

JANELA DE CÉU PREFERÍVEL: PROPOSIÇÃO DE UM PARÂMETRO PARA CONTROLE DE ACESSO À LUZ NATURAL NO MEIO URBANO

Solange M. Leder (1); Fernando O. R. Pereira (2); Anderson Claro (2)

(1) Sociedade Educacional de Santa Catarina – Instituto Superior Tupy , Joinville/SC

e-mail:solange@arq.ufsc.br

(2) Universidade Federal de Santa Catarina, Dept. de Arquitetura e Urbanismo – Laboratório de Conforto Ambiental, Florianópolis/SC, e-mail:feco@arq.ufsc.br

RESUMO

A iluminação natural em um ambiente interno é fortemente influenciada pelas condições de obstrução do entorno. A partir dessa premissa, a legislação urbana usualmente impõe limites de ocupação do meio urbano com objetivo de garantir condições mínimas de acesso à luz natural. Esses limites de ocupação traduzem-se normalmente no controle de gabarito e afastamentos. Entretanto, apenas limites para a altura das edificações e o seu afastamento dos logradouros, constituem-se em critérios simplistas, visto que variáveis, tais como os vazios existentes entre as edificações e efetiva disponibilidade da luz natural, costumam ser desconsideradas. Considerando a lacuna existente, este trabalho visa o desenvolvimento e proposição de um parâmetro inovador de controle do acesso à luz natural no meio urbano. A caracterização desse parâmetro compreende três aspectos principais: i) a contribuição de luz relativa de diferentes parcelas da abóbada celeste, ii) o efeito redutor associado ao cosseno do ângulo de incidência e iii) a frequência de visibilidade da abóbada pelo ambiente interno. A consideração destas três variáveis permitiu a caracterização do efetivo potencial de iluminação da abóbada celeste no ambiente interno. O comportamento da luz natural foi simulado através de método computacional. A metodologia e os primeiros resultados são descritos neste artigo. Os resultados encontrados demonstram a consistência do parâmetro proposto e possibilitam a elaboração de mecanismos efetivos de controle.

ABSTRACT

The indoor daylighting is strongly influenced by sky obstruction and urban environment. Therefore, it is crucial in order to ensure adequate access to daylight, to control the urban space occupation. The current urban legislation establishes occupation limits based on building height and settings. However, these limits do not take into account several variables from the urban environment which impact daylight access. Considering this lack of information, this work seeks the development and proposal of a daylight accessibility control parameter on the urban environment. The characterization of this parameter takes into account three aspects: i) the relative lighting contribution of different patches from sky vault, ii) the light incidence angle cosine effect, iii) the visibility sky frequency. The consideration of these three variables has allowed for the characterization of the daylight potential of the sky vault in inner spaces. The daylighting behavior was simulated through computational method.

Methodology and preliminary results are described in this paper. The results obtained show the consistency of the proposed parameter and ease the elaboration of effective control tools.

1. INTRODUÇÃO

A magnitude da luz natural em um ponto de um ambiente interno depende, em parte, do tamanho do trecho do céu que possa ser visto desse ponto. Para Ünver et al. (2003) a obstrução do céu se caracteriza como um dos fatores de maior influência na luz natural presente no ambiente construído. Com o objetivo de preservar o acesso à iluminação proveniente da abóbada celeste, os indicadores de controle da obstrução do céu, propostos por autores como Hopkinson et al. (1975) e Littlefair (1991), já são parâmetros conhecidos. Consistem de ângulos que a partir de um ponto na fachada ou limite do terreno cuja visão deve estar desobstruída, garantindo à edificação condições mínimas de acesso à luz natural, assim como de insolação. Contudo, esses indicadores apontam limitações tais como, a desconsideração dos vazios entre edificações que podem aportar significativas quantidades de luz natural em um ponto e o potencial efetivo de iluminação de ambientes internos pela abóbada celeste.

No contexto atual destacam-se os estudos de NG (2005a; 2005b) para a cidade de Hong Kong. O autor considera os estudos de Hopkinson, Littlefair e Tregenza e propõe o parâmetro - Área de Visão Desobstruída (AVD), que consiste na determinação de um cone de visão do céu, delimitado por ângulos horizontais (azimutais) e verticais (altitude). Capeluto (2003) também propõe um parâmetro similar denominado de Ângulo Sólido do Céu que consiste na identificação do ângulo sólido referente à parte visível do céu para um ponto localizado no centro de uma abertura em análise.

O parâmetro proposto neste trabalho consiste na caracterização de uma zona angular no céu – Janela de Céu Preferível, limitada por ângulos de azimute e altitude, que apresenta o maior potencial de iluminação da abóbada celeste, tendo como alvo o ambiente interno.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do parâmetro Janela de Céu Preferível compreendeu duas etapas: i) a delimitação da área de céu preferível e ii) a comprovação da hipótese. Ambas utilizando o programa Apolux (Claro, 1998) como ferramenta de simulação computacional da iluminação natural.

