

Utilização de um modelo analítico para a implementação de um método inovador para o ensino de iluminação natural em Arquitetura

The use of an analytic model for implementing an innovative method for teaching day-lighting in Architecture

Veridiana Atanasio
Fernando Oscar Ruttkay Pereira
Alice Theresinha Cybis Pereira

Resumo

As considerações a respeito da iluminação natural influenciam todo o processo de projeto e devem incorporar tanto quesitos conceituais e estéticos quanto técnicos. Apesar do avanço em pesquisas e aparatos tecnológicos surgidos nas últimas décadas, nota-se que existem barreiras que dificultam a aplicação desse avanço no projeto arquitetônico de modo satisfatório. Estudos recentes têm apontado como uma das principais barreiras a falta de adequada compreensão do fenômeno da luz. Objetiva-se com este trabalho desenvolver um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), um método de ensino inovador, visando a promover a compreensão do aluno sobre o fenômeno da iluminação no que se refere à propagação da luz e às modificações desta geradas pelas principais variáveis arquitetônicas.

Palavras-chave: Iluminação. Ambiente Virtual de Aprendizagem. Modelo Analítico.

Abstract

Daylighting considerations influence the whole design process and should incorporate conceptual and aesthetics topics as well as technical ones. In spite of advances in both research and technological devices in the last decades, there are several barriers that make it difficult the effective application of such advances in architectural design. Recent studies have pointed out the lack of adequate understanding of the day-lighting phenomenon as one of the major barriers. This article presents the development of a Virtual Learning Environment (VLE), an innovative teaching method for improving students' understanding about the lighting phenomenon, approaching the light path and its modifications generated by the main architectural design variables.

Keywords: Lighting. Virtual Environment Learning. Analytic Model.

Veridiana Atanásio
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Campus Universitário -
Trindade
Florianópolis - Santa Catarina -
Brasil
CEP: 88040-900
E-mail: veridiana@arq.ufsc.br

**Fernando Oscar Ruttkay
Pereira**
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Tel.: (48) 3721-7080
E-mail: feco@arq.ufsc.br

**Alice Theresinha Cybis
Pereira**
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa
Catarina
Tel.: (48) 3721-7048
E-mail: alice@ava.ufsc.br

Recebido em 25/02/07
Aceito em 26/09/07

Introdução

O edifício constitui-se num filtro ambiental entre usuários do espaço interno e o exterior. Ele deve funcionar eficazmente em termos térmicos, luminosos e de controle acústico. Projetistas podem definir limites adequados em relação ao bom desempenho humano, fisiológico e psicológico definido por esses condicionantes (BRANDON; POWELL, 1984, p. 41). Se fosse possível proteger o homem dos excessos da natureza por processos científicos eficientes de controle, não haveria razão para a construção de abrigos que isolassem a humanidade do ambiente natural (VASCONCELLOS, 1983, p. 20).

Não obstante a importância incontestável das questões climáticas, a arquitetura não é apenas a busca da solução do abrigo; ela assume também uma questão simbólica através de elementos cheios de designações, como, por exemplo, a situação topológica do edifício, suas características formais, seu efeito em relação à luz, a cor e a textura. Luz é somente uma das variáveis arquitetônicas, contudo ela revela a edificação, suas intenções, seus aspectos, suas formas e seus significados. Luz revela a arquitetura e, no melhor dos casos, arquitetura revela a luz (MILLET, 1996).

O estudo aprofundado dos elementos que estruturam o espaço em termos funcionais e simbólicos torna-se essencial na formação de arquitetos e designers de edificações.

A habilidade e a prática de manipular a luz natural deixaram de ser consideradas essenciais quando tivemos o acesso à luz artificial, por volta de 1900 (STANNARD, 2005). Com o desenvolvimento (bem-vindo) de fontes de luz artificiais a custos acessíveis, o domínio da luz natural foi desafiado, a ponto de ser considerado, em muitas edificações, como algo com pouca ou nenhuma importância (PEREIRA, 1995).

Atualmente, percebe-se que ambientes mal iluminados são comuns, o que prejudica o desempenho das atividades visuais na maioria dos edifícios (GONÇALVES; DUARTE, 2003). Apesar do avanço em pesquisas e aparatos tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, descritos em publicações científicas da área, nota-se que existem barreiras que dificultam a integração dessa evolução no projeto arquitetônico de modo satisfatório (PEREIRA et al., 2004). Esse fato gera um quadro inverso de valores, pois antigamente possuíamos menos tecnologia e os projetistas tomavam mais partido arquitetônico da luz natural.

Para reverter esse processo, é necessário criar procedimentos que englobem tanto a formação profissional quanto os profissionais atuantes no mercado. O objeto de estudo desta pesquisa atua na vertente da formação e atualização profissional. É importante ressaltar que existem métodos tradicionais de ensino e métodos inovadores. O uso de tecnologias promissoras para o ensino, como a internet, possui vantagens e desvantagens em relação ao método tradicional. Nesse sentido, busca-se tomar partido das vantagens que um ambiente virtual pode oferecer e aplicá-lo tanto no ensino presencial quanto no ensino a distância, possibilitando ao aluno aprender de acordo com seu ritmo e disponibilidade de horário.

A proposta consiste na criação e desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem que visa facilitar o entendimento do fenômeno da luz natural. Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) é definido como um local acessível pela internet que permite a realização de processos de aprendizagem, onde conteúdo e atividades são organizados e disponibilizados aos estudantes pelos professores. Os AVAs se apresentam como uma nova mídia de evolução e oferecem uma maneira original para exprimir o pensamento, o modo de organização da informação e o modo de aprendizagem.

Educação em Arquitetura

Ao longo da prática em arquitetura verifica-se que estudantes e profissionais muitas vezes possuem habilidades mais artísticas que técnicas e vice-versa. Os “artistas”, em geral, são mais criativos, falam mais de imagens que razão e possuem uma visão holística das coisas. Já os “racionalistas” ou “tecnicistas” são melhores em prever o desempenho dos edifícios, em matemática, e “dissecam” melhor os problemas.

A prática do ateliê tende ao sabor dos alunos que possuem habilidades mais artísticas, fazendo com que o estudante seja “recompensado” pela não-importância dada aos assuntos técnicos. Os racionalistas tendem a sofrer mais: reclamarão frequentemente que nunca se aprende a fazer projeto, que os cinco anos de ateliê são um contínuo teste e experimentação, fracassarão ou serão advertidos para mudarem para o curso de engenharia (SZOKOLAY, 1994).

A extensão da atividade requer ambas as condutas. Se as duas atitudes não podem ser encapsuladas numa só pessoa, elas no mínimo devem estar disponíveis na mesma profissão (SZOKOLAY, 1994); numa equipe de trabalho, por exemplo. Os

procedimentos de educação devem abastecer-se de ambos por meio de alguma diferenciação de métodos de ensino.

Estudantes de arquitetura geralmente concentram o melhor de suas energias dentro do ateliê de projeto, dedicando pouco tempo para as outras disciplinas do curso. Segundo Fontein (1997):

As disciplinas de tecnologia são freqüentemente percebidas como produtoras de informação que limitam o impulso criativo, tais como: como o edifício é estruturado? Como o ganho de calor através de coberturas envidraçadas pode ser reduzido? Existe um elemento do mundo “real” nas disciplinas de tecnologia, no qual vãos na face do idealismo, que é essencial no ateliê de arquitetura, são limitados.

Atualmente, nota-se um movimento nas escolas de arquitetura com o objetivo de integrar as disciplinas curriculares, tanto de maneira horizontal quanto vertical. Dessa forma, espera-se construir uma conexão entre entidades subjetivas (imagens, emoção, sentimento e concepção) e entidades objetivas (quantidades, modelos, cálculos e hardware) (NG, 1992). Esse é um modo de aproximar as disciplinas técnicas da prática do ateliê na tentativa de unir aspectos importantes delas, de forma que elas participem da linguagem da obra solidificando a proposta como um todo. Segundo Stannard (1997), as misturas de disciplinas, tão bem como níveis da academia, enriquecem a experiência do ateliê.

No espaço de trabalho individual do ateliê e através do processo criativo do projeto e do modelo construído, os estudantes deveriam sintetizar as disciplinas, combinando com a criação de um trabalho de arquitetura. É preciso estudar metodologias adequadas para integrar as disciplinas destinadas à arte e à técnica, para que os trabalhos em ateliê, que são o núcleo da educação arquitetural e onde a essência da arquitetura deveria ser encontrada (GRAEFF, 1995, p. 133), sejam mais densos. Uma das formas é uma dupla substituição no foco do curso de tecnologia para arquitetura. Segundo Fontein (1997), a primeira substituição envolve uma introdução no componente substancial do projeto para a leitura no curso de tecnologia, e a segunda responde ao desejo dos estudantes de explorar construções teóricas e conceituais.

É importante que os professores conscientizem-se dessa dicotomia, pois, segundo Szokolay (1994), esse processo de divórcio entre arte e técnica, que gera duas condutas diferentes de trabalho, é irreversível. Mas o processo é contínuo e, por essa razão, os professores devem estar habilitados para cessar tal erosão. O primeiro passo é redefinir

a área de atividade e os deveres da arquitetura voltados para o projeto de edifícios através de idéias formais, trabalhar detalhes, incluindo os desempenhos funcionais e ambientais, tão bem quanto considerações estéticas e culturais (SZOKOLAY, 1994).

Às antigas questões profissionais e curriculares une-se o surgimento de um profissional mais dinâmico e integrado às novas possibilidades tecnológicas. A educação a distância via internet é uma delas, ao possibilitar uma socialização da educação, pois independe dos lugares, não exigindo deslocamentos, nem sempre possíveis, para grandes centros de ensino.

Desde o advento do ensino a distância pela internet, cursos de diversas áreas vêm sendo desenvolvidos. Há poucos anos, o curso de arquitetura tem se utilizado do potencial da educação a distância como ferramenta de ensino.

Em 2003, realizou-se uma pesquisa para investigar o estado da arte em ensino a distância na área em questão. A pesquisa por cursos a distância foi feita em sites institucionais e organizações independentes. Constatou-se que existe escassez de cursos tanto de graduação quanto de pós-graduação e de cursos livres.

O fraco resultado encontrado é reflexo do processo de desenvolvimento e desmistificação dos cursos a distância (total ou parcialmente a distância). Segundo Duarte e Costa (2004), observa-se que ainda existem poucos cursos nessas áreas, o que possibilita o aprendizado on-line, com utilização efetiva de mecanismos educacionais que permitam aos novos aprendizes adquirir as competências necessárias mediante interações não presenciais.

O objetivo da pesquisa do estado da arte (PEREIRA; ATANASIO; FERREIRA, 2003) foi buscar apenas a existência de cursos a distância, e não ambientes virtuais que, de alguma forma, possam contribuir para o conhecimento de assuntos vinculados à Arquitetura.

É importante ressaltar que a Arquitetura é uma área mais prática que teórica e, por isso, necessita de meios que facilitem o aprendizado e a troca de experiências entre os alunos. Ferramentas para visualização adequada do tema abordado são desenvolvidas atualmente com grande velocidade, de acordo com o desenvolvimento de novas tecnologias. É fundamental que áreas como a Arquitetura, que possuam uma vocação em manipular e visualizar imagens, possam utilizar-se desse mecanismo para a transmissão do conhecimento.

O resultado encontrado na pesquisa do estado da arte em sites de educação a distância (PEREIRA;

ATANASIO; FERREIRA, 2003) é semelhante ao da área de iluminação natural. Ainda existem poucos sites que promovem o ensino a distância, seja um curso ou um ambiente virtual que transmita conhecimento sobre a área.

