

CONTRIBUIÇÃO À FORMULAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO RECURSOS INFORMATIZADOS

Thais Borges Sanches Lima (1); Arivaldo Leão de Amorim (2)

Universidade Federal da Bahia, LCAD /FAUFBA - Rua Caetano Moura, 121 – Federação –
Salvador – BA – CEP: 40210350 Tel. (+71) 2354268.

(1) tsanches@ufba.br (2) alamorim@ufba.br

RESUMO

Atualmente, tem-se discutido a aplicação da tecnologia computacional no desenvolvimento de projetos de iluminação, principalmente devido à necessidade de diminuir o consumo de energia e otimizar as questões referentes ao conforto luminoso, melhorando as soluções projetuais. Para isso, tem-se utilizado as ferramentas de simulação de iluminação para determinar os níveis luminosos dos espaços projetados, bem como visualizar suas características ainda na fase de projeto, para que não haja desperdícios de tempo e aumento nos custos com uma tentativa de corrigir a solução após a execução da obra. Este trabalho pretende contribuir para a análise da aplicação da simulação computacional no desenvolvimento de projetos de iluminação, através da experimentação das ferramentas **Luz do Sol**, **Lumen Micro** e **Lightscape**, de forma a formular um conjunto de procedimentos para seu uso durante o processo projetual de Arquitetura. Com os resultados obtidos, foi possível verificar que a simulação de iluminação permite avaliar o projeto de iluminação proposto, auxiliando o projetista durante a fase de concepção da proposta, permitindo o teste de alternativas de solução de maneira mais eficiente e eficaz, considerando tanto os aspectos quantitativos, quanto os qualitativos.

ABSTRACT

Currently, the application of computer technology in the development of lighting design has been discussed, mainly due to the necessities to save energy, optimize luminous comfort and therefore to improve the process of design. To achieve this, simulation tools of lighting have been used to determine the luminous levels of spaces, the visualization of its characteristics in the design phase, and so on. These simulations have contributed to minimize time expenditure and costs, as proper solutions can be provided before construction. This work aims in contributing for the analysis of computer simulation applications in the development of lighting design, through the use of tools such as: **Luz do Sol**, **Lumen Micro** and **Lightscape**. The analysis is set to formulate procedures for the use of such tools during the architectural design process. Concerning the results, it was possible to verify that the lighting simulation allowed to evaluate the considered lighting design, supporting the designer during the initial phase of design, allowing the test of alternative solutions in a more efficient way, considering both quantitative and qualitative aspects.

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O projeto de iluminação envolve uma série de variáveis que interferem no desenvolvimento do projeto de arquitetura e que devem ser consideradas durante a projeção arquitetônica desde a fase de concepção

até a definição da proposta. Esse projeto deve ser entendido como a interação dos projetos de iluminação natural e artificial, considerando que a iluminação artificial é concebida após a fase de anteprojeto, pois necessita que grande parte das características do espaço já estejam definidas, e o projeto de iluminação natural, sendo mais complexo, pois depende de diversos fatores externos, deve ser incorporado na fase de concepção, onde a forma e a orientação da edificação, o posicionamento e as dimensões das aberturas e os elementos sombreadores próprios são definidos.

A projeção da iluminação em ambiente computacional passa pela compreensão de como esse processo se desenvolve e como ele pode ser auxiliado pela tecnologia informatizada. Silva (1998: 36), define o projeto como uma representação de um objeto imaginário, que ao ser materializado poderá ser ou não uma forma apropriada de solução para o problema proposto, definindo o processo de projetar em arquitetura como um meio para se chegar à alternativa mais coerente para a solução do problema a qual o projeto pretende solucionar.

Por sua vez, Lam (1986: 4-8) define os objetivos que o projeto de iluminação deve alcançar como sendo o de fornecer conforto ao usuário ao realizar tarefas para o qual o ambiente foi projetado, minimizar o consumo de energia e os custos construtivos, utilizando sistemas integrados de iluminação¹ e utilizar materiais e métodos apropriados evitando gastos com modificações após a conclusão da obra.

O projeto de arquitetura, e em particular o de iluminação, seguem critérios na avaