

## PADRÕES DE OCUPAÇÃO URBANA E DISPONIBILIDADE DA LUZ NATURAL

**Solange M. Leder (1); Fernando O. R. Pereira (2); Letícia N. Moraes; Cecília C. Lenzi (3)**

(1) Prof. do Depto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba,

[solangeleder@yahoo.com.br](mailto:solangeleder@yahoo.com.br)

(2) Prof. do Depto de Arquitetura e Urbanismo LabCon/Arq da Universidade Federal de Santa Catarina,

[feco@arq.ufsc.br](mailto:feco@arq.ufsc.br)

(3) Bolsistas PIBIC do Curso de Arquitetura e Urbanismo LabCon/Arq da Universidade Federal de Santa Catarina

### RESUMO

A obstrução do céu em meios urbanos pode afetar a disponibilidade de luz natural e, conseqüentemente, o aproveitamento da iluminação natural no ambiente interno. Este estudo utiliza o parâmetro Janela de Céu Preferível para analisar a disponibilidade de luz natural em diferentes configurações de ocupação urbana com o objetivo de identificar padrões de ocupação urbana de menor impacto na disponibilidade da luz natural. O parâmetro Janela de Céu Preferível consiste na identificação de uma zona do céu limitada por ângulos de azimute e altitude, responsável por grande parte da iluminação no plano de trabalho de um ambiente interno. Os modelos de cenários em análise tem como base um volume fixo locado em uma área também constante, tendo como variáveis a taxa de ocupação e o gabarito. A simulação da luz natural e da Janela de Céu Preferível, nos cenários, foi realizada utilizando o programa Apolux. Os resultados apontaram a aplicabilidade do parâmetro na definição de regras de ocupação do meio urbano. Segundo o estudo, regras de ocupação do meio urbano podem ser estabelecidas, restringindo afastamento e gabarito das edificações, garantindo assim menor impacto na disponibilidade da luz natural, contudo, essas regras não podem ser estabelecidas sem considerar a morfologia urbana.

Palavras-chave: Disponibilidade da luz natural, planejamento urbano, simulação computacional.

### ABSTRACT

The urban environment can cause obstruction of the sky thereby affecting sunlight and daylight availability on the building fenestration and also further inside the building. This study uses the Preferable Sky Window (PSW) parameter to analyze daylighting availability in different urban scenarios with the objective to obtain some basic guidelines for daylighting access in urban environments. The PSW consists of a sky zone which identifies the sky section that has the greatest daylight potential in a horizontal plan located in the indoor environment. The scenarios with the most unobstructed PWS parameter were assumed to have the most daylight availability. The urban scenarios tested consisted of a fixed volume of buildings located in a pre-determined plot area. Daylighting simulation and PSW analyses were performed using Apolux code. According to this work, guidelines can be developed restricting building height and spacing in order to provide minimum standards of daylight availability. However, the same rules cannot be directly applied when the occupation pattern is not the same.

Keywords: Daylight availability, urban planning, computer simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da iluminação natural nas edificações tem um impacto positivo no conforto dos usuários, bem estar e produtividade. A substituição da luz artificial pela natural também pode resultar em economia de energia, reduzindo ainda picos de energia. Contudo, a obstrução do céu, resultante da ocupação urbana, pode reduzir significativamente a disponibilidade de luz natural, reduzindo assim o potencial de aproveitamento da iluminação natural no ambiente interno. Segundo Ünver et al. (2003) a obstrução do céu se caracteriza como uma das principais variáveis que influenciam no acesso à luz natural.

O controle da ocupação e aproveitamento do solo é o mecanismo que pode garantir condições mínimas de acesso à luz natural no meio urbano. A regulamentação urbana - que estabelece afastamentos, recuos e gabarito, também define o grau de obstrução do céu. Porém, essas regras não são concebidas considerando o impacto na disponibilidade da luz natural. Alguns estudos, como o de Hopkinson et al. (1966), podem ser citados onde o controle da ocupação e aproveitamento do solo urbano é baseado na garantia de acesso à luz natural no meio urbano. O autor propõe indicadores que controlam o afastamento e a altura das edificações. Outro exemplo, é a proposta desenvolvida por Ng (2004, 2005a, 2005b) para a cidade de Hong Kong, se destaca pelo controle da obstrução do céu em meios urbanos extremamente verticalizados.