O aprendizado presencial de iluminação ocorre, de maneira geral, por meio de aulas, exercícios práticos e utilização de laboratórios. Os alunos levam suas maquetes físicas ao laboratório para fazer uso de recursos como o solarscópio e o céu artificial, visando à aferição de seus projetos. Outras ferramentas surgem com um grande leque de possibilidades quando se trata do meio virtual. Atualmente, existe no mercado uma gama de programas computacionais que simulam a luz natural, com grande aproximação da realidade. Aliadas aos programas existem as manipulações de imagens e animações que também podem auxiliar no aprendizado a distância.

Como um elemento de projeto arquitetônico, a iluminação natural influencia o ambiente construído em uma escala bem variada: planejamento urbano, forma da edificação, projeto das fachadas, projeto das aberturas e projeto de interiores. A produção científica do universo on-line, que visa qualificar os profissionais da área e visa estudar tais influências na edificação para a apropriação de conhecimentos sólidos sobre luz natural, é mais verificada em projetos estrangeiros.

A Figura 1 representa o estado da arte em ambientes virtuais que utilizam a iluminação natural como objetivo de aprendizagem. Os ambientes foram classificados mediante as ferramentas que disponibilizam: conteúdo de apoio; ambiente de experimentação; e ambiente de experimentação mais conteúdo de apoio.

Os ambientes analisados, em sua maioria, possuem características comuns: utilização de simuladores com variações predeterminadas; comparação entre dois modelos com variações diversas; e análises utilizando gráficos com valores de iluminância juntamente com imagens das simulações para aproximação do efeito com valores numéricos. Essas iniciativas reforçam o entendimento dos caracteres qualitativo e quantitativo da luz. Os modelos podem ser comparados a uma maquete experimental bastante utilizada em aulas presenciais. Adaptadas ao meio virtual, essas “maquetes” recebem a vantagem da visualização da distribuição dos valores de iluminância. Uma desvantagem relevante é a pequena flexibilidade

nas variações das características dos modelos comparados. Por essa razão, o discernimento na escolha dos modelos disponibilizados é de extrema importância para que eles abordem as situações mais comumente verificadas.

Metodologia: modelo analítico

Para a realização desse ambiente utilizou-se um modelo analítico de referência. Este tem como objetivo explicar o fenômeno da iluminação por meio de um esquema de referência envolvendo a fonte de luz, a trajetória desta e o alvo desejado (Figura 2). Parte-se da premissa de que as localizações da fonte e do alvo são predeterminadas e a trajetória direta ou refletida pode ser planejada (MOORE, 1991).

Apesar de se tratar de um modelo voltado ao projeto de iluminação natural, ele também pode desempenhar o caminho inverso e ter uma função analítica. Segundo Moore (1991), a forma por ele utilizada em considerar a luz como uma seqüência fonte/trajeto/alvo é limitada a situações com fontes pontuais e trajetões especulares. No caso de fontes distribuídas ou elementos difusores durante a trajetória, o modelo resulta numa “confusão de flechas”, tornando-o ineficaz como modelo analítico de projeto (Figura 3).

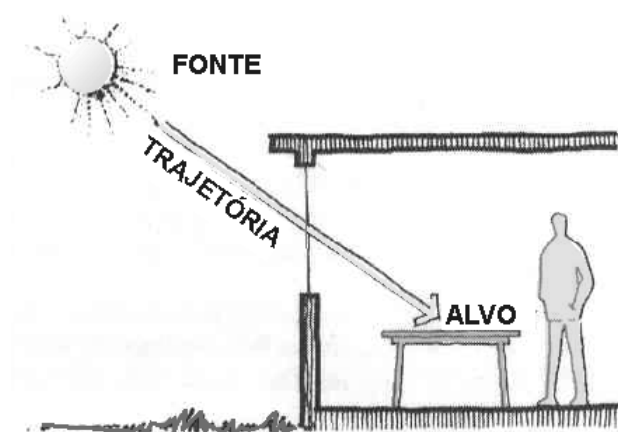
Para a utilização dessa convenção, incluindo fontes ou trajetões difusos, nos quais os trajetões da luz podem criar uma confusão de “flechas”, a alternativa é considerar a iluminação como resultante de áreas de brilho que podem ser “vistas” pelo alvo ou pelo receptor. Esse conceito não diferencia a natureza dos vários tipos de fontes. Dessa forma, um céu nublado ou uma parede branca, de igual luminância, cor e tamanho aparente, contribuiriam do mesmo modo para a iluminação de um receptor (PEREIRA; NASPOLINI, 2004).

Assim, analiticamente, o potencial lumínico de uma superfície pode ser caracterizado pelo produto de sua luminância e pelo seu tamanho aparente. O tamanho aparente da fonte vista pelo receptor é determinado pelo tamanho, distância e inclinação da fonte relativamente ao receptor. Quanto maior o tamanho da fonte, menor a distância da superfície ao receptor, menor o ângulo entre as normais da fonte e as do receptor, e maior o tamanho aparente (Figura 4).

Ambientes Virtuais - Iluminação Natural		
Características	Conteúdo de apoio	Ambiente de Experimentação
		Ambiente de Experimentação + Conteúdo de apoio
Sites	• Audience • Curso de Fotometria - Revista Lumière	• Virtual Light Simulator • Lightswish Wizard • Daylight Design Variation Book
		• Daymedia • Educaplus

