

## **ANÁLISE COMPARATIVA DO FLUXO LUMINOSO ADMITIDO E DA TRANSMITÂNCIA EM ABERTURAS COM ELEMENTOS DE CONTROLE SOLAR DE MESMA MÁSCARA DE SOMBRA E CONFIGURAÇÕES FÍSICAS DIFERENTES**

**Amilcar José Bogo (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2); Anderson Claro (3)**

(1) Universidade Regional de Blumenau – FURB

Rua Antônio da Veiga, 140 – Victor Konder – CP 1507 – 47 3321 0273 – Blumenau SC

e-mail: [arqbogo@furb.br](mailto:arqbogo@furb.br)

(2) e (3) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Campus Trindade – Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Florianópolis SC

### **RESUMO**

Neste trabalho é apresentado parte dos resultados de estudo sobre a caracterização do comportamento luminoso de aberturas com elementos de controle solar - ECS de geometria complexa. Nesta parte foi realizada uma análise do fluxo luminoso admitido e da transmitância direcional para situações de aberturas com quatro tipos de elementos de controle solar com configurações geométricas diferentes, mas de igual ângulo de proteção solar (mesma máscara de sombra). A análise foi desenvolvida com simulação computacional a partir de um modelo virtual de representação espacial do ambiente interno do tipo hemisfera oca com base vertical e abertura como fonte de luz. Quanto ao fluxo luminoso admitido para elemento de controle solar com 10 placas horizontais (10 PH) comparado com 1 placa horizontal (1 PH), houve aumento de 3 à 6 vezes; para 10 placas verticais (10 PV) comparado com 5 placas verticais (5 PV) houve aumento muito reduzido. Na comparação da influência da refletância dos ECS na admissão de luz (fluxo luminoso) dos tipos 1 PH, 10 PH, 5 PV e 10 PV, com a variação de 20% para 75% houve um aumento em até 3 vezes, dependendo da situação de análise.

### **ABSTRACT**

This paper presents a method for assessment of the daylighting admission in fenestration with different types of solar control devices. The method adopted is the computer simulation by use of the hemispherical model with vertical base and one opening as a source of daylighting (window), allowing comparatively to assessment different fenestration systems with solar control devices respect to daylighting admission (luminous flux). The analysis was carried through on the basis of the variation of the geometry of the solar control devices (vertical, horizontal), and variation of the reflectance of solar control devices (75% and 20%) The joined results provide the comparison of the luminous performance of the analyzed fenestration systems, identifying several situations of admission by daylighting.

## 1. INTRODUÇÃO

A quantidade de luz natural transmitida através dos vidros, varia segundo as suas propriedades ópticas de transmitância ( $\tau$ ), refletância ( $\rho$ ) e absorvância ( $\alpha$ ), influenciadoras das parcelas transmitida, refletida e absorvida nos vidros adotados nas aberturas, que influenciam a quantidade de energia térmica e luminosa transmitida ao interior das edificações. Segundo (MCCLUNEY, 1987), as propriedades de transmitância, refletância e absorvância são influenciadas pela direção de incidência sobre o material e para cada comprimento de onda de radiação, sendo que alguns materiais são seletivos, ou seja, suas propriedades ópticas variam conforme a incidência de radiação e conforme o comprimento de onda de radiação.

Para aberturas simples, sem obstáculos ou elementos de controle, a estimativa da luz natural transmitida é de fácil estimativa, dependendo principalmente da transmitância do vidro e do ângulo de incidência da luz. A adição de obstáculos junto a abertura, como os elementos de controle solar, modificam a trajetória da luz natural transmitida, assim como sua quantidade, afetando a iluminação natural no interior das edificações. Esta influência ocorre devido ao bloqueio/filtração parcial da luz natural incidente na abertura, e a variação da direção da luz para o ambiente interno devido aos múltiplos processos de reflexões entre os elementos de controle solar.

Segundo (PAPAMICHAEL, KLEMS, SELKOWITZ, 1988) e (IEA, 1999), para a caracterização do comportamento luminoso de aberturas com obstáculos protetores (como do tipo elementos de controle solar - ECS que influenciam na admissão da luz natural para o ambiente interno), duas propriedades ópticas são fundamentais de ser conhecidas: a transmitância direcional hemisférica ( $T_{dh}$ ) e a transmitância bidirecional hemisférica ( $T_{bh}$ ).