O parâmetro Janela de Céu Preferível (LEDER, 2007a) foi proposto com o objetivo de suprimir a lacuna existente entre as regras de ocupação do meio urbano e a disponibilidade de luz natural. A definição do parâmetro consiste na identificação de uma zona do céu limitada por ângulos de azimute e altitude, responsável por grande parte da iluminação no plano de trabalho de um ambiente interno. Preservar total ou parcialmente a visão da Janela de Céu Preferível (JCP) pode garantir condições mínimas de iluminação natural no ambiente interno. A porção do céu definida para a JCP apresenta limites horizontais de 45° à esquerda e 45° à direita e limites verticais de 15° inferior e 60° superior. Essa parcela do céu corresponde a um percentual de céu visível de aproximadamente 32%, enquanto a área remanescente, ou a área de céu não preferível, apresenta percentual de céu visível de aproximadamente 68%. Estudo confrontando a obstrução da JCP e a performance da iluminação natural no ambiente interno apontou forte correlação entre essas duas variáveis (LEDER, 2007b).

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo identificar padrões de ocupação urbana de menor impacto na disponibilidade da luz natural, a partir da análise da luz natural em diferentes cenários urbanos.

## 3. MÉTODO

O trabalho consiste na simulação da luz natural em cenários urbanos e divide-se em duas etapas: construção dos cenários e análise da luz natural nos cenários, que estão detalhadas nos itens a seguir.

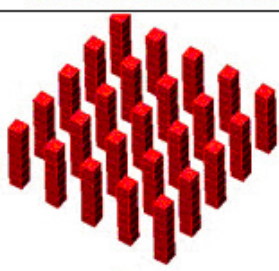
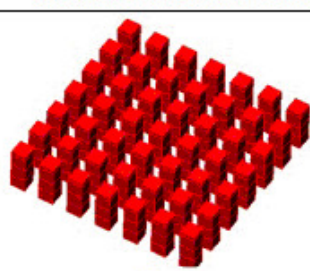
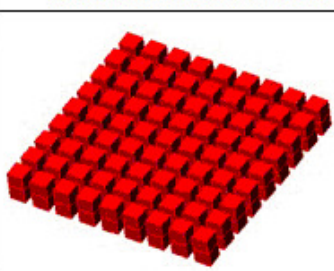
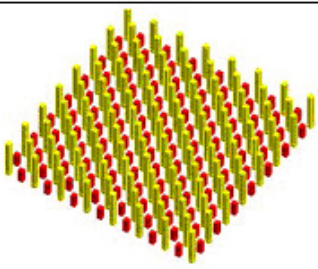
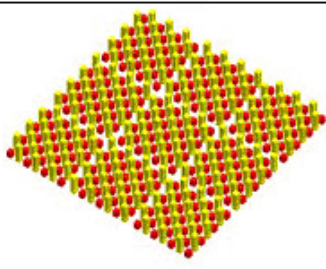
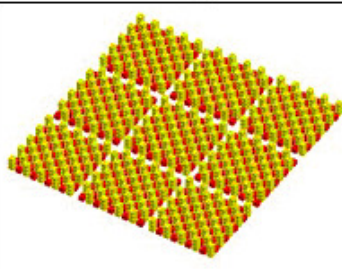
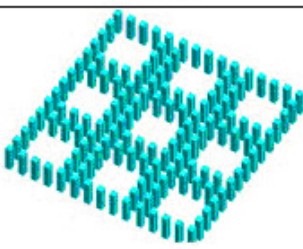
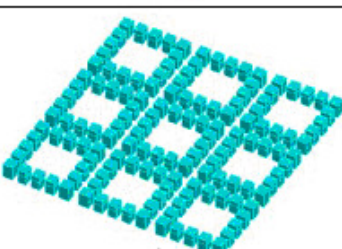
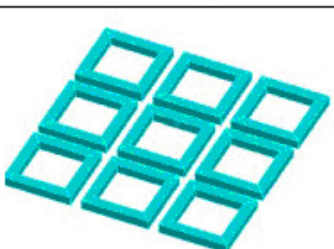
### 3.1. Cenários

Os cenários urbanos analisados foram construídos tendo como base a área do lote e o volume edificado constante, permitindo assim, a comparação entre diferentes cenários mantendo as referidas variáveis fixas. O lote possui área de 16.900 m<sup>2</sup>. O volume edificado possui 162.500 m<sup>3</sup>. Três diferentes taxas de ocupação do solo foram simuladas: 13%, 30% e 50%. A taxa de ocupação expressa a razão entre a área do lote ocupada ou edificada pela área total do lote. Inicialmente, três padrões de ocupação urbana foram analisados, denominados de cenário: Uniforme, Alternado e Miolo de quadra. Cada configuração urbana foi combinada com as três taxas de ocupação, resultando nos 9 cenários apresentados na Tabela 1.

