

EXPERIMENTANDO A LUZ NATURAL ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Fernando O. R. Pereira; Veridiana Atanásio; Alice T. C. Pereira(1) & Anderson Claro

Universidade Federal de Santa Catarina – CTC – Dept^o de Arquitetura e Urbanismo

Laboratório de Conforto Ambiental, Florianópolis, SC, Brasil F: 55 (48) 331 7080

(1) HIPERLAB - Dept^o de Expressão Gráfica – CCE - UFSC

e-mail: feco@arq.ufsc.br

RESUMO

A luz natural pode ser considerada como um fator de geração de formas na arquitetura e, por esta razão, ela assume significativa importância. Entretanto, poucos estudos e medições têm sido realizados a respeito do verdadeiro caráter da iluminação natural, em especial, numa grande parte dos paradigmas reverenciados. A simulação numérica através de programas computacionais é uma alternativa bastante adequada para a análise de ambientes. O principal objetivo deste estudo é o de proporcionar um caminho para o entendimento de como a luz natural pode ser manipulada (admissão e propagação) no interior da edificação e de possibilitar a identificação das causas dos efeitos visuais percebidos, tais como, brilho, sombras, uniformidade, contraste, etc. O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: (i) seleção de um conjunto de edificações que apresentam características relevantes em termos de controle e manipulação da luz natural; (ii) confecção do modelo virtual (3D) das edificações selecionadas; (iii) desenvolvimento da simulação computacional, e (iv) avaliação e apresentação dos resultados. A análise apresentada neste artigo trata da Biblioteca de Seinajöki, projetada por Alvar Aalto; que apresenta um caráter único quanto à admissão e distribuição da luz natural. A modelagem foi feita no Autocad R14 e a simulação da iluminação foi realizada através do programa Lightscape Visualization System 3.2. Os resultados obtidos mostram o potencial do método proposto.

ABSTRACT

Daylight can be assumed as a formgiver for architecture, and for this reason is significantly important. However, very few evaluations and measurements about the true character of illumination in historic buildings have been developed. Numerical simulation using computer programs is a very adequate alternative for lighting analysis. The main objective of this study is to offer an understanding of the way daylight can be manipulated (penetration and propagation) in a building, and to assess the causes of the effects which can be perceived: brightness, shadows, uniformity, contrast, etc. The work has been developed in four stages: (i) selection of buildings which present relevant characteristics in terms of daylight control and manipulation; (ii) construction of the virtual model (3D) of the selected buildings; (iii) development of the computer simulation, and (iv) results evaluation. The building already evaluated is the Seinajöki Library, designed by Alvar Aalto; it shows a unique character regarding daylight admission and distribution. Modeling was done with Autocad R14, and the lighting simulation was performed with Lightscape Visualization System 3.2. The preliminary obtained results show the potential of the proposed method.

1. INTRODUÇÃO

A luz natural pode ser considerada como um fator de geração de formas na arquitetura e, por esta razão, ela assume significativa importância.

O projetista necessita ter um conhecimento bastante razoável sobre o comportamento da luz, caso ele busque obter o máximo dos benefícios possíveis através do aproveitamento da luz natural. O importante é ter uma boa estimativa dos efeitos que decisões associadas ao correto agenciamento da luz natural tem sobre o projeto arquitetônico como um todo (BAKER et al, 1993).

LAM (1986) enfatiza que a diferença entre a verdadeira arquitetura e uma simples edificação pode ser medida através da habilidade do projetista em controlar e manipular a luz natural. Tais habilidades e conhecimento sobre o bom projeto de iluminação natural tem um longo e conhecido passado na história da arquitetura.

Arquitetos internacionalmente conhecidos dedicaram grande consideração ao uso adequado da luz natural. Muitas edificações projetadas por Le Corbusier, Louis Kahn, F.L. Wright, Alvar Aalto, Tadao Ando, e muitos outros, apresentam engenhosas soluções para a admissão da luz natural.