Sobre a caracterização luminosa de aberturas, IEA (1999) apresenta medições de características luminosas de diversos materiais para iluminação natural, como medições direcionais e bidirecionais da transmitância da luz, como filme prismático para vidro, vidro direcionador-solar (*limitop*) e *plexiglas*. (DE BOER, 2006) e (ANDERSEN e DE BOER, 2006) também apresentam resultados para quatro tipos de materiais envidraçados e/ou elementos de controle solar: acrílio difusor, lâminas direcionadoras, vidro re-direcionador, lâminas horizontais.

Neste trabalho é apresentada a transmitância direcional hemisférica (quociente entre o fluxo luminoso admitido (transmitido) e o incidente) para diferentes tipos de janelas com elementos de controle solar, caracterizadora do fluxo luminoso admitido para o interior, conforme apresentado em (KESSEL e SELKOWITZ, 1984).

## 2. MÉTODO

O método utilizado é de simulação computacional da luz natural por meio de uma hemisfera oca com base vertical e abertura como fonte de luz natural (janela), analogamente ao goniofotômetro utilizado em estudos fotométricos laboratoriais. Este ambiente virtual de simulação é identificado na literatura como o modelo de estudo ideal para caracterização luminosa de aberturas quanto à luz admitida e sua distribuição espacial interior, (ANDERSEN e DE BOER, 2006).

Nesta parte foram avaliados comparativamente diferentes sistemas de controle solar no que se refere a admissão de luz natural (fluxo luminoso). Para a implementação do método foi utilizado um módulo especial do programa de simulação computacional da luz natural APOLUX 1.0 (CLARO, PEREIRA e AGUIAR, 2003), identificando os resultados de iluminância no plano do vidro externo, adotado para o cálculo do fluxo luminoso admitido sob a interferência dos elementos de controle solar adicionados à janela. Foram avaliados diferentes sistemas de aberturas em relação à geometria (placas horizontais e verticais) e a refletância dos elementos de controle solar (75%; 20%), considerando períodos diferenciados de incidência solar com alturas de 30 e 60 graus, azimutes de 0, 60, e -60 graus a partir do centro da abertura, dependendo da situação.

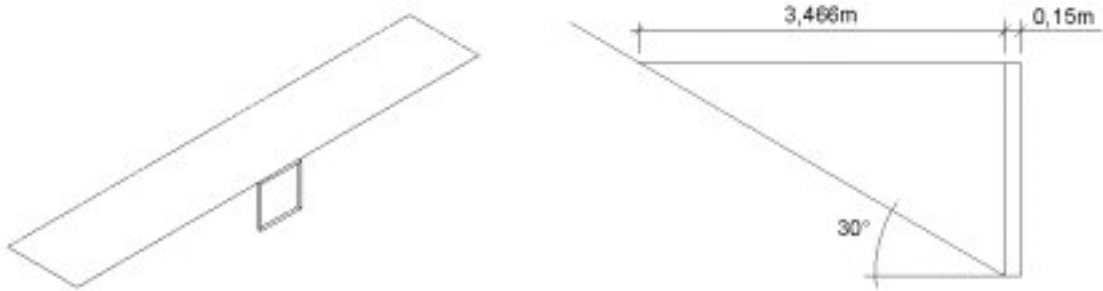
A partir de definição de modelos em *CAD* no formato *3 D Face*, é possível simular com o programa APOLUX o comportamento luminoso de diferentes tipos de configuração geométrica de elementos de controle solar, possibilitando estudos paramétricos diversos.

Adiante são apresentadas as características de configuração geométrica dos elementos de controle solar analisados na janela de  $4 \text{ m}^2$  ( $2 \times 2\text{m}$ ).

**Elementos com placas horizontais sobre a abertura:**

Com ângulo vertical frontal de obstrução de 30 graus:

- 1 placa horizontal, com 3,466 m de profundidade;

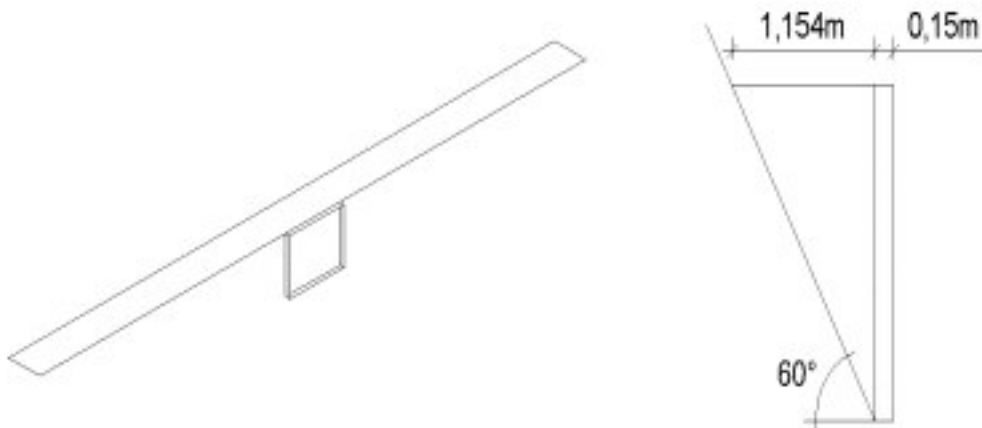


- 10 placas horizontais, distribuídas igualmente na altura da janela, com 0,346 m de profundidade;

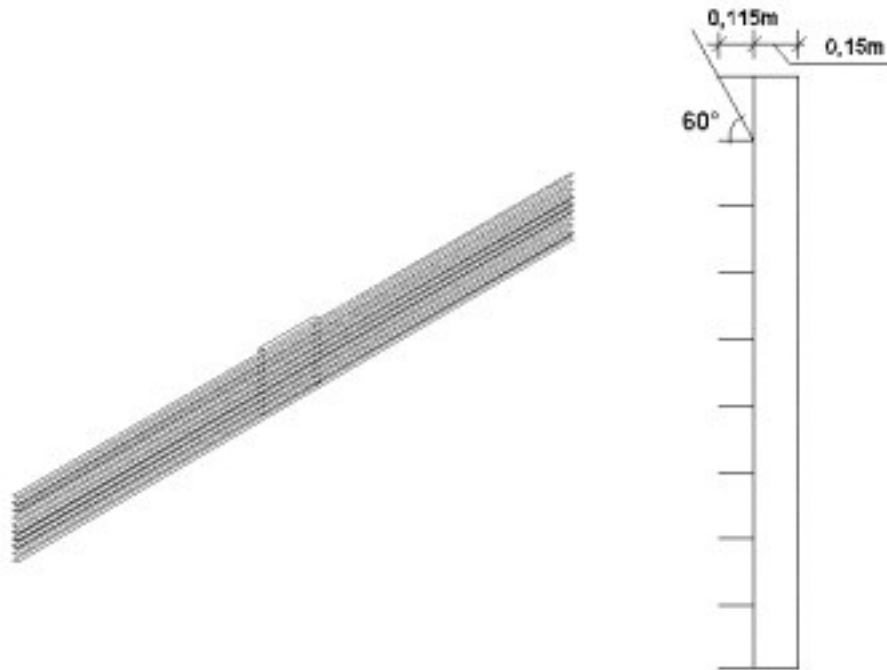


Com ângulo vertical frontal de obstrução de 60 graus:

- 1 placa horizontal, com 1,154 m de profundidade;



- 10 placas horizontais, distribuídas igualmente na altura da janela, com 0,115 m de profundidade;

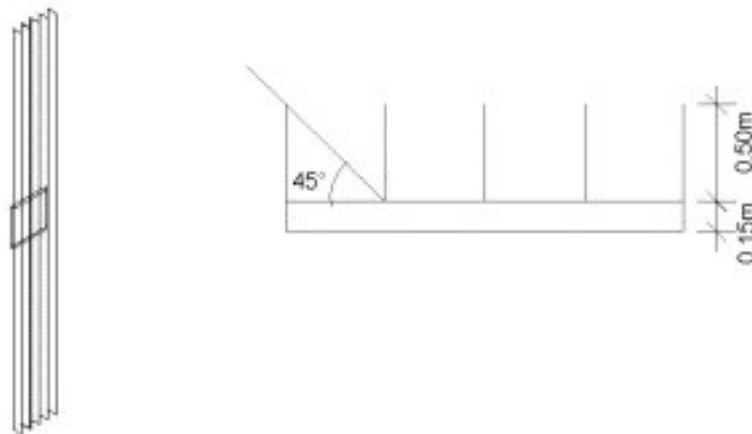


Assim, segundo os dois ângulos de altura solar de análise (30 e 60 graus) para os tipos de elementos de controle solar - ECS horizontais, foram determinadas dimensões diferentes da profundidade das placas, visando o sombreamento do Sol naqueles ângulos de altura solar.

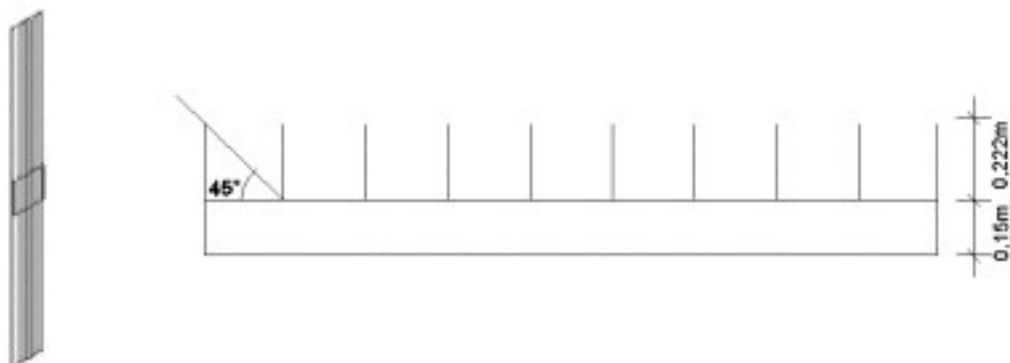
**Elementos com placas verticais perpendiculares à abertura:**

Com ângulo horizontal lateral de obstrução de 45 graus:

- 5 placas verticais de 0,5 m, com espaçamento de 0,5 m entre elas;



- 10 placas verticais de 0,222 m, espaçamento de 0,222 m entre elas;



Para os tipos de ECS com placas verticais perpendiculares à janela, a profundidade das placas foi determinada considerando um ângulo horizontal lateral de sombreamento de 45 graus.

A alteração nas dimensões se refere então à definição de situações diferentes de configuração geométrica, uma com 5 placas e outra com 10 placas verticais.

#### Cálculo do Fluxo Luminoso:

Identificando quantitativamente a luz natural que atravessa a janela no modelo hemisfera oca com abertura, a partir de um relatório numérico de iluminâncias no plano do vidro externo gerado no Programa APOLUX.

Como a iluminância (E) é igual ao fluxo luminoso ( $\Phi$ ) dividido pela área (A), com os valores de iluminância identificado no plano da janela (num conjunto de pontos mapeadores de toda área da abertura), calcula-se o fluxo luminoso ( $\Phi$ ) em cada ponto de medição de iluminância, sendo igual a iluminância (E) multiplicada pela área:

$$\Phi = E \cdot A \quad [\text{Eq. 01}]$$

Logo, em função da área de contribuição de cada ponto da janela (área total da janela dividido pelo número de pontos mapeadores = 121), identifica-se o fluxo luminoso de cada parcela (ponto). O fluxo luminoso total admitido através da abertura é igual ao somatório dos fluxos luminosos parciais antes identificado.

### **3. RESULTADOS**

Os resultados aqui apresentados e analisados referem-se ao fluxo luminoso admitido representativo da quantidade de luz que atravessou a janela após passar pelo efeito dos elementos de controle solar e pela transmitância do vidro (85%), permitindo comparar diferentes tipos de elementos em função dos ângulos de altura e azimutes analisados, representativos da incidência solar na abertura.

