atualizações o que dificulta encontrar os mesmos elementos, principalmente no caso dos vidros. Outro aspecto é que os manuais de utilização dos dois programas apresentam informações limitadas apenas com as características e funções básicas, sendo o manual do WIS o mais restrito.

A representação das esquadrias diretamente nos programa é bastante simplificada, sendo que para se obter um modelo mais realístico é necessário à utilização de um software externo para sua modelagem (ex.: THERM).

As variações nos resultados observadas em cada um dos programas são conseqüências das diferenças de modelos de cálculo ou condições de contorno utilizadas. Embora se tenha buscado aplicar as mesmas configurações em cada caso aos dois programas, ainda existem fatores específicos de cada software que geram estas variações. Uma análise comparativa e paramétrica mais detalhada exigiria um maior grau de conhecimento das normas e das rotinas de cálculos de cada programa. Além disso, devido à complexidade dos cálculos é necessário que o usuário tenha um grau de conhecimento do assunto que lhe permita qualitativamente avaliar a coerência dos resultados encontrados.

Os dois programas são ferramentas importantes para análise de desempenho energética das janelas. Embora ainda os resultados obtidos em janelas com proteções solares não sejam oficialmente reconhecidos por órgão de certificação, os valores encontrados proporcionam uma estimativa dos efeitos da aplicação destes elementos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de normas técnicas**. 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, 2005.

Dick (H.A.L.) van Dijk and Henk (H.P.) Oversloot . **WIS, the european tool to calculate thermal and solar properties of windows and window components**, TNO Building and Construction Research, Delft, The Netherlands. Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands, August 11-14, 2003.

EWERS, **European Window Energy Rating System**. Homepage: <http://www.bfrc.org/save/>. Acesso em: Agosto de 2006.

LBNL. **Lawrence Berkeley National Laboratory**. WINDOW 5.0. User Manual LBNL-44789, November 2001.

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

Ordenes, M. ; Marinoski, D. L. ; Braun, P. ; R  ther, R. . **The impact of building-integrated photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil**. Article in Press, Energy and Buildings, 2006. DOI link: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.10.006>

NFRC. **National Fenestration Rating Council**. Homepage: <http://www.nfrc.org/>. Acesso em: Agosto de 2006.

WERS. **Window Energy Rating Scheme**. Homepage: <http://www.wers.net/>. Acesso em: Agosto de 2006.

WIS. **Advanced Window Information System**. WIS help. Version 3.0. 2003. website: www.windat.org.