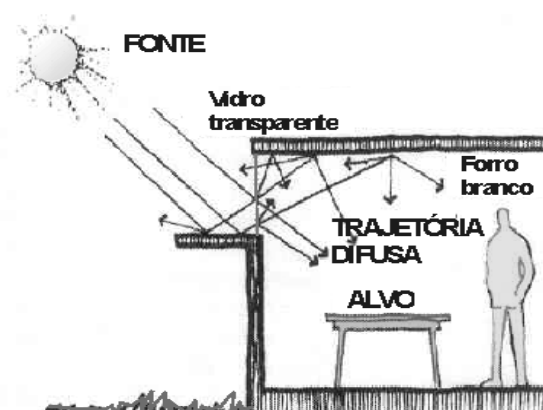
Fonte: Atanasio, 2006

Figura 1 - Classificação dos ambientes virtuais analisados



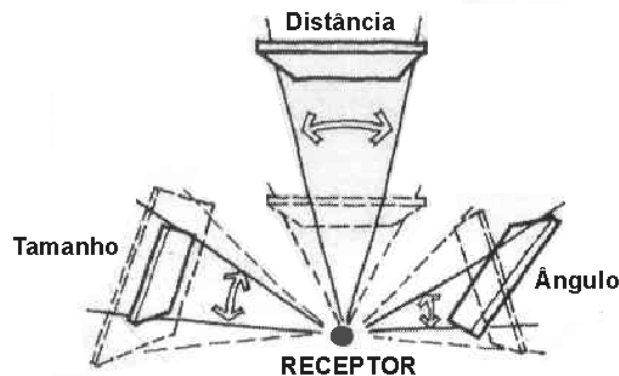
Fonte: Moore, 1991

Figura 2 - Modelo conceitual fonte/trajetória/alvo para luz direta



Fonte: Moore, 1991

Figura 3 - Modelo conceitual fonte/trajetória/alvo para luz difusa



Fonte: Moore, 1991

Figura 4 - **Tamanho aparente da fonte distribuída como função do tamanho, inclinação e distância**

Os estudos físicos sobre a influência do tamanho aparente são anteriores ao Modelo Analítico proposto por Moore (1991). O grande diferencial do modelo é a aproximação dos estudos físicos com a Arquitetura, o que permite o entendimento de que esta nada mais é que a união de vários elementos superficiais relacionando-se geometricamente entre si e conferindo diferentes resultados de iluminação, através dos fenômenos básicos de emissão, propagação da luz e sua interação com as superfícies.

Há ainda outro fator importante que determina o resultado. Geralmente, o receptor encontra-se numa superfície e, nesse caso, a posição da fonte em relação à superfície que contém o receptor deve ser considerada. Com uma fonte paralela à superfície, a iluminação fica maximizada, mas, caso a posição seja oblíqua, então ocorrerá uma redução chamada de “efeito cosseno”. Quanto maior o ângulo entre a direção da luz incidente e a normal da superfície, maior será o efeito cosseno e maior será o decréscimo da luminância final (PEREIRA; NASPOLINI, 2004).

Desse modo, a iluminação produzida numa superfície torna-se o produto de luminância da fonte, seu tamanho aparente e sua posição em relação à superfície receptora.

O ponto ou a superfície que servirão de alvo podem possuir diversos planos de referência iluminados por várias fontes distribuídas. Abaixo, estão alguns exemplos de aplicação do modelo em bibliotecas do arquiteto Alvar Aalto.

Essa forma de entender a iluminação servirá como modelo conceitual de referência no laboratório virtual de experimentação, como descrito a seguir.

Laboratório virtual

O laboratório proposto está estruturado em duas partes. A primeira delas refere-se ao modelo analítico, apresentado anteriormente, como

principal metodologia de ensino. O ambiente proposto é feito para o ensino da iluminação natural, ou seja, enfoca o efeito desejado no ambiente e a técnica necessária para gerá-lo, permeando uma gama de soluções dependentes da criatividade do arquiteto, determinada por sua prática e estudos de caso presentes em seu repertório. Com base nessas premissas, a segunda parte do ambiente virtual de aprendizagem possui três formas de navegação principais: (a) através do efeito desejado no projeto; (b) através da técnica/engenharia/ciência necessária para produzir tais efeitos; e, finalmente, (c) através de repertórios pictóricos, com os exemplos reais e virtuais empregados para a fixação e o entendimento do fenômeno.

Modelo analítico

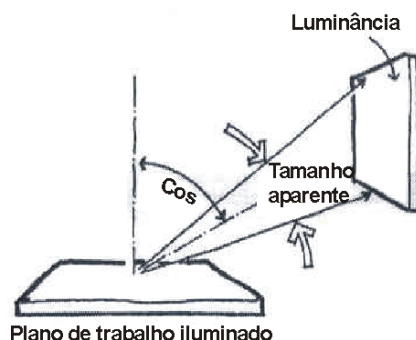
Esta parte do laboratório tem por objetivo explicar o modelo analítico de referência adotado e realizar algumas experiências virtuais. Essas experiências são baseadas em atividades realizadas em laboratórios presenciais.

O aluno observará o fenômeno no que tange à relação de causa e efeito no ambiente interno em modelos obtidos mediante simulações computacionais (utilizou-se o Lightscape Visualization System). O ambiente configura-se como um simulador de situações preestabelecidas.

O ambiente proposto para o modelo analítico possui duas partes. Na primeira, dois dos três fatores que determinam a iluminação em determinado ponto são analisados: o tamanho aparente da fonte; e o efeito cosseno. Essas duas variáveis são tratadas separadamente. Na primeira parte, são mantidos constantes o efeito cosseno e a luminância da fonte, para que apenas o tamanho aparente seja o responsável pela modificação do resultado no alvo (Figuras 8, 9 e 10). Da mesma forma, na segunda parte, o tamanho aparente é mantido sempre constante (Figura 11).

Para tanto, desenvolveu-se uma interface virtual próximo a um laboratório de conforto presencial. O aluno pode navegar seguindo os passos dispostos à esquerda ou clicar no passo desejado para um acesso direcionado. Seguindo os passos, o aluno efetua o mesmo procedimento duas vezes. Primeiro escolhe entre duas opções de experimentos comparáveis, visualiza a simulação e resultados encontrados. Em seguida, realiza o

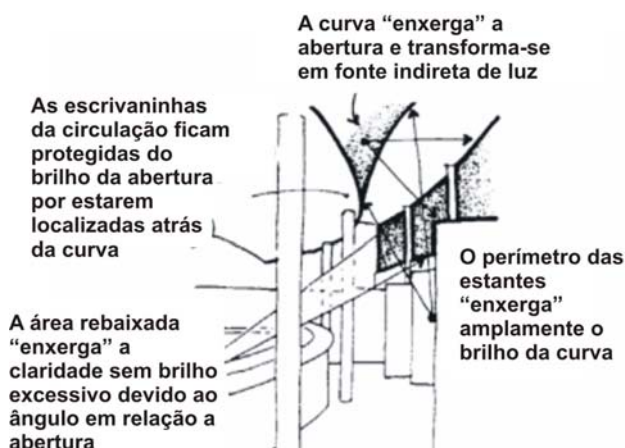
mesmo para a segunda opção (Figura 7). Por fim, visualiza na mesma tela o resultado de ambas as escolhas e, então, pode observar exemplos aproximando o experimento da arquitetura através de imagens esquemáticas. A tela é padrão para todos os experimentos, modificando-se apenas o objetivo deles. O usuário pode utilizar o auxílio virtual que direciona o estudo, habilitando o ícone existente na parte inferior da tela.



Fonte: Moore, 1991

Figura 5 - Efeito cosseno e tamanho aparente entre planos

Análise da Biblioteca Seinajoki



Análise da Biblioteca de Wolfsburg



Fonte: Moore, 1991

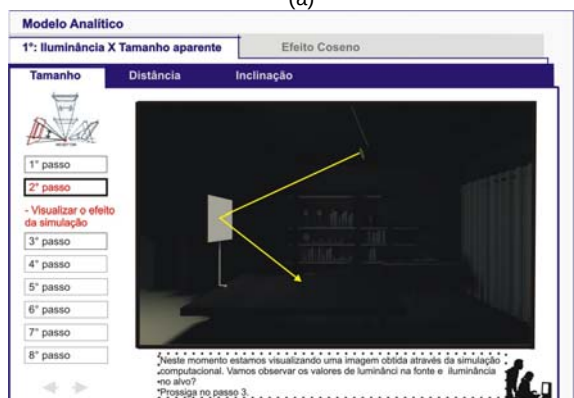
Figura 6 - Exemplos do modelo aplicado em obras de Alvar Aalto



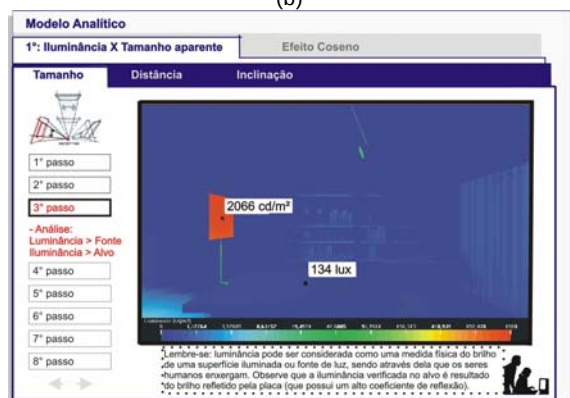
(a)



(b)



(c)



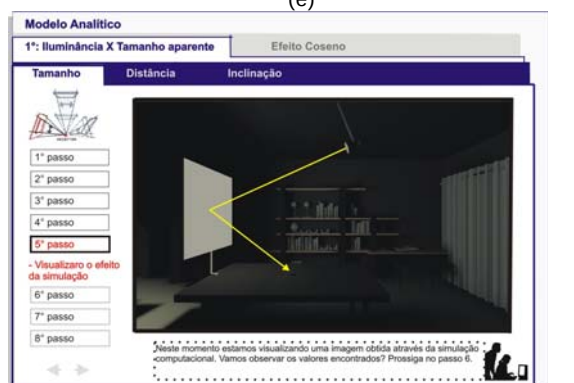
(d)



(e)



(f)



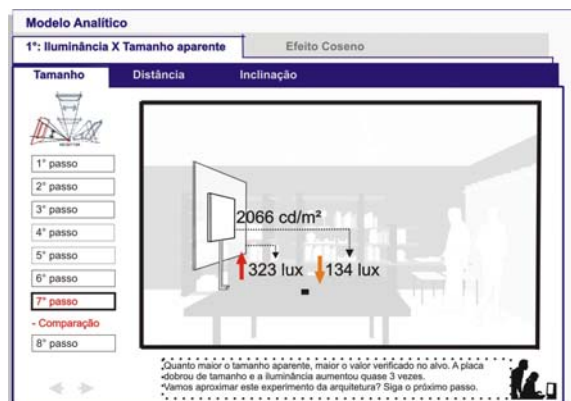
(g)



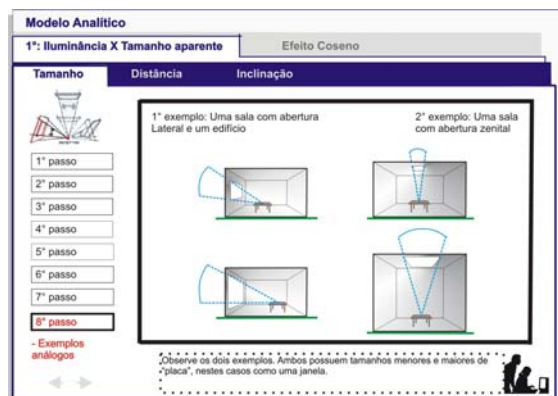
(h)

Fonte: Atanasio, 2006

Figura 7 - Sequência das telas utilizando como exemplo a variável luminância/iluminância versus tamanho aparente



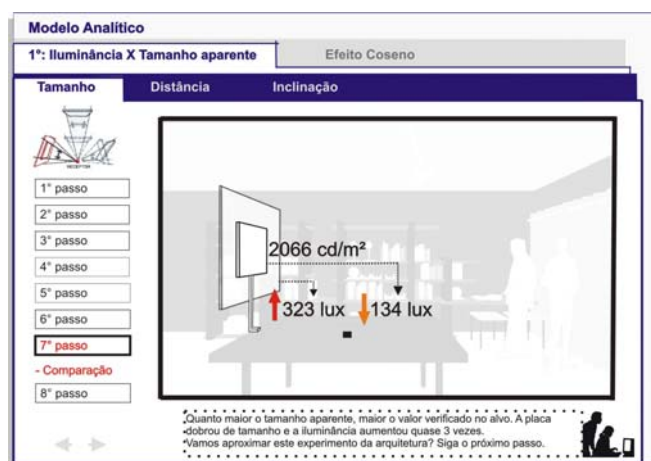
(i)



(j)

Fonte: Atanasio, 2006

Figura 7 - Seqüência das telas utilizando como exemplo a variável luminância/iluminância versus tamanho aparente (continuação)

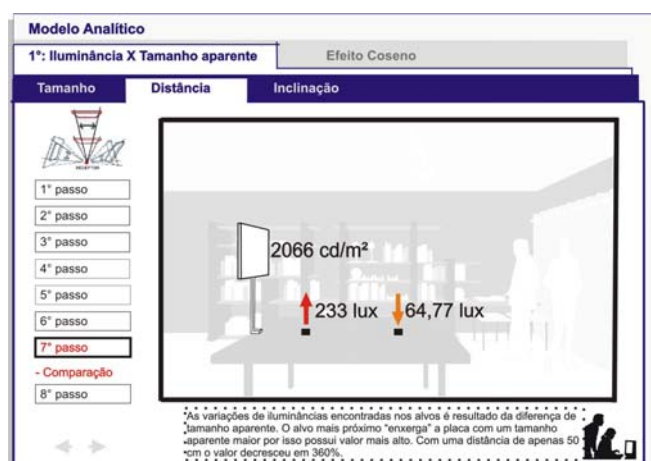


Fonte: Atanasio, 2006

Figura 8 - Esquema de luminância/iluminância versus tamanho aparente - tamanho

Tamanho

- 1 - Escolhe-se a placa menor.
- 2 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 3 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 4 - Escolhe-se a placa maior.
- 5 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 6 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 7 - Comparação.
- 8 - Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.

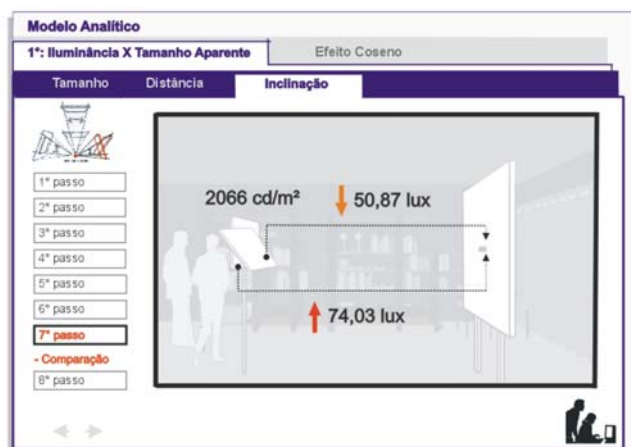


Fonte: Atanasio, 2006

Figura 9 - Esquema de luminância/iluminância versus tamanho aparente - distância

Distância

- 1 - Escolhe-se a placa mais afastada do alvo.
- 2 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 3 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 4 - Escolhe-se a placa mais próxima ao alvo.
- 5 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 6 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 7 - Comparação.
- 8 - Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.



Fonte: Atanasio, 2006

Figura 10 - Esquema de luminância/iluminância versus tamanho aparente - inclinação

Inclinação

- 1 - Escolhe-se a placa menos inclinada.
- 2 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 3 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 4 - Escolhe-se a placa mais inclinada.
- 5 - Visualização da imagem obtida por simulação.
- 6 - Análise: Luminância da placa e Iluminância do alvo.
- 7 - Comparação.
- 8 - Escolhe-se visualizar exemplos referentes à experiência efetuada para fixação do conteúdo e aproximação da arquitetura.



Fonte: Atanasio, 2006

Figura 11 - Esquema do efeito cosseno

Efeito Cosseno

- 1 - Escolher a placa perpendicular ao alvo.
- 2 - 0°.
- 3 - 30°.
- 4 - 60°.
- 5 - 90°.
- 6 - Comparação.

Efeito visual, ciência e banco de imagens

A segunda parte desta proposta é a inclusão da iluminação natural e suas complexidades. Optou-se por colocá-la de forma posterior para que as variáveis envolvidas no fenômeno fossem vistas passo a passo.

A navegação ocorre a partir da escolha do modelo desejado (Figura 12). Para tanto, deve-se escolher três elementos individualmente que somados resultem no modelo final: tipo de abertura (zenital ou lateral); posição do alvo (horizontal ou vertical); e localização do alvo (1, 2 ou 3).

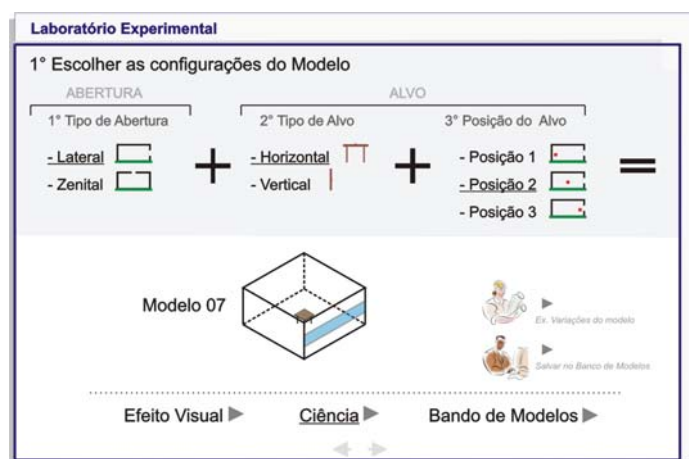
Depois de realizada a escolha do modelo, a navegação assume o caminho para efeito visual, ciência ou banco de modelos. Cada um desses ambientes possui vínculo horizontal, ou seja, de acordo com o modelo escolhido, este pode ser visualizado a partir do conceito de cada um dos três caminhos.

O primeiro dos três caminhos possíveis é a observação dos efeitos visuais da combinação escolhida. Na primeira parte o aluno pode observar a imagem da simulação padrão (superfícies com um coeficiente de reflexão médio de 0,4) realizada no programa Lightscape 3.2 e fazer o download do arquivo de extensão *.vrmf – que possibilita a navegação no modelo (Figura 13a). Dessa forma, a análise tende a ser mais completa, pois a visão do espaço deixa de ser unilateral, como se pode perceber na Figura 13a. Em seguida, podem ser efetuadas análises com relação a diferentes cores de paredes e teto, e seus resultados em termos de efeito visual. Como cores disponíveis, foram implementadas uma cor fria (o azul), uma quente (o vermelho) e a ausência de cor (o preto). Apenas modificando essa variável, pode-se observar efeitos completamente diferentes.

A segunda parte refere-se aos dados obtidos através de simulação computacional (Figura 13b). A primeira imagem possui as curvas de valores de luminância obtidas através da simulação no

programa Lightscape 3.2 para a superfície escolhida – analisada aqui como fonte para o alvo em questão. Além da imagem, o valor médio de luminância da placa fonte é disponibilizado e juntamente com ele o valor de iluminância produzida no alvo. Outra imagem disponibilizada foi obtida com o programa Apolux (desenvolvido no LabCon, da UFSC) com a ferramenta Vetor Fóton. A imagem possui características de uma foto obtida com uma câmera olho-de-peixe. O ponto de origem é o alvo, ou seja, a imagem observada diz respeito a como o alvo “enxerga” as superfícies. Através dessa imagem também se pode avaliar o tamanho aparente das superfícies em relação ao alvo.

A terceira forma de navegação é por meio do Banco de Modelos. Nessa parte estão disponíveis quatro bancos. O primeiro é o Banco Personalizado (Meus Modelos), referente aos modelos salvos pelo aluno com o objetivo de acessar rapidamente os modelos analisados. A segunda e a terceira partes referem-se aos Laboratórios 1 e 2 do Módulo Luz, ainda em fase de implementação. Através dele podem ser efetuadas comparações, pois os modelos possuem a mesma dimensão, variando apenas as características das aberturas e a reflexão das superfícies. A quarta parte do Banco de Modelos diz respeito a modelos reais análogos ao modelo. Nesse local estão dispostas imagens com informações da obra e observações específicas sobre cada uma. Essa é uma forma de aproximar o modelo original da arquitetura existente

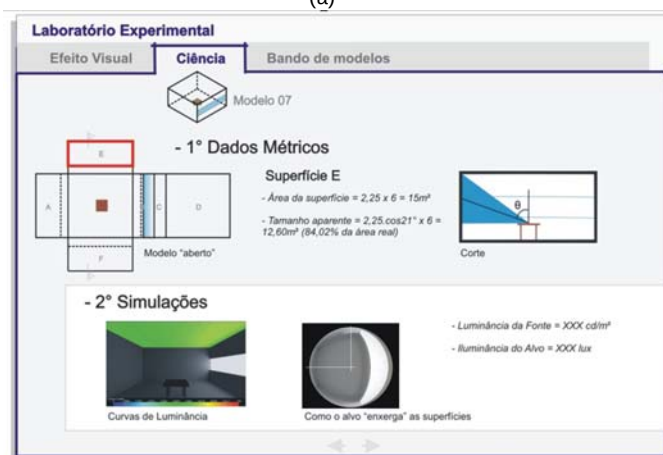


Fonte: Atanasio, 2006

Figura 12 - Escolha do modelo a partir do tipo de abertura e posição/localização do alvo, resultando no modelo escolhido



(a)



(b)

Fonte: Atanasio, 2006

Figura 13 - Tela mostrando os efeitos visuais (a) e a ciência (b) com relação ao modelo escolhido

Conclusões

A presente pesquisa teve como escopo o desenvolvimento de um ambiente de ensino a distância visando promover a compreensão do aluno sobre o fenômeno da iluminação natural no que se refere à propagação da luz e sua interação com as principais variáveis arquitetônicas. Nesse sentido, notou-se que o campo da Arquitetura, embora promissor, ainda está pouco explorado em relação aos benefícios que a internet oferece à educação a distância. Outra vantagem com relação à internet é por constituir-se em uma área propícia ao uso de recursos gráficos. Estes podem ser manipulados pelo aluno das mais diversas formas, através de animações, vídeos e imagens, para uso interativo e/ou navegação em ambientes tridimensionais. Considera-se válido o esforço realizado nessa direção por duas razões. A primeira diz respeito ao quadro das antigas questões profissionais que envolvem o ensino de arquitetura citadas na seção 2, como a integração inadequada entre arte e ciência nos cursos de

formação básica. Além dessa questão relacionada ao ensino, somam-se os novos desafios relacionados às atuais conquistas tecnológicas e às rápidas transformações da sociedade, o que exige do arquiteto um perfil cada vez mais flexível.

A respeito das estratégias abordadas na confecção do Laboratório Virtual, acredita-se que o processo de adequação dos laboratórios e conteúdos já existentes no Módulo Luz do AVA_AD confere maior integração à nova proposta. Assumem-se os materiais existentes (laboratórios e conteúdos abordados), reformulando a organização geral e o posicionamento, incorporando-os e complementando a nova proposta. Os conteúdos, bem como exercícios e problemas do Módulo, estão sendo desenvolvidos e aprimorados atualmente pela equipe de trabalho. Dessa forma, esta pesquisa se beneficiará desse processo ao poder incorporar-se na base existente de maneira mais efetiva.

A proposta iniciou-se a partir do desenvolvimento de um aparato experimental de ensino baseado no Modelo Analítico. As constatações dos resultados

desse aparato constituíram-se em base fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. A conclusão positiva da utilização do Modelo através de experimentações pode favorecer a visualização e o entendimento dos conceitos relativos à iluminação, já que aproxima os conceitos físicos da luz à realidade arquitetônica de forma gráfica.

O estabelecimento de uma interface virtual adequada mostrou-se tão importante quanto a escolha do conteúdo que seria abordado. Além do modelo adotado, questões organizacionais foram adotadas visando a um melhor resultado na aprendizagem, como a divisão do ambiente entre partes mais simplificadas e outras mais complexas, como a arquitetura em si. Isso se materializou através da divisão inicial, com a primeira parte sendo dedicada à apresentação do Modelo Analítico mediante a demonstração passo-a-passo de cada variável influenciadora do resultado da iluminação. Posteriormente, o Laboratório Virtual disponibiliza seções dedicadas a análises mais complexas. Através da diversidade dos modelos apresentados de maneira interativa, e relacionados ao método do modelo analítico, o aluno tem a possibilidade de visualizar o fenômeno da iluminação natural e, principalmente, de identificar como as principais variáveis arquitetônicas influenciam no resultado final, tanto por seus efeitos visuais quanto pela ciência, quantificando o fenômeno físico.

Acredita-se que a elaboração de problemas e exercícios tendo como base o conteúdo do curso e os laboratórios de apoio e experimentação através de reuniões semanais com o grupo de trabalho seja de extrema importância. Primeiramente, para que o ambiente possua um uso efetivo em toda a sua extensão e também para que o aluno aplique o conhecimento adquirido de maneira simplificada em objetos de estudo mais complexos. No que se refere aos problemas, a experiência pode ser ainda mais ampla, pois há a possibilidade de troca de informações entre os estudantes respaldados pela bagagem adquirida na vida acadêmica e profissional através dos ambientes colaborativos disponíveis no site.

Com esse método de aprendizagem, baseado em conceitos teóricos consistentes, espera-se alcançar o entendimento dos alunos no que concerne às bases dos fenômenos físicos. Buscou-se preencher a formação básica do profissional arquiteto no que se refere à iluminação natural, possibilitando uma base de conhecimento mais sólida e, conseqüentemente, o melhor aproveitamento da luz natural no projeto arquitetônico.

Entretanto, o objetivo da proposta somente será atingido por completo mediante a sua

implementação via internet. Esse procedimento posterior da pesquisa será realizado por bolsistas do Hiperlab – Laboratório de Hipermídia da UFSC. Dessa maneira, estudantes, professores e pesquisadores poderão ter acesso e, principalmente, efetuar trocas de informações com outras instituições que já possuam ou estejam interessadas em desenvolver ambientes virtuais de aprendizagem semelhantes. Com a implementação, poderão ser avaliadas as limitações e possíveis modificações para melhor adequação da proposta ao meio digital.

Referências

- BRANDON, Peter S.; POWELL, James A. **Quality and profit in building design**. London: Spon, 1984.
- GONÇALVES, J. C.; DUARTE, D. **Como melhorar a eficiência energética nos edifícios**. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/>>. Acesso em: 23 maio 2003.
- GRAEFF, Edgar A. **Arte e Técnica na formação do arquiteto**. São Paulo : Studio Nobel : Fundação Vilanova Artigas, 1995. – (cidade aberta), p.9,129,133.
- FONTEIN, Lucie. Teaching architecture to architecture students: technology as design inspiration. In: RIGHT LIGHT, 4., v. 2, 1997, Dinamarca. **Anais eletrônicos...** Dinamarca: IAEEL, 1997. Disponível em: <http://www.iaeel.org/IAEEL/Archive/Right_Light_Proceedings/Right_Light_index.html>. Acesso em: 20 fev. 2005.
- MILLET, M. S. **Light revealing architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996.
- MOORE, F. **Concepts and practice of architectural daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- NG, Edward. The art of technology teaching. In: ANNUAL ACSA/EUROPEAN SCHOOLS OF ARCHITECTURE CONFERENCE, 3., Architecture and Technology. **Proceedings...** 1992.
- PEREIRA, F. O. R. **Iluminação natural no ambiente construído**. 1995. Apostila utilizada no Curso ministrado no III Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Gramado, RS, 1995.
- PEREIRA, A. T. C.; ATANASIO, V.; FERREIRA, M. S. Ambientes Virtuais de Aprendizagem em Arquitetura: o estado da Arte. In: IV International Conference on Graphical

Engineering for Arts and Design, 2003, Santa Cruz do Sul - RS. **Anais...** Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003. 1 CD-ROM.

PEREIRA, F. O. R.; NASPOLINI, V.
Experimentando o fenômeno da iluminação natural através da simulação computacional em edificações emblemáticas. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

STANNARD, S. Designing with light: a studio investigation. In: RIGHT LIGHT, 4., 1997, Dinamarca. **Anais eletrônicos...** Dinamarca: IAEEL, 1997. Disponível em:
<http://www.iaeel.org/IAEEL/Archive/Right_Light_Proceedings/Right_Light_index.html>. Acesso em: 20 fev. 2005.

SZOKOLAY, S. V. Science in architectural education. In: Annual Conference of the Australian and New Zealand Architectural Science Association, 28., Deakin University, 1994. **Proceedings...** Deakin University, 1994.

VASCONCELLOS, S. **Arquitetura:** dois estudos. 2. ed. Brasília: MEC, Secretaria da Educação Superior; Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 1983.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES, pelo fomento em forma de bolsa de estudos pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFSC durante o primeiro ano do mestrado, e também ao CNPq, pela bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial no segundo ano, através do Projeto Ambiente Virtual de Aprendizagem em Arquitetura e Design, coordenado pela professora Alice T. C. Pereira.