Entretanto, muito poucos estudos e medições têm sido realizados a respeito do verdadeiro caráter da iluminação natural em prédios históricos, em especial, numa grande parte dos paradigmas reverenciados. Este fato produz um resultado contraproducente com dois aspectos distintos: a qualidade dos efeitos da iluminação natural não pode ser transmitida e os benefícios acabam não sendo realizados em novas edificações. Monitorar a iluminação natural numa edificação em uso não é uma tarefa fácil, variações horárias, sazonais e atmosféricas afetam significativamente a disponibilidade da luz natural. A simulação numérica através de programas computacionais é uma alternativa bastante adequada para a análise de ambientes (FONTOYNONT, 1999 & HOUSER et al, 1999).

O principal objetivo deste estudo é o de proporcionar um caminho para o entendimento de como a luz natural pode ser manipulada (admissão e propagação) no interior da edificação e de possibilitar a identificação das causas dos efeitos visuais percebidos, tais como, brilho, sombras, uniformidade, contraste, etc. O principal meio para atingir este objetivo é o desenvolvimento de simulações computacionais e análises do comportamento da luz natural em edificações que apresentam algum interesse na forma em que são iluminadas pela luz natural. Complementarmente, com o intuito de possibilitar experiência visual, são produzidos arquivos VRML (Virtual Rendered Modelling Language) a partir dos modelos 3D renderizados. Desta forma, o trabalho foi desenvolvido em quatro etapas: (i) seleção de um conjunto de edificações que apresentam características relevantes em termos de controle e manipulação da luz natural; (ii) confecção do modelo virtual (3D) das edificações selecionadas; (iii) desenvolvimento da simulação computacional, e (iv) avaliação e apresentação dos resultados.

Num primeiro momento, procedeu-se a seleção de um conjunto de edifícios relevantes, existentes ou não, que apresentassem características especiais em relação à captação e manipulação da luz natural. De um conjunto de 15 edificações selecionadas inicialmente, 6 foram escolhidas para um estudo mais detalhado devido a suas características do ponto de vista dos componentes de iluminação natural,

A edificação escolhida para ter seus resultados apresentados neste artigo foi a Biblioteca de Seinäjoki, projetada pelo arquiteto finlandês, Alvar Aalto. Suas bibliotecas são cheias de soluções muito engenhosas e inteligentes para a admissão, controle e distribuição da luz natural (A+U, 1983).

2. SOBRE A BIBLIOTECA

A Biblioteca de Seinäjoki foi inaugurada em 1965 na cidade de Seinäjoki, no interior da Finlândia.

As simulações e análises foram desenvolvidas no ambiente principal de leitura, que apresenta quatro áreas de atividades visuais distintas: a bancada de leitura, a área de leitura rebaixada, as prateleiras de livros e a bancada de controle (ver Fig. 1). A área principal possui uma forma de leque, criando um foco espacial muito marcante e proporcionando uma distribuição da luz natural bastante efetiva (ver Fig. 2).

A luz natural é admitida através de grandes e elevadas aberturas voltadas ao Sul; aberturas estas que têm vidros transparentes, com venezianas horizontais externas brancas, dispostas com um ângulo de perfil de 45°. Luz proveniente de ângulos maiores que este é admitida somente após uma ou duas reflexões nas lâminas da veneziana. O resultado é uma iluminação generosa e uniforme, com reduzida probabilidade de ocorrência de ofuscamento.

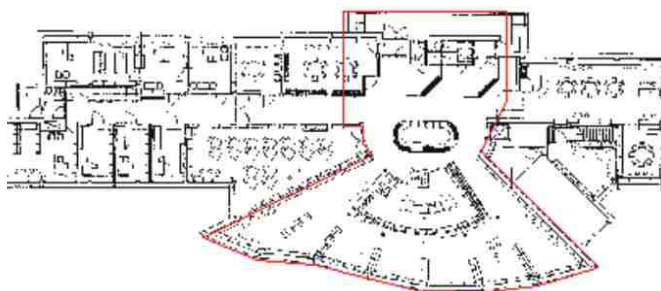


Figura 1: Planta da biblioteca com a delimitação da área estudada (Fonte: MOORE, 1991).