No cenário uniforme a altura dos edifícios é de 65, 33 e 20 metros, para as taxas de ocupação 15%, 30% e 50%, respectivamente. O cenário alternado apresenta duas alturas de edifício, 97,5 e 32,5 metros, 49,5 e 16,5 metros e, finalmente, 30 e 10 metros para as taxas de ocupação 15%, 30% e 50%. O cenário miolo de quadra apresenta as edificações com altura de 63, 30,88 e 20 metros, considerando a taxa de ocupação de 15%, 30% e 50%, respectivamente.

Os modelos dos cenários são produzidos com o Autocad e exportados para o Apolux (CLARO, 2001), programa utilizado para a simulação da luz natural. A condição simulada reproduz a localização de Florianópolis – Brazil, latitude 27° 30' S e longitude 48° 30' W, ao meio dia – 12:00 h, condição de céu encoberto, solstício de inverno.

Tabela 1 - Modelos de cenários em análise

|                 | Taxa de ocupação 15%   | Taxa de ocupação 30%  | Taxa de ocupação 50%   |
|-----------------|--|---|--|
| Uniforme        |   |    |   |
| Alternado       |   |   |   |
| Miolo de quadra |  |  |  |

### 3.2. Análise da iluminação natural

A análise dos cenários compreende a análise da obstrução do céu e a análise da iluminação natural em um ambiente interno.

A análise sobre a obstrução do céu é realizada utilizando o parâmetro JCP, que identifica a parcela do céu de maior potencial de iluminação no ambiente interno. Quanto maior a obstrução da JCP, menor a disponibilidade da luz natural. O percentual de obstrução do JCP é calculado utilizando o método da projeção equidistante, realizado com o programa Apolux. O ponto de análise, a partir do qual o percentual de obstrução do JCP é calculado, se localiza no meio da fachada de um edifício localizado na posição mais central do cenário e a dois metros de altura.

Após essa etapa, os cenários de menor obstrução da JCP recebem um modelo de ambiente interno e a simulação da iluminação natural é realizada. Além disso, um quarto cenário é modelado, agregando as características positivas dos cenários com menor obstrução da JCP.

O modelo de ambiente interno é inserido no mesmo edifício, a partir do qual a obstrução da JCP foi calculada, localizado na posição mais central do cenário. Esse ambiente apresenta dimensões de: 4.0 x 4.0 x 3.0 metros (largura, profundidade e altura). O ambiente não possui mobiliário e as superfícies internas seguem a recomendação de refletância da DIN 5034 (1983), 70% para o forro, 50% nas paredes, e 20% para o piso. O plano de análise interno está localizado a um metro de altura, mesma altura do peitoril da abertura. A área da abertura é 1/6 da área do ambiente. A variável de análise da iluminação interna é a iluminância, tendo como base a NBR 5413 (1991). A norma apresenta os níveis de iluminância requeridos por cada classe de tarefa visual, da qual obtém-se os valores de iluminância média mínima ( $E_m$ ) recomendada para as funções de dormitório, de 100 lux. Esse valor originou os intervalos de iluminância utilizados na análise (PEREIRA et al., 2008) e apresentados na Tabela 2. A definição destas regiões, de intervalos de iluminâncias, refere-se à recomendação de que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não deve ser inferior a 70% da relativa  $E_m$ . Assim, a classificação utilizada adota o valor de 70%  $E_m$  como limite mínimo do intervalo classificado como insuficiente. A região classificada como suficiente engloba intervalos de iluminância compreendidos entre 70%  $E_m$  e 130%  $E_m$  e, deste último, até 1000lux - zona de transição superior. Os valores superiores a 1000 lux são considerados excessivos, podendo ocasionar ofuscamento nos usuários, excesso de ganho de calor e consequente aumento do consumo de energia.