Estes resultados do fluxo luminoso (lm) são adiante apresentados em tabelas comparativas para os tipos de elementos de controle solar (ECS) analisados quanto à influência da sua geometria e refletância.

Os valores de fluxo luminoso calculados foram identificados como a seguir especificado.

#### Admissão de luz natural (**Fluxo Luminoso - lm**):

**$\Phi$  Ext (lm) Sol+Céu:** fluxo luminoso no plano vertical exterior da abertura, situação sem ECS devido as fontes de luz natural Sol e céu;

**$\Phi$  Ext (lm) Só Sol:** fluxo luminoso no plano vertical exterior da abertura, situação sem ECS devido a fonte de luz natural Sol;

**$\Phi$  Efeito ECS (lm):** fluxo luminoso no vidro externo com somente efeito dos ECS, devido as fontes de luz natural Sol e céu;

**$\Phi$  Adm (lm):** fluxo luminoso admitido internamente após atravessar o vidro, devido as fontes de luz natural Sol e céu;

**$T_{dh}$ :** transmitância direcional hemisférica da luz de acordo com a incidência de luz (altura e azimute): quociente entre o fluxo luminoso admitido e o fluxo incidente.

Adiante são apresentados os resultados de fluxo luminoso para situações comparativas de tipos de elementos de controle solar (dois a dois).

Estes valores são adiante apresentados na forma de tabelas, com resultados comparativos englobando os tipos de elementos de controle solar analisados, nas diferentes condições de exposição à fonte de luz natural considerada.

**TABELA 1 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO I - Comparativo – ALTURA 30° AZIMUTE 0°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>dh</sub></b>
326.818	307.263 (94,01%)	<b>1 PH</b>	6.631	5.637	0,0172
		<b>10 PH</b>	41.347	35.145	0,1075

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1PH e 10 PH), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 623,46% do fluxo luminoso admitido (de 5.637 lm para 35.145 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

**TABELA 2 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO II - Comparativo – ALTURA 30° AZIMUTE 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>dh</sub></b>
111.693	96.041 (85,98%)	<b>1 PH</b>	4.967	4.222	0,0378
		<b>10 PH</b>	18.089	15.375	0,1376

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1 PH e 10 PH), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 364,25% do fluxo luminoso admitido (de 4.221 lm para 15.375 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

**TABELA 3 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO III - Comparativo – ALTURA 30° AZIMUTE - 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>dh</sub></b>
106.378	90.786 (85,38%)	<b>1 PH</b>	4.946	4.204	0,0395
		<b>10 PH</b>	18.682	15.880	0,1492

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1PH e 10 PH), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 377,73% do fluxo luminoso admitido (de 4.204 lm para 15.880 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

**TABELA 4 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO IV - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 0°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
127.805	111.597 (87,31%)	<b>1 PH</b>	8.977	7.631	0,0597
		<b>10 PH</b>	54.083	45.971	0,3596

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1PH e 10 PH), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 602,42% do fluxo luminoso admitido (de 7.631 lm para 45.971 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

**TABELA 5 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO V - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
37.251	23.402 (62,82%)	<b>1 PH</b>	7.669	6.519	0,1750
		<b>10 PH</b>	26.652	22.654	0,6081
		<b>5 PV</b>	17.243	14.656	0,3935
		<b>10 PV</b>	16.776	14.259	0,3827

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1PH e 10 PH; 5 PV e 10 PV), existem variações quanto à admissão de luz.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 347,50% do fluxo luminoso admitido (de 6.519 lm para 22.654 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

Para 10 PV comparado com 5 PV, houve uma redução de 2,70% do fluxo luminoso admitido (de 14.259 lm para 14.656 lm), devido a perda de luz nos processos de inter-reflexões sucessivas entre as 10 PV, processo este mais intenso do que com 5 PV.

**TABELA 6 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS**

<b>SITUAÇÃO VI - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE - 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos de ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
43.077	29.037 (67,40%)	<b>1 PH</b>	7.788	6.619	0,1537
		<b>10 PH</b>	27.718	23.560	0,5469

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela e gráfico apresentados, para uma mesma situação de sombreamento da abertura por meio de diferentes tipos de ECS (1PH e 10 PH), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH comparado com 1 PH, houve um aumento de 355,94% do fluxo luminoso admitido (de 6.619 lm para 23.560 lm), devido ao incremento da luz natural admitida por reflexão nas 10 placas horizontais.

**TABELA 7 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS com variação da refletância**

<b>SITUAÇÃO VII - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 0°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
127.805	111.597 (87,31%)	<b>10 PH 75%</b>	54.083	45.971	0,3596
		<b>10 PH 20%</b>	17.541	14.910	0,1166

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela acima, para uma mesma situação de sombreamento da abertura devido ao tipo de ECS (10 PH) e diferentes percentuais de refletância (75% e 20%), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH com 20% de refletância comparado com 10 PH com 75% de refletância, houve um aumento de 308,32% do fluxo luminoso admitido (de 14.910 lm para 45.971 lm).

**TABELA 8 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS com variação da refletância**

<b>SITUAÇÃO VIII - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
37.251	23.402 (62,82%)	<b>10 PH 75%</b>	26.652	22.654	0,6081
		<b>10 PH 20%</b>	10.905	9.269	0,2488

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela acima, para uma mesma situação de sombreamento da abertura devido ao tipo de ECS (10 PH) e diferentes percentuais de refletância (75% e 20%), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH com 20% de refletância comparado com 10 PH com 75% de refletância, houve um aumento de 244,40% do fluxo luminoso admitido (de 9.269 lm para 22.654 lm), situação esta menor do que a de azimute 0 grau (com altura 60 graus) antes apresentada.

**TABELA 9 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS com variação da refletância**

<b>SITUAÇÃO IX - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE - 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>ah</sub></b>
43.077	29.037 (67,40%)	<b>10 PH 75%</b>	27.718	23.560	0,5469
		<b>10 PH 20%</b>	11.206	9.525	0,2211

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela acima, para uma mesma situação de sombreamento da abertura devido ao tipo de ECS (10 PH) e diferentes percentuais de refletância (75% e 20%), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PH com 20% de refletância comparado com 10 PH com 75% de refletância, houve um aumento de 247,34% do fluxo luminoso admitido (de 9.525 lm para 23.560 lm), situação esta menor do que a de azimute 0 grau (com altura 60 graus) antes apresentada.



**TABELA 10 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS com variação da refletância**

<b>SITUAÇÃO X - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>dh</sub></b>
37.251	23.402 (62,82%)	<b>5 PV 75%</b>	17.243	14.656	0,3935
		<b>5 PV 20%</b>	6.662	5.663	0,1520

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela acima, para uma mesma situação de sombreamento da abertura devido ao tipo de ECS (5 PV) e diferentes percentuais de refletância (75% e 20%), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 5 PV com 20% de refletância comparado com 5 PV com 75% de refletância, houve um aumento de 258,80% do fluxo luminoso admitido (de 5.663 lm para 14.656 lm).

**TABELA 11 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para tipos de ECS com variação da refletância**

<b>SITUAÇÃO XI - Comparativo – ALTURA 60° AZIMUTE 60°</b>					
<b>Φ Ext (lm) Sol+Céu</b>	<b>Φ Ext (lm) Só Sol</b>	<b>Tipos ECS</b>	<b>Φ Efeito ECS lm</b>	<b>Φ Adm lm</b>	<b>T<sub>dh</sub></b>
37.251	23.402 (62,82%)	<b>10 PV 75%</b>	16.776	14.259	0,3827
		<b>10 PV 20%</b>	6.509	5.532	0,1485

Análise dos resultados:

Conforme observado na tabela acima, para uma mesma situação de sombreamento da abertura devido ao tipo de ECS (10 PV) e diferentes percentuais de refletância (75% e 20%), existem variações quanto à admissão de luz natural.

Para 10 PV com 20% de refletância comparado com 10 PV com 75% de refletância, houve um aumento de 257,75% do fluxo luminoso admitido (de 5.532 lm para 14.259 lm).