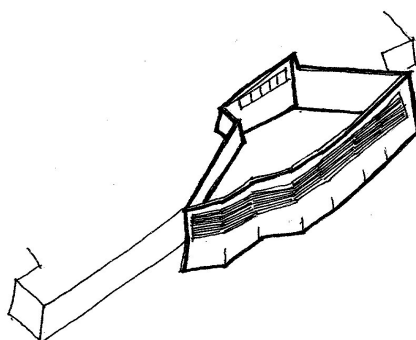


Figura 2: Detalhe esquemático da planta em forma de leque, com janelas elevadas voltadas ao Sul e aberturas zenitais tipo "clerestory" (acima do plano médio do teto).

A luz da abóbada celeste e direta do sol (no inverno) proveniente de ângulos menores que 45°, são admitidas diretamente através das lâminas da veneziana e atingem uma enorme superfície refletora curva ("lightscoop"). Esta porção curva do forro torna-se a principal fonte de luz na área das prateleiras dos livros (ver Fig. 3).



Figura 3: Interior da biblioteca mostrando o forro curvo que reflete e distribui a luz natural na área das prateleiras (Fonte: <http://www.jkl.fi/aalto/>).

A área de leitura rebaixada, detalhe freqüentemente empregado por Aalto para criar um foco espacial, localizada no centro da principal área de leitura da biblioteca, recebe luz indireta das janelas altas da fachada Sul e da abertura zenital voltada ao Norte, proporcionando ao leitor um campo visual com

reduzida ocorrência de ofuscamento. Informações mais detalhadas sobre esta e outras bibliotecas de Alvar Aalto podem ser encontradas em A+U (1983), MOORE (1991) e MILLET (1996).

3. MODELAGEM E SIMULAÇÕES

A modelagem foi realizada com o programa AutoCAD 2000, usando as primitivas *solid* e *surfaces*. As dimensões corretas foram obtidas em diversas fontes (A+U, 1983; MOORE, 1991), incluindo a Fundação Aalto, na Finlândia.

O modelo foi importado para o programa de análise de iluminação Lightscape 3.2. No estágio de Preparação (arquivo de preparação, lp), as propriedades dos materiais, tais como, refletância, transmitância, cor e textura, são definidas.

No estágio da Solução (arquivo de solução, ls), as datas, horário e condições de céu são então definidos (ver na Tabela 1).

Tabela 1: Configuração das simulações

Data	Horário (h)			Condições do céu
	9:00	12:00	15:00	
Solstício de Verão (Dezembro)	9:00	12:00	15:00	Claro
Solstício de Inverno (Junho)	---	12:00	---	Claro
Equinócio (Mar/Set)	9:00	12:00	15:00	Claro
Equinócio (Mar/Sept)	---	12:00	---	Encoberto

As durações das simulações podem variar de acordo com a complexidade do modelo e resolução da malha, que pode ser ajustada pelo usuário. A convergência final foi alcançada com durações entre 14 e 48 horas.

Algumas imagens renderizadas são mostradas nas Figuras 4, 5 e 6, como segue:



Figura 4: Verão, 15:00 h, céu claro.



Figura 5: Verão, meio-dia, céu claro.



Figura 6: Equinócio, meio-dia, céu encoberto.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Duas simulações foram escolhidas para serem aqui apresentadas e analisadas em maior detalhe:

- Solstício de Verão – 15:00 h – céu claro (com a maior Iluminância Horizontal Externa, 82681,30 lux). A análise foi feita através de zoneamento *isolux*.
- Equinócio – meio-dia – céu encoberto. Esta análise foi feita com o Fator de Luz Diurna (FLD).

Solstício de Verão – 15:00 h – céu claro

O programa Lightscape possibilita a análise das condições de iluminação através de zoneamento *isolux* e fornece os valores de iluminâncias numa malha que pode ser definida pelo usuário. Para análises mais detalhadas, valores foram coletados e usados para produzir gráficos 3D para facilitar a visualização do comportamento da luz natural (ver Fig. 7 a 12).