A delimitação da área de céu preferível consistiu no estabelecimento de limites definidos por ângulos de azimute e altitude. Essa etapa se subdividiu em três aspectos: distribuição de luminâncias na abóbada celeste, efeito coseno sobre o ângulo de incidência, frequência de visibilidade do céu em ambientes internos. A integração destes três aspectos permitiu a caracterização do efetivo potencial de iluminação da abóbada celeste no ambiente interno.

2.1 Distribuição de Luminâncias na Abóbada Celeste

Por se constituir em uma fonte de luz superficial a subdivisão da abóbada em zonas e a determinação das concentrações de fluxo emitidas por essas zonas (considerando uma dada direção) é uma forma de análise e acesso à iluminação produzida pela mesma. Com base nas propostas da ABNT 15215-2 (2005) e Tregenza (1993) essa etapa do trabalho consistiu na subdivisão da abóbada celeste em zonas e no cálculo da contribuição relativa de luz de cada zona.

A divisão da abóbada proposta por Tregenza consiste em 145 zonas (figura 1) que apresentam ângulos sólidos em torno de 0,04 stereradianos. Segundo o autor, essa divisão permite que cada zona seja tratada, com mínimos erros, como uma fonte pontual. Utilizando esse conceito e aproveitando a capacidade de discretização superficial do Foton, a abóbada celeste foi dividida em 333 zonas com ângulo sólido de aproximadamente 0,018 stereradianos.

Na abóbada subdividida, a iluminação produzida por cada zona é definida pela sua direção e luminância e pelo ângulo sólido compreendido entre esta e o ponto iluminado (ABNT 15215-2, 2005). A contribuição relativa de cada zona foi realizada utilizando o programa Apolux. A contribuição relativa da abóbada sobre um plano horizontal resulta da razão entre a luminância em um ponto sobre

um plano horizontal devida àquela parcela do céu e a iluminância total (produzida por toda abóbada) sobre o mesmo ponto no plano horizontal, para condição de céu encoberto e completamente desobstruído. Por sua vez, a contribuição relativa sobre o plano vertical resulta da razão entre a iluminância em um ponto sobre um plano vertical devida àquela parcela do céu e a iluminância total (produzida por toda abóbada) sobre um ponto em um plano horizontal para as mesmas condições de céu e de obstrução.

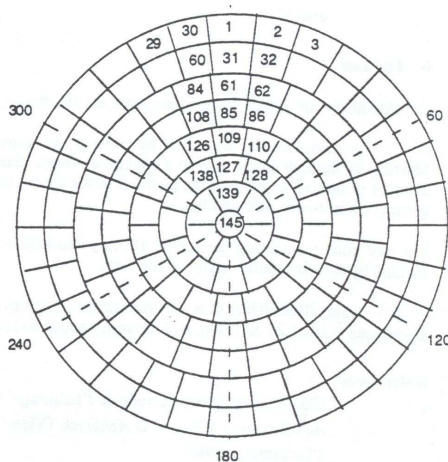


Figura 1 – Proposta de divisão da abóbada dividida em 145 zonas (TREGENZA, 1993)

2.2 Efeito Redutor do Coseno do Ângulo de Incidência

É amplamente conhecido o efeito de redução da iluminância numa superfície produzido pelo aumento do ângulo de incidência da luz que atinge a mesma. Quanto maior o ângulo, maior a redução da iluminância resultante, sendo esta redução representada pelo coseno deste ângulo. A abordagem desse aspecto consistiu em associar a cada zona do céu o impacto do efeito coseno correspondente. Este efeito foi considerado juntamente com a contribuição relativa de iluminação da abóbada (ver 2.1).

2.3 Frequência de Visibilidade do Céu pelo Ambiente Interno

A idéia de analisar a frequência de visibilidade do céu em ambientes internos surgiu a partir do conceito definido por Littlefair (1991) denominado de linha de não visão do céu. A proposta de Littlefair consiste em determinar as áreas do ambiente, sobre um posto de trabalho, com visão do céu. Segundo o autor a área do ambiente fora da linha de visão do céu apresenta menor possibilidade de aproveitamento da luz natural. Partindo desse conceito propõe-se nesse trabalho a caracterização da frequência com que determinadas parcelas do céu são vistas no ambiente interno (ver Fig. 2). Parcelas da abóbada com maior frequência de visibilidade pelo ambiente interno são mais representativas na iluminação do mesmo.