Tabela 2 - Classificação da iluminação por intervalos

| Classificação | Intervalo de iluminâncias |
|---------------|---------------------------|
| Insuficiente  | < 20 lux                  |
|               | 20 lux - 70 lux           |
| Suficiente    | 70 lux - 130 lux          |
|               | 130 lux - 1000 lux        |
| Excessiva     | > 1000 lux                |

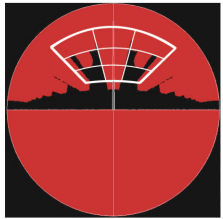
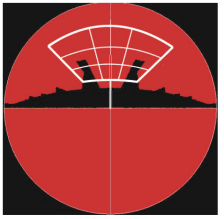
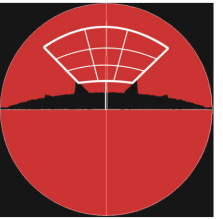
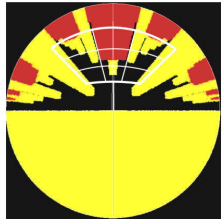
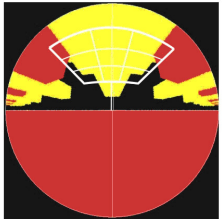
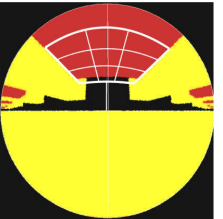
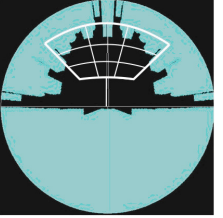
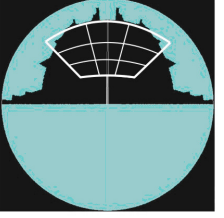
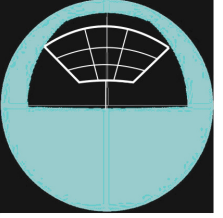
Os resultados obtidos com a simulação da luz natural são apresentados em forma de curvas isolux, permitindo também a visualização da distribuição das iluminâncias. A iluminância externa utilizada para o cálculo da iluminância interna, é determinada considerando a frequência de ocorrência de iluminação difusa na cidade de Florianópolis (SOUZA, 2004). O valor escolhido, de 10 Klux, corresponde a uma probabilidade de ocorrência de 60% no período do inverno.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos com a análise sobre a obstrução do céu nos cenários estão apresentados na Tabela 3. Os cenários, Uniforme, Alternado e Miolo de quadra, estão ordenados segundo a taxa de ocupação: 15%, 30% e 50%. A variável em análise é o percentual de obstrução da JCP, apresentado abaixo de cada figura. As imagens, apresentadas na Tabela 3, consistem na projeção da abóbada para cada cenário, destacando a porção da JCP. Somente metade da abóbada é visualizada, já que o ponto se encontra sobre a fachada do edifício.

O cenário Miolo de quadra apresenta a menor obstrução do JCP. O percentual da JCP não obstruído é de 72%, 96,5% e 100%, para a taxa de ocupação com 15%, 30% e 50%, respectivamente. Seguido pelo cenário Alternado, que apresentou desobstrução da JCP de 52%, 24% e 4%, considerando a taxa de ocupação de 15%, 30% e 50%. O cenário Uniforme é o mais desfavorável, apresentado obstrução da JCP de 22,4%, 9%, e 0%, para a taxa de ocupação 15%, 30% e 50%.

Tabela 3 - Percentual de obstrução da JCP nos cenários urbanos

|                 | Taxa de ocupação 15%   | Taxa de ocupação 30%   | Taxa de ocupação 50%  |
|-----------------|--|--|---|
| Uniforme        | <br>22,4% | <br>9%    | <br>0    |
| Alternado       | <br>52%   | <br>24%   | <br>4%   |
| Miolo de quadra | <br>72%   | <br>96,5% | <br>100% |

É importante destacar que cada cenário possui a mesma área de lote e o mesmo volume edificado, variando a geometria e a taxa de ocupação do lote, que implica em diferentes situações de afastamento entre as edificações e o gabarito. As combinações apresentaram uma distinta correlação entre a obstrução da JCP e a taxa de ocupação do lote. Por exemplo, para o cenário Alternado, o aumento da taxa de ocupação do lote, resulta em maior obstrução da JCP. No cenário Miolo de quadra ocorre exatamente o oposto, o aumento da taxa de ocupação do lote, resulta em menor obstrução da JCP.