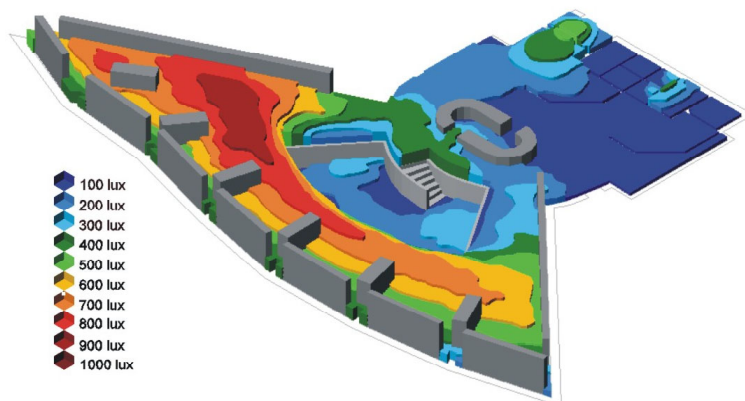


Figura 7: Isométrica com contornos *isolux*.

Analisando o gráfico da Fig. 7 pode-se notar que, diferentemente da clássica distribuição das iluminâncias para sistemas laterais de iluminação natural, altos níveis junto à abertura e um forte gradiente na direção da parede oposta, o resultado encontrado foi uma distribuição de luz muito similar a de sistemas zenitais. O comportamento da luz é certamente devido ao inteligente artifício da planta em forma de leque, posicionamento e dimensionamento adequado das aberturas e possibilidade de ajuste de inclinação das persianas externas, que direcionam a luz da abóbada e redirecionam a luz direta do sol para o forro curvo, que então espalha luz natural sobre toda a área das prateleiras dos livros e parte da área de leitura rebaixada. A distribuição da luz natural é tão eficaz que ambas as superfícies, horizontais e verticais, são suficiente e uniformemente iluminadas. Percebe-se também o benefício em termos de redução de ocorrência de ofuscamento pois as superfícies mais brilhantes ficam bem afastadas das direções de visão dos usuários. O pico de iluminância na porção esquerda é devido a geometria solar.

Quantitativamente, os planos de trabalho horizontais, balcões, próximos às aberturas e ao redor da área rebaixada (que acompanha o contorno do forro curvo), são muito bem iluminados. Nas mesas da área de leitura rebaixada os níveis de iluminação situam-se entre 500 a 700 lux, indicando que, embora elas estejam localizadas num nível mais baixo, as aberturas elevadas são capazes de proporcionar luz natural suficiente para aquela porção do ambiente interno (ver Fig. 8).

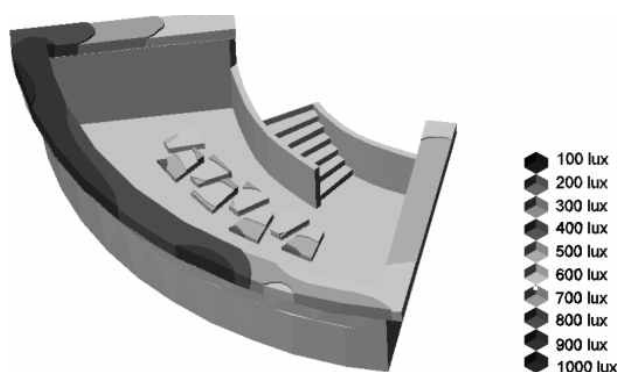


Figura 8: Planta isométrica com contornos *isolux* da área de leitura rebaixada.

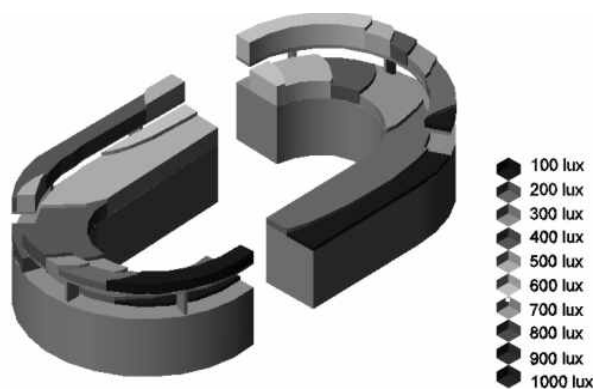


Figura 9: Planta isométrica com contornos *isolux* da área do balcão de controle.

O gráfico da Fig. 9 mostra que o balcão de controle é também bem iluminado pela abertura alta voltada para o Norte.

Equinócio – meio-dia – céu encoberto

Em condições de céu encoberto, os resultados gráficos mostram uma distribuição de iluminâncias bastante similar à distribuição com céu claro na maior parte da área principal de leitura. Na área com FLD de 2,5% identifica-se uma clara influência da luz natural admitida pelas aberturas altas e refletida no forro curvo, garantindo níveis de iluminação satisfatórios em toda a área de leitura. Um valor de 2 % para o FLD é atingido na maior parte da área das prateleiras de livros, como pode ver verificado na Fig. 10.

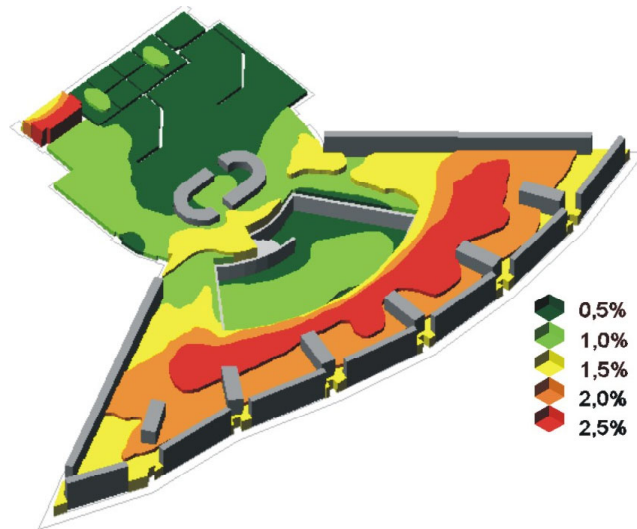


Figura 10: Isométrica geral com zoneamento de FLD.

De modo geral, com relação aos planos de trabalho, observa-se uma predominância de um FLD médio de 2%. No balcão de controle existe uma variação maior, apresentando valores desde 1% até 3%. Também fica identifica-se claramente a existência de duas zonas distintas, uma sob a abertura elevada voltada ao Norte e outra zona voltada para a área de leitura (ver Fig. 11).

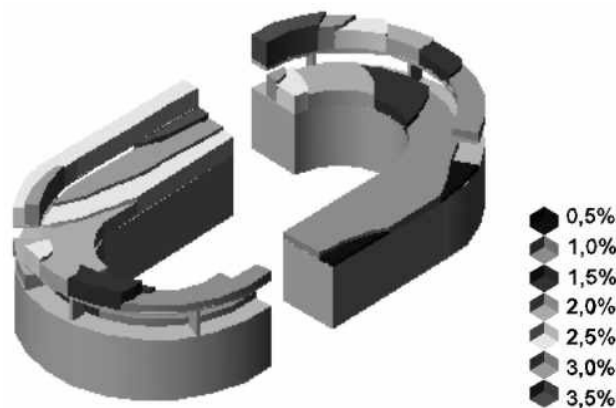


Figura 11: Isométrica do balcão de controle com zoneamento do FLD.

A área de leitura rebaixada também mostrou uma distribuição de FLD bastante uniforme e satisfatória, com valores variando de 2% a 3%, como resultante da luz proveniente de ambos os lados, as janelas altas, com o forro curvo, voltadas para o Sul e a abertura elevada voltada ao Norte (ver Fig. 12). Novamente pode-se identificar a estratégia de reduzir o efeito coseno e a ocorrência de ofuscamento.