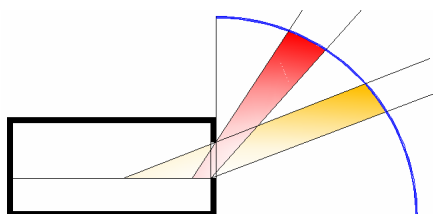


Figura 2 – Parcelas do ambiente interno com visão de determinadas parcelas do céu

Para essa abordagem adotou-se uma divisão da abóbada em 745 zonas, com ângulos sólidos de dimensão aproximada (0,008 stereoradianos). O programa Apolux foi a ferramenta computacional utilizada. Assim como a abóbada, o plano de análise encontra-se dividido em parcelas, representadas por seus vértices. A frequência de visibilidade de cada zona da abóbada no ambiente interno é o produto entre o número de vértices do plano de análise que visualizam uma determinada zona da

abóbada celeste pelo número total de vértices do plano de análise (ver Eq. 1). A altura do plano de análise é a mesma do peitoril da abertura, 1 metro de altura.

$$\text{Frequência de visão do céu} = (V_{\text{vistos}} / V_{\text{total}}) \times 100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

V_{vistos} = número de vértices vistos por determinada zona da abóbada celeste

V_{total} = número total de vértices situados no plano de análise

Visto, então, que a configuração do ambiente, assim como da abertura, influenciam nos resultados, adotou-se várias configurações de ambiente interno com diferenças de profundidade e diferenças no posicionamento da abertura, mantendo-se a área do ambiente constante. A Tabela 1 abaixo apresenta os modelos de ambiente e abertura adotados. A área da abertura é de 1/6 e 1/8 da área do ambiente.

Tabela 1 – Relação das variáveis adotadas no ambiente interno

Descrição	Planta	Largura	Profundidade	Área	Abertura 1 Área = 5,00 m ²	Abertura 2 Área = 3,75 m ²
Modelo 4x7,5		4 metros	7,5 m	30 m ²	largura = 4,00 m altura = 1,25 m	largura = 3,40 m altura = 1,10 m
Modelo 5x6		5 metros	6 m	30 m ²	largura = 4,54 m altura = 1,10 m	largura = 3,40 m altura = 1,10 m
Modelo 7,5x4		7,5 metros	4 m	30 m ²	largura = 4,54 m altura = 1,10 m	largura = 3,40 m altura = 1,10 m

O gráfico resultante, Figura 3, representa a abóbada celeste dividida em parcelas, com cores e valores que representam o percentual de vértices do ambiente que visualizam aquela parcela. As parcelas na cor cinza apresentam valor zero, portanto não são visualizadas pelo ambiente interno, enquanto as parcelas em vermelho apresentam valores, próximos de 100, com grande frequência de visão.

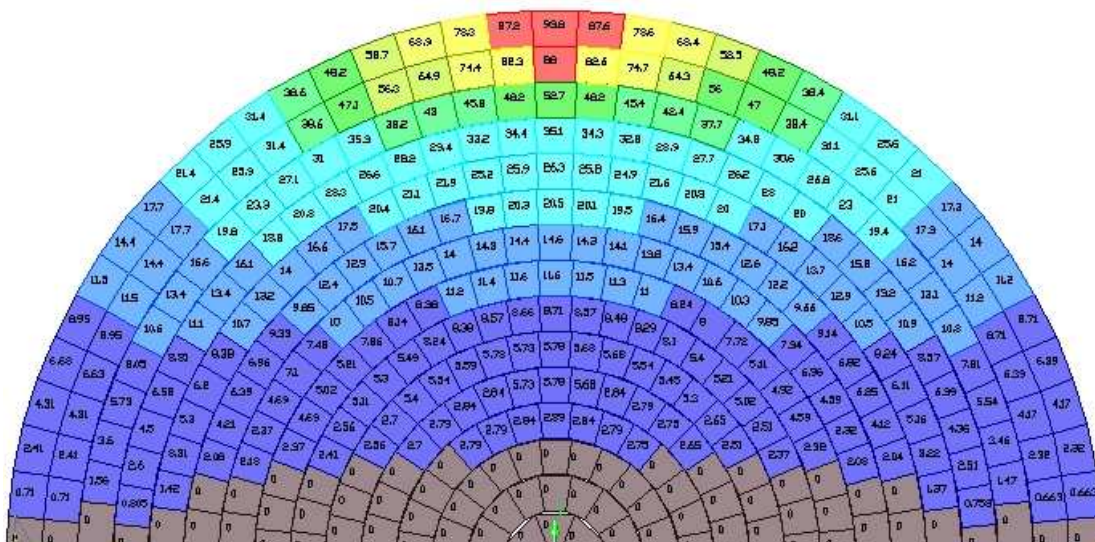


Figura 3 - Gráfico da frequência de visão do céu para o modelo 4x7,5

2.4 Potencial de Iluminação do Céu sobre um Plano no Ambiente Interno

Por fim, o potencial de iluminação do céu sobre um plano no ambiente interno é representado pela frequência de visibilidade do céu sobre um plano do ambiente interno e pela contribuição relativa das parcelas do céu visualizadas por este plano. Determinadas áreas do céu apresentam maior luminância, podendo apresentar maior contribuição na iluminação do ambiente interno. Entretanto, a contribuição efetiva destas vai depender da área do ambiente interno que as visualiza. A Figura 2 ilustra esse aspecto: a parcela mais próxima do zênite apresenta uma luminância maior, porém é vista por pequena parcela do plano de análise, ao contrário da parcela da abóbada próxima da linha do horizonte que

possui luminância menor, porém é vista por grande parte do plano de análise, resultando em maior potencial de iluminação no ambiente interno.

Para a determinação do potencial de iluminação do céu sobre um plano no ambiente interno, calculou-se o fluxo luminoso relativo a cada zona do céu e incidente sobre cada parcela do plano e dividiu-se pelo fluxo luminoso total que chega nesse mesmo plano (Eq. 2). O diagrama resultante consiste na projeção da abóbada subdividida em zonas, cada zona apresenta um percentual que corresponde à contribuição relativa da parcela do céu sobre a iluminação total no ambiente interno.

$$\text{Potencial de iluminação do céu} = (F_{\text{zona}} / F_{\text{total}}) \times 100 \quad [\text{Eq. 02}]$$

F_{zona} = Fluxo luminoso fornecido por determinada zona da abóbada sobre o plano de análise

F_{total} = Fluxo luminoso total que chega ao plano de análise

O gráfico resultante do potencial de iluminação do céu sobre um plano no ambiente interno é similar ao gráfico das frequências (apresentado na figura 3). As parcelas com valores iguais a zero e em cor cinza representam áreas não visualizadas pelo ambiente interno e que, portanto, não contribuem diretamente na iluminação do mesmo, enquanto as parcelas com valores elevados, em vermelho, representam parcelas do céu de maior potencial de iluminação.

2.5 Comprovação da Hipótese da Janela de Céu Preferível

Com a definição da área denominada de Janela de Céu Preferível, a etapa seguinte consistiu na confirmação da hipótese de que essa porção do céu apresentaria maior contribuição na iluminação natural no ambiente interno. Essa etapa também foi realizada através de simulação computacional, utilizando modelos de ambiente interno e de obstrução do céu. Os modelos de ambiente interno permanecem aqueles já apresentados na Tabela 1. Os modelos de obstrução de céu consistem em: céu totalmente desobstruído, apenas região da Janela de Céu Preferível obstruída e apenas região da Janela de Céu Preferível desobstruída; com o objetivo de isolar a iluminação proveniente de determinadas parcelas da abóbada celeste. A performance da iluminação natural resultante no ambiente interno foi analisada utilizando-se a divisão da mesma em classes de iluminâncias: 0 a 100 lux, considerada insuficiente para iluminação do ambiente; 100 a 300 lux, denominada de inferior e considerada útil como fonte complementar; 300 a 800 lux, considerada suficiente; 800 a 2000, denominada de superior e passível de provocar ofuscamento, acima de 2000 lux, considerada excessiva.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados compreende os aspectos apresentados na metodologia: distribuição de luminâncias na abóbada, efeito de redução do cosseno do ângulo de incidência, frequência de visibilidade e potencial de iluminação da abóbada no ambiente interno, com a comprovação da hipótese da Janela de Céu Preferível.

3.1 Análise sobre a Distribuição de Luminâncias na Abóbada

O gráfico na Figura 4 representa a contribuição relativa de cada parcela sobre um plano horizontal. Pode-se observar que para um plano horizontal a área de maior contribuição é justamente aquelas próximas ao zênite, que equivalem a 2/3 dos valores encontrados no horizonte. Este comportamento é devido à elevada luminância desta região do céu, associada ao mínimo efeito de redução do cosseno do ângulo de incidência.

O gráfico da Figura 5 representa a abóbada dividida em 330 parcelas com contribuição relativa de cada zona sobre o plano vertical, por tratar-se de um plano vertical somente metade da abóbada é visualizada. Observa-se que as porções da abóbada de maior contribuição sobre o plano vertical estão localizadas entre 8,5° e 59,5° de altitude e azimute, ou melhor, diferença entre azimute da zona e do plano vertical considerado, de aproximadamente 45°, para a direita e esquerda.

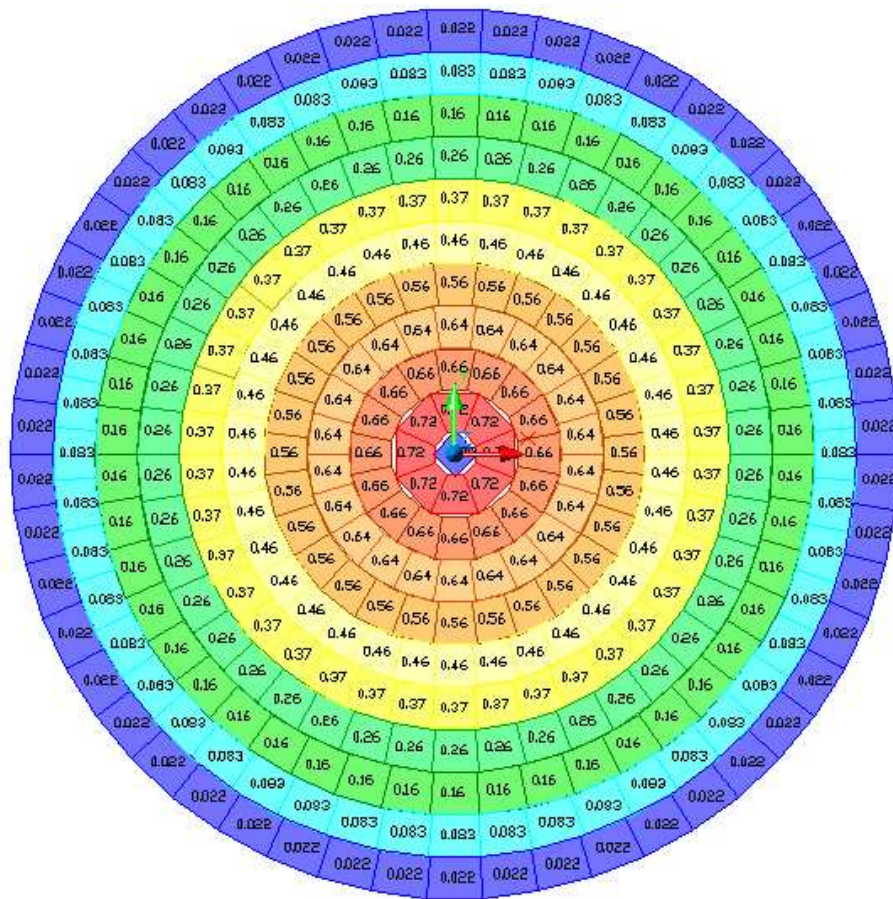


Figura 4 – Contribuição relativa sobre plano horizontal com a abóbada dividida em 333 zonas

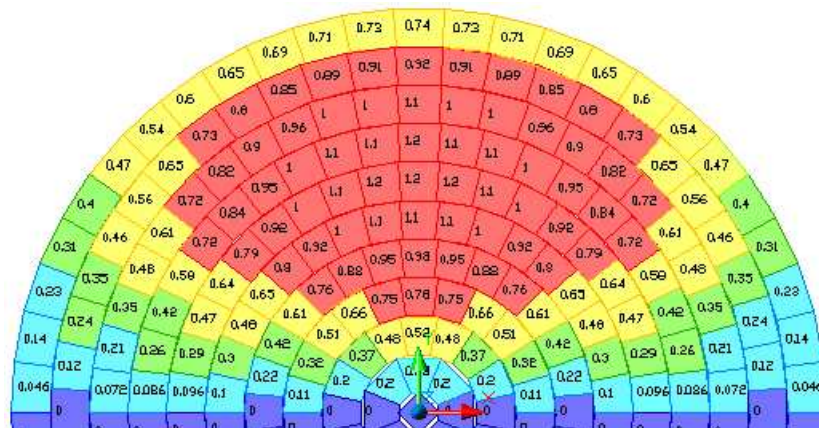


Figura 5 - Contribuição relativa sobre plano vertical com a abóbada dividida em 333 zonas

3.2 Análise do Efeito Coseno sobre o Ângulo de Incidência

A Figura 6 representa a curva do efeito coseno sobre o ângulo de inclinação da radiação incidente. Com o raio normal ao plano (0°), há total aproveitamento da radiação incidente. Com inclinação de até 45° há redução de 30%. O intervalo restante, de 45° a 90° , apresenta redução de 70%. Aplicando esse fenômeno à abóbada celeste, conclui-se que as zonas posicionadas com inclinação inferior a 45° em relação ao plano iluminado apresentam maior potencial de iluminação.

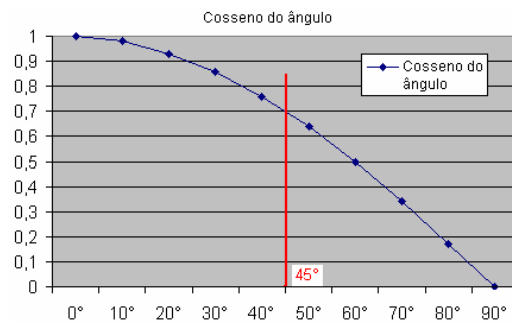


Figura 6 - Curva resultante do traçado do cosseno dos ângulos de 0° a 90°

3.3 Análise sobre a Frequência de Visibilidade do Céu no Ambiente Interno

O gráfico na Figura 7 representa a frequência com que determinadas zonas da abóbada celeste são visualizadas pelo ambiente interno. A abóbada foi dividida em 745 zonas e somente meio hemisfério é visualizado. Pode-se observar que as zonas da abóbada com maior frequência de visibilidade pelo ambiente interno são aquelas próximas do horizonte e próximas à normal da abertura.

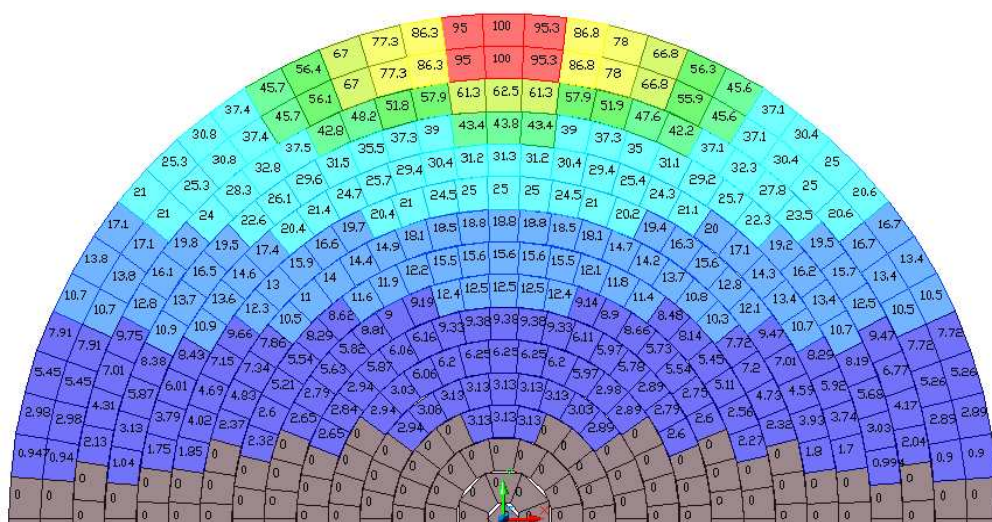


Figura 7 – Frequência de visibilidade da abóbada no ambiente interno 4x7,5 janela 1

Sobre os ambientes analisados conclui-se que as áreas de maior frequência localizam-se entre os ângulos verticais (altitude) de 0 até 25° e entre ângulos horizontais (azimutais) de +/- 50°. Também se observa que a partir de ângulos verticais de 70° a frequência é nula.

3.4 Análise do Potencial de Iluminação do Céu sobre um Plano no Ambiente Interno

O gráfico do potencial de iluminação do céu, sobre um plano no ambiente interno, apresentado na Figura 8 representa os principais resultados encontrados. Observa-se que as zonas da abóbada de maior contribuição na iluminação de um ambiente interno situam-se entre os ângulos de altitude de 5° a 58° e entre ângulos horizontais de no máximo 50°, à esquerda ou direita.

Retornando aos aspectos já analisados, destaca-se que no gráfico da contribuição relativa da abóbada sobre um plano horizontal (Fig. 4) as áreas de maior valor encontram-se próximas ao zênite, enquanto no gráfico da frequência de visibilidade do céu no ambiente interno (Fig. 7) as áreas de maior valor estão próximas à linha do horizonte. O gráfico do potencial de iluminação resulta do cruzamento dessas duas variáveis, conseqüentemente as zonas de maior potencial de iluminação localizam-se justamente em posição intermediária, com uma tendência para a linha do horizonte, onde se observa que a variável de maior influência é a frequência de visibilidade.

Na definição da área do Céu Preferível o gráfico de potencial de iluminação foi determinante, contudo dois outros aspectos foram considerados: 1) para os ângulos horizontais (ou azimutais) foi adotado o limite de +/- 45° devido à influência do efeito coseno; 2) para os ângulos verticais (altitude) o ângulo inferior de 15° foi adotado como limite ao considerar-se que usualmente essa altura apresenta-se obstruída devida ao entorno natural ou construído. Como resultado a área definida para o Céu Preferível apresenta limites horizontais de 45° à esquerda e 45° à direita e limites verticais de 15° inferior e 60° superior (Figura 8).

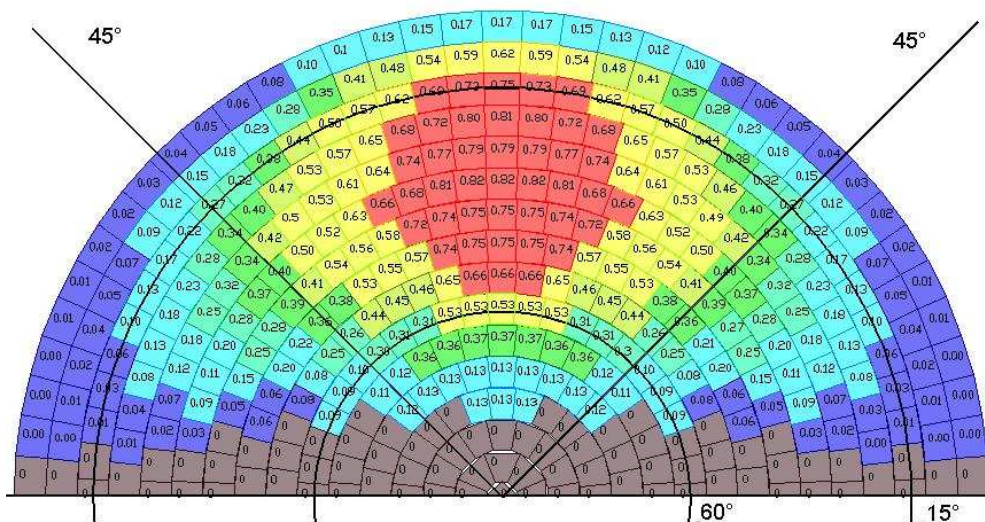


Figura 8 - Potencial de iluminação da abóbada celeste no ambiente interno 4x7,5 janela 1

A área proposta para o Céu Preferível apresenta um percentual de céu visível de aproximadamente 32%, enquanto a área remanescente, ou a área de céu não preferível, apresenta um percentual de céu visível de aproximadamente 68%.

3.5 Comprovação da Hipótese do Parâmetro Janela de Céu Preferível

As análises apresentadas a seguir resultam das simulações com os modelos de obstrução do céu e possibilitaram a comprovação da hipótese assumida. Os gráficos das Figuras 9, 10 e 11 permitem a comparação entre o desempenho da iluminação no ambiente interno obtida com o céu totalmente desobstruído, apenas com a Janela de Céu Preferível e apenas com a região do céu não preferível. A performance da iluminação no ambiente interno foi analisada através da classificação da iluminação em classes de iluminâncias: quanto maiores os valores nas classes inferior, suficiente e superior, maior possibilidade de aproveitamento da luz natural, portanto melhor desempenho da iluminação. Pode-se perceber que a iluminação proveniente da Janela de Céu Preferível é muito similar àquela obtida com o céu totalmente desobstruído, enquanto com o céu não preferível o comportamento da iluminação natural apresenta um desempenho nitidamente inferior.

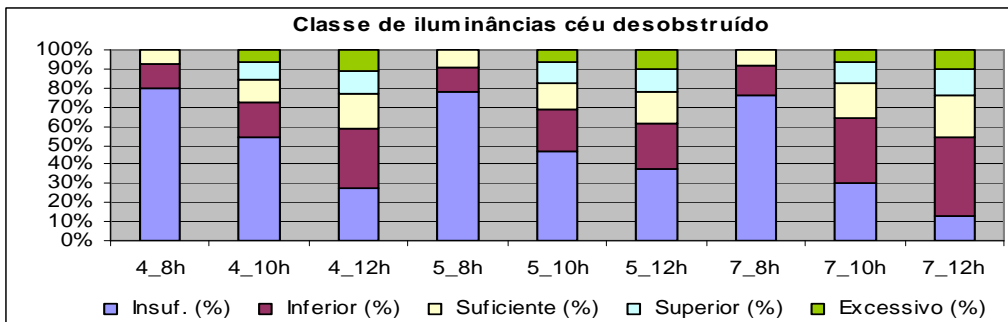


Figura 9 – Iluminâncias no ambiente interno obtida com o céu desobstruído

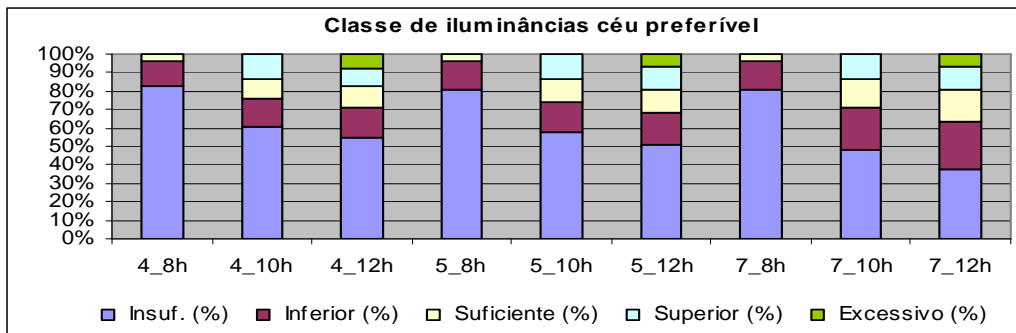


Figura 10 – Iluminâncias no ambiente interno obtida com a Janela de Céu Preferível

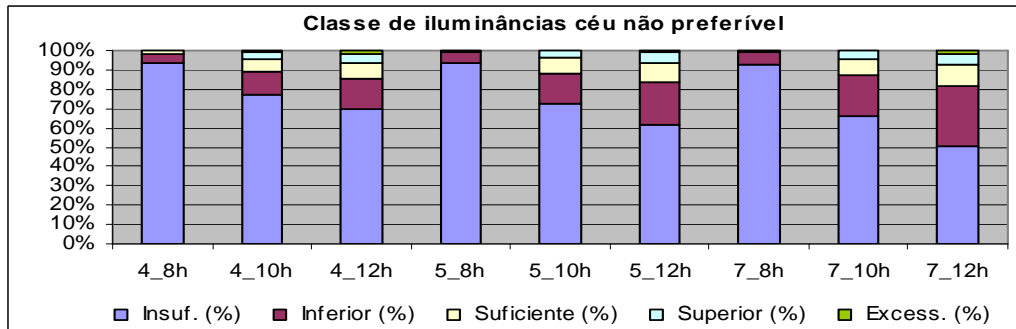


Figura 11 – Iluminâncias no ambiente interno obtida com o Céu não Preferível

No gráfico da Figura 12 as classes de iluminâncias (janela de céu preferível e céu não preferível) no intervalo de 100 a 2000 lux foram somadas e divididas pelo somatório encontrado na condição de céu desobstruído. Obtém-se a diferença percentual entre o céu desobstruído e as condições com a Janela de Céu Preferível e Céu não Preferível.

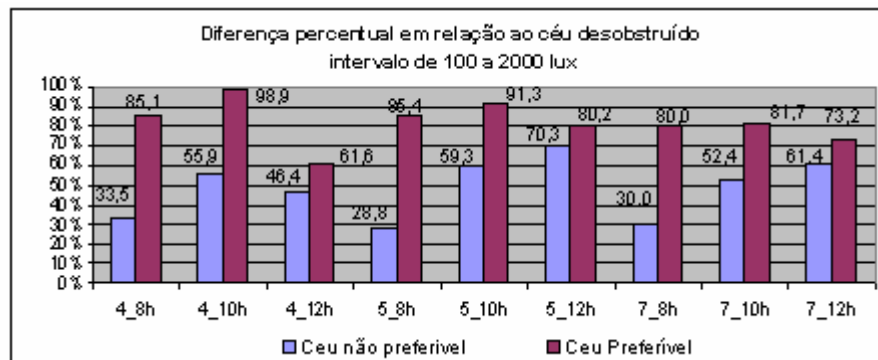


Figura 12 – Diferença percentual entre as classes de iluminâncias

Sobre o gráfico da figura 12 pode-se perceber que, principalmente no horário de 8:00 e 10:00 h, os valores obtidos com a Janela de Céu Preferível estão muito próximos de 100% daqueles com o céu desobstruído, enquanto os valores com o Céu não Preferível estão em torno de 50% ou menos. Somente no horário das 12:00 horas os valores obtidos com Céu Preferível e não Preferível se aproximam, entretanto ao observar o gráfico das Figuras 9 e 10 pode-se perceber que esse fato deve-se a ocorrência de iluminâncias acima de 2000 lux, tanto na condição de céu desobstruído quanto para Céu Preferível. É importante destacar que o percentual de céu visível com o Céu não Preferível é o dobro da área de céu visível obtido com a Janela de Céu Preferível, onde se pode concluir que o desempenho obtido com a Janela de Céu Preferível é significativamente superior àquele obtido com o Céu não Preferível.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho trata da proposição de um parâmetro de controle do acesso à luz natural no meio urbano que possa garantir ao ambiente interno um razoável aproveitamento da luz natural como fonte de iluminação. A caracterização desse parâmetro compreende três principais aspectos: i) a contribuição relativa de luz das diferentes parcelas da abóbada celeste, ii) o efeito redutor do cosseno do ângulo de incidência e iii) a frequência de visibilidade. A integração destes aspectos caracteriza o potencial de iluminação da abóbada celeste no ambiente interno. A análise sobre os aspectos relatados possibilitou a definição de uma região do céu, denominada de Janela de Céu Preferível. Posteriormente, foi feita a comprovação da hipótese de que esta região é efetivamente responsável por grande parte da iluminação natural no ambiente interno. A Janela de Céu Preferível, que equivale a aproximadamente 32% da área de céu visível, apresentou iluminância média de até 98% da iluminância obtida com céu desobstruído, enquanto a área de céu não preferível, que representa em torno de 68% da área de céu visível, apresenta valores de no máximo 70%.

Acredita-se que num contexto de crescente adensamento e verticalização dos centros urbanos, um parâmetro como a Janela de Céu Preferível apresente um grande potencial de uso em mecanismos de garantia de disponibilidade de luz natural aos edifícios, pressuposto imprescindível para que o arquiteto possa efetivamente definir estratégias de projeto arquitetônico que aproveitem este recurso natural.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT 15215-02:2003 (2003) Iluminação natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.
- CAPELUTO, G.I. (2003) The influence of the urban environment on the availability of the daylighting in office buildings in Israel. *Buildings and Environment*, London (Elsevier), v. 38, p.745-752.
- CLARO, Anderson. (1998) Modelo vetorial esférico para radiação aplicado à iluminação natural. Florianópolis, 177p. Tese (Doutorado em Eng. de produção e sistemas) – Pós graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. (1975) Iluminação Natural. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 776p.
- LITTLEFAIR, Paul J. (1991) Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice. Building Research Establishment report, Garston, 82 p.
- NG, E. (a) (2005) A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. In: International Building Performance Simulation Conference; 9, 2005, Montreal, Canadá. Anais... Montreal: IBPSA - International Building Performance Simulation Association, 2005, p.847-852.
- NG, E. (b) (2005) Towards better building and urban design in Hong Kong. In: International Conference Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, 2005, Santorini, Greece. Anais... Santorini: M. Santamouris, 2005, p.923-928.
- TREGENZA, P. (1993) Daylighting Algorithms. School of Architecture Studies University of Sheffield, 104p.
- ÜNVER, R.; Öztürk, L.; Adigüzel, S.; Çelik, Ö. (2003) Effect of the facade alternatives on the daylight illuminance in offices. *Energy and building*, London, v.35, p. 737-746.