O cenário Uniforme apresentou maior obstrução da JCP, sugerindo que a configuração urbana com geometria uniforme não é favorável à disponibilidade da luz natural. Os cenários com geometria não uniforme, por sua vez, apresentam menor obstrução da JCP, o que sugere a variabilidade na geometria, como uma alternativa para as regras de ocupação, de menor impacto na disponibilidade da luz natural.

Após a análise sobre a obstrução da JCP um quarto cenário foi modelado, com objetivo de agregar as características positivas dos cenários que apresentaram melhor performance com a JCP. O cenário Misto resulta da união do cenário Alternado e Miolo de quadra, ver Figura 1. O cenário Misto foi modelado com o dobro do volume dos cenários anteriores. As edificações apresentam alturas de 94,5 e 31,5 metros, 48 and 16 metros, 28,68 e 9,56 metros para as taxas de ocupação de 15%, 30% e 50% respectivamente.

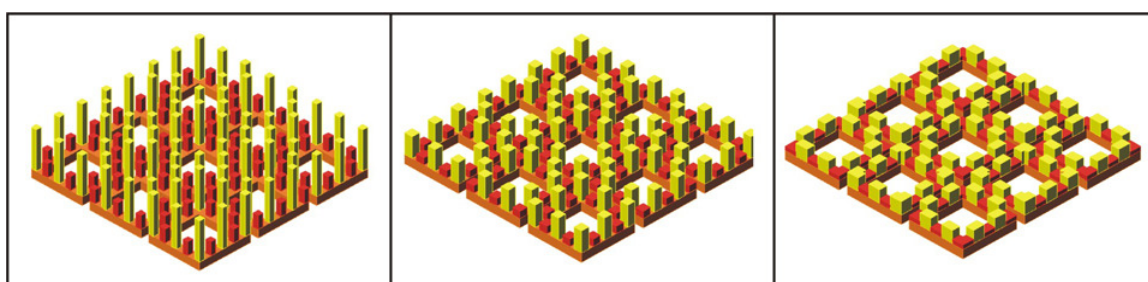


Figura 1 - Cenário Misto com as taxas de ocupação de 15%, 30% e 50%

A iluminação natural no ambiente interno foi simulada com os cenários Misto, Alternado e Miolo de quadra. Os resultados estão apresentados a seguir. O plano de análise está localizado a um metro de altura, no ambiente interno. A classificação da iluminância segue o método descrito na Tabela 2. A cor cinza representa a iluminância classificada como insuficiente, a cor vermelha corresponde ao intervalo considerado suficiente e a cor azul representa o intervalo considerado excessivo.

O cenário miolo de quadra apresentou a melhor performance, na análise da iluminação natural no ambiente interno, ver gráfico com iluminâncias na Figura 2. A área, sobre o plano de análise, com iluminância no intervalo suficiente é de 74,6%, 85,7% e 77,8% para as taxas de ocupação de 15%, 30% e 50%, respectivamente.

### Cenário Miolo de quadra

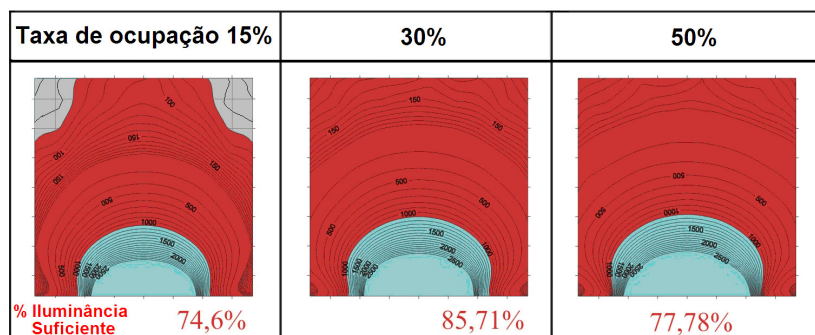


Figura 2 - Iluminância no ambiente interno com o cenário Miolo de quadra

O cenário Misto apresentou a segunda melhor performance da iluminação natural, os resultados obtidos estão apresentados na Figura 3. O percentual do plano de análise com iluminância considerada suficiente é 60,3%, 66,7%, e 69,8% para as respectivas taxas de ocupação de 15%, 30 %, e 50%. É importante destacar que o volume edificado no cenário Misto é o dobro do volume utilizado nos outros

cenários, o que sugere uma condição de disponibilidade à luz maior que aquela encontrada nos outros cenários em análise. No cenário Misto, assim como no cenário Miolo de quadra, quanto maior a taxa de ocupação, melhor a performance da luz natural.

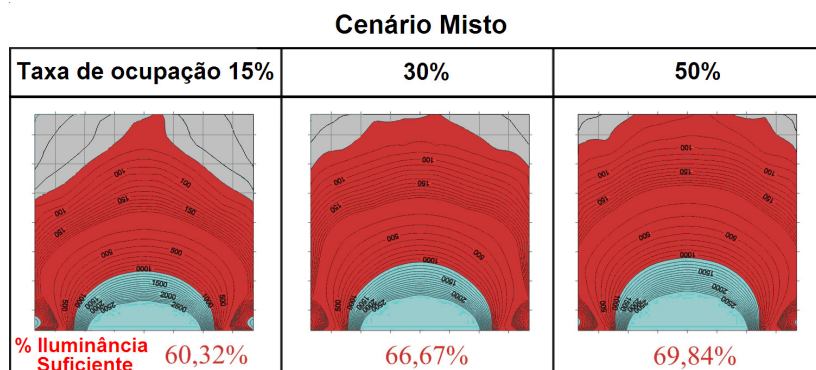


Figura 3 - Iluminância no ambiente interno com o cenário Misto

O cenário Alternado apresentou a pior performance. Os resultados estão apresentados na Figura 4. O percentual do plano de análise com iluminância no intervalo suficiente é 37,37%, 36,51% e 20,63%, respectivamente, para as taxas de ocupação: 15%, 30% e 50. Ao contrário dos cenários Misto e Miolo de quadra, no cenário Alternado quanto maior a taxa de ocupação, pior a performance da luz natural.

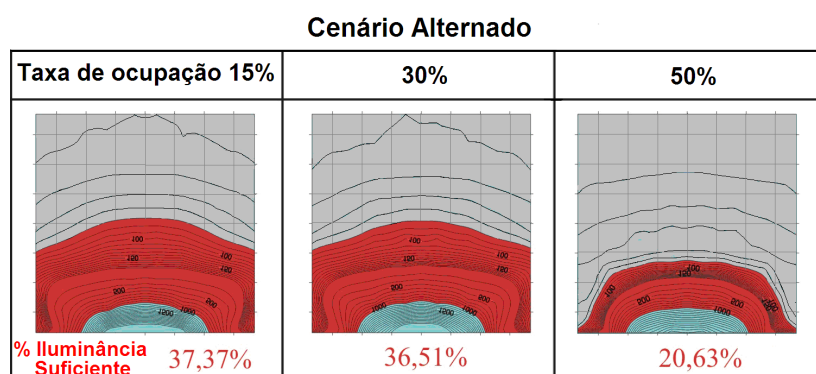


Figura 5– Iluminância no ambiente interno com o cenário Alternado

A análise sobre os resultados obtidos, com a simulação da luz natural no ambiente interno, confirma a hipótese da influência da JCP na performance da iluminação natural, a condição de menor obstrução da JCP apresenta melhor performance da iluminação natural.

No cenário Alternado, assim como no cenário Uniforme, o aumento da taxa de ocupação resulta no aumento da obstrução da JCP, conseqüentemente, na redução do potencial de iluminação no ambiente interno. A distribuição da ocupação no lote, para esses cenários, é uniforme. Para esse estudo, onde o volume edificado manteve-se constante, aumentar a taxa de ocupação resulta na diminuição do espaçamento entre os edifícios. Sendo assim, pode-se concluir que, para esse padrão de ocupação urbana, reduzir o espaçamento entre as edificações tem maior impacto na disponibilidade de luz natural que o gabarito. Por outro lado, com o cenário Misto e Miolo de quadra, o aumento da taxa de ocupação resulta em maior disponibilidade da luz natural. Para esses cenários, com ocupação do lote não uniforme, o aumento da taxa de ocupação resulta na redução da altura dos edifícios. Pode-se afirmar que, para um padrão não uniforme de ocupação do lote, o gabarito das edificações apresenta maior impacto na disponibilidade da luz natural.

O ponto de análise está localizado sobre a fachada do edifício mais centralizado no cenário, verifica-se que, para os cenários com a ocupação uniforme sobre o lote, a localização do ponto de análise é adequada. Contudo, para os cenários com a ocupação não uniforme, seria necessário a utilização de um segundo ponto de análise, já que o ponto escolhido não caracteriza a situação mais crítica e esses cenários apresentam condições distintas de obstrução do céu.

## 5. CONCLUSÕES

O aumento da obstrução do céu é uma das consequências do crescente adensamento urbano. A obstrução do céu afeta negativamente a disponibilidade de luz natural no meio exterior e, conseqüentemente, no ambiente interno, reduzindo o potencial de aproveitamento da iluminação natural. O trabalho apresentado analisa cenários urbanos com objetivo de identificar padrões de ocupação mais favoráveis à disponibilidade da luz natural, tendo como base a utilização do parâmetro JCP. Os cenários analisados foram implantados sobre uma área constante e tendo um volume construído também constante, as variáveis, nos diferentes cenários analisados, são: a taxa de ocupação no lote e a geometria do cenário. A iluminação natural foi simulada utilizando o programa Apolux.

Com os resultados foi possível observar o impacto dos padrões de configuração urbana, em análise neste trabalho, sobre a disponibilidade da luz natural. Nos cenários com distribuição uniforme da ocupação no lote, ou seja blocos uniformemente distribuídos, o aumento da taxa de ocupação resulta no aumento da obstrução da JCP. O aumento da obstrução da JCP significa redução na disponibilidade da luz natural. Para esse padrão de ocupação, mantendo-se o volume edificado constante, o aumento da taxa de ocupação resulta na diminuição do espaçamento entre os edifícios. Neste caso, reduzir o espaçamento entre as edificações tem maior impacto na disponibilidade de luz natural que o gabarito.

Nos cenários com ocupação não uniforme no lote, ou seja apresentando a ocupação em blocos concentrados, o aumento da taxa de ocupação resulta em menor obstrução da JCP. Para esses cenários, o aumento da taxa de ocupação resulta na redução da altura dos edifícios. Pode-se afirmar que, para um padrão não uniforme de ocupação do lote, o gabarito das edificações apresenta maior impacto na disponibilidade da luz natural.

O afastamento entre as edificações e o gabarito são variáveis associadas à densidade urbana e a conseqüente obstrução do céu, contudo, verifica-se com esse trabalho que, diferentes padrões de ocupação urbana requerem tratamento diferenciado em relação a essas variáveis.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1991.
- CLARO, A., PEREIRA, F. O. R. Luz solar: prototype for the study of daylight in architecture and urbanism. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Florianópolis, Brazil, 2001.
- DIN 5034 - Part 1 (1983). Daylight in Interiors; General requirements. Deutche Industrie Norm
- HOPKINSON, R., PETHERBRIDGE, P., LONGMORE, J. **Iluminação Natural**, 776p, 1966.
- NG, E., WONG, N. Better daylight and natural ventilation by design. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Eindhoven, Netherlands, 2004. **Anais...** Eindhoven, PLEA 2004.
- NG, E. Studies on Daylight Design of High Density Residential Housing in Hong Kong. **International Journal of Lighting Research and Technology**, v. 35: p.127-140, 2005.
- NG, E. 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. Montreal, Canadá, 2005. **Anais...** Montreal, Canadá, 2005.
- LEDER, S. M. Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural. Florianópolis, 240 pg. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.
- LEDER, S. M., PEREIRA, F. O. R., CLARO, A. Preferable sky window: a new parameter to correlate sky obstruction and indoor daylighting performance. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Singapore, 2007.
- PEREIRA, F. O. R., LEDER, S. M., MORAES, L. N., LENZI, C. Analysis of urban occupation x daylighting availability using the preferable sky window parameter. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Dublin, Ireland, 2008.
- SOUZA, R. V. G.; PEREIRA, F. O. R.. Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento. **Ambiente Construído**, v.4, n. 3, p 79-94, Porto Alegre, jul.-set., 2004.
- ÜNVER, R., ÖZTURK, L., ADIGUZEL, S., ÇELIK, Ö. Effect of the facade alternatives on the daylight illuminance in offices. **Energy and building**, v. 35, p. 737-746, 2003.