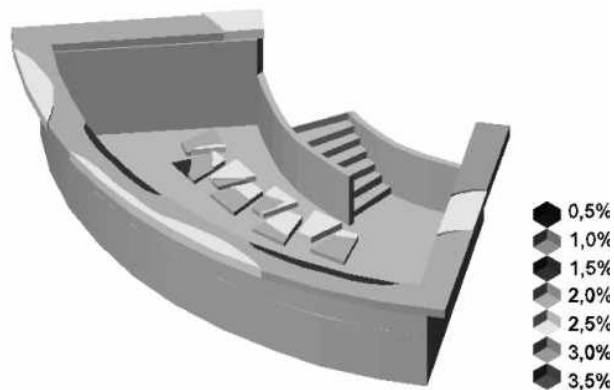


Figura 12: Isométrica da área de leitura rebaixada com zoneamento de FLD.

Finalmente, os arquivos de análises de iluminação natural em 3D são convertidas em arquivos VRML, que possibilitam o usuário “caminhar” pelo interior da edificação e experimentar o ambiente luminoso.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste artigo é propor e apresentar um caminho para que os arquitetos possam entender como a luz natural pode ser manipulada numa edificação e identificar as causas dos efeitos que podem ser percebidos visualmente. O aspecto subjacente é que a experiência pessoal (visual) é um importante veículo de interpretação de projeto. Somente quando os arquitetos conseguem entender as intenções através das quais uma edificação lida com a luz natural, junto com as estratégias e técnicas empregadas para tal, eles serão capazes de reproduzir aquelas intenções, ou formar suas próprias e aplicar ou adaptar corretamente as estratégias de projeto.

As simulações computacionais mostram a efetividade da integração de componentes de *condução* de luz (planta em forma de leque e o espaço conformado pelo forro curvo) com componentes de *passagem* de luz (aberturas altas) e elementos de *controle* de luz (persianas horizontais externas). Os dois primeiros componentes contribuem na distribuição de luz na área das prateleiras de livros e, ao mesmo tempo, atuam como concentradores de luz na direção da área de leitura rebaixada e balcão de controle, localizados a uma distância considerável das aberturas principais.

Outro aspecto a ser salientado é, embora a luz natural seja admitida através de aberturas laterais, a maneira pela qual a direção e distribuição especial da luz admitida se modifica em associação com o forro curvo e as persianas externas. O resultado final é similar ao da iluminação obtida com sistemas de aberturas zenitais, ou seja, iluminação generosa, reduzido efeito coseno e pouco ofuscamento. Com esta proposta de projeto Aalto mostra que é possível melhorar a admissão de luz natural a níveis não alcançáveis somente com aberturas laterais.

Os valores de iluminâncias obtidos nas simulações são bastante adequados para a maior parte das tarefas visuais.

A forma na qual a luz natural admitida se comporta e é percebida no interior da biblioteca constitui um fator decisivo no sentido de entender o funcionamento dos sistemas de iluminação natural e para que possam ser reproduzidos em diferentes contextos. Cabe mencionar que o padrão das iluminâncias não caracteriza completamente o comportamento luminoso de um ambiente; existem outros aspectos, tais como: proporção de luminâncias e probabilidade ocorrência de ofuscamento, que podem afetar significativamente a percepção visual. Muitas destas situações podem ser previstas através de simulações da iluminação natural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, N; FANCHIOTTI, A. & STEEMERS, K. (Editors) (1993): *Daylighting in Architecture: A European Reference Book*, C.E.C., James & James Ltd., London;
- LAM, W. (1977): *Perception and Lighting as Formgivers of Architecture*, McGraw-Hill Book Co., New York;
- FONTOYNONT, M. (1999): *Daylight Performance of Buildings*. James & James Ltd., London;
- HOUSER, K.W.; TILLER, D.K. & PASSINI, I.C.(1999): Toward the Accuracy of Lighting Simulations in Physically Based Computer Graphics Software, *Journal of Illuminating Engineering Society*, Winter 1999, pp. 117-129.
- ALVAR AALTO. Magazine A+U (1983), Japan, v.90, n.9, pp. 118-123, may. 1983.
- MOORE, F. (1991): *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. Van Nostrand Reinhold Co., New York;
- MILLET, M.S.(1996): *Light Revealing Architecture*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA;
- Lightscape Visualization System Version 3 for Windows NT and Windows 95, Tutorials (1996). First Edition, November 1996.