**TABELA 12 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para 1 PH e 10 PH com variação de altura e de azimute, 75% refletância, 0,15 m espessura de parede e peitoril.**

<b>Altura 30</b>	<b>Azimuthes</b>		
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>- 60</b>
<b>1 PH</b>	5.637	4.222	4.204
<b>10 PH</b>	35.145	15.375	15.880
<b>Altura 60</b>	<b>Azimuthes</b>		
	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>- 60</b>
<b>1 PH</b>	7.631	6.519	6.619
<b>10 PH</b>	45.971	22.654	23.560

Análise dos resultados:

Conforme antes já identificado, pode-se observar nesta tabela a grande variação na admissão de fluxo luminoso admitido para situações de mesmo ângulo de proteção solar e configurações físicas diferentes (1 PH e 10 PH).

**TABELA 13 - Comparativo da Admissão de luz natural (Fluxo Luminoso) para 5 PV e 10 PV com variação de altura e de azimute**

<b>Altura 30</b>	<b>Azimuth</b>	<b>Altura 60</b>	<b>Azimuth</b>
<b>5 PV</b>	27.351	<b>5 PV</b>	14.656
<b>10 PV</b>	29.275	<b>10 PV</b>	14.259

#### Análise dos resultados:

Conforme antes já identificado, pode-se observar nesta tabela a pequena variação na admissão de fluxo luminoso admitido para situações de mesmo ângulo de proteção solar e configurações físicas diferentes (5 PV e 10 PV).

#### **4. CONCLUSÕES**

Foram analisados diferentes sistemas de aberturas, inicialmente sem nenhum elemento de controle solar e posteriormente adicionando diversos tipos de elementos de controle solar, sendo identificado.

Dos métodos e procedimentos identificados na revisão de literatura, assim como pelo trabalho de simulação realizado, identificou-se que um dos caminhos possíveis para a adequada caracterização do comportamento luminoso das aberturas com obstruções como os elementos de controle solar é o de aprimoramento dos programas de simulação da luz natural, com uso de algoritmos que possam melhor representar a situação física real.

Também existe a necessidade de validação dos programas que apresentam resultados confiáveis; a definição de uma geração de programas de simulação computacional do comportamento da luz integrados aos programas *CAD*, permitindo ao arquiteto efetivamente simular suas idéias de projeto quando da realização deste.

Os resultados antes analisados identificaram a variação esperada (redução e/ou aumento) da admissão de luz quando da adição de diferentes tipos de elementos de controle solar (1 PH; 10 PH; 5 PV; 10 PV) na janela desimpedida e com a mudança de refletância dos ECS (75% e 20%).

Assim, o método desenvolvido apresentou-se viável aos objetivos propostos de avaliar a admissão quantitativa de luz natural (fluxo luminoso que atravessou a janela).

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANDERSEN, Marilyne, DE BOER, Jan (2006) "Goniophotometry and assessment of bidirecional photometric properties of complex fenestration systems". *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp.836-848.
- CLARO, A., PEREIRA, F. O. R., AGUIAR, G. P. (2003) "Desenvolvimento do Protótipo do Software LuzSolar para Análise e Projeto de Iluminação Natural em Arquitetura e Urbanismo". 1º Fórum de Pesquisa & Desenvolvimento da CELESC, Florianópolis/SC.
- DE BOER, Jan (2006). "Modelling indoor illumination by complex fenestration systems based on bidirecional photometric data". *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp.849-868.
- IEA. International Energy Agency (1999) "Measurement of luminous characteristics of daylighting materials". A Report of IEA SHCP Task 21/ECBCS Annex29.
- KESSEL, Jeffrey, SELKOWITZ, Steve (1984) "Integrating sphere measurements of directional-hemispherical transmittance of window systems. *Journal of IES*, October.
- MCCLUNEY, R. (1987) "Determining solar radiant heat gain of fenestration systems". *Passive Solar Journal*, Vol. 4, no. 4, pp 439-487.
- PAPAMICHAEL, K., KLEMS, J., SELKOWITZ, S. (1988) "Determination and application of bidirecional solar-optical properties of fenestration systems". 13<sup>th</sup> National Passive Solar Conference. Massachusetts Institute of Technology. LBL-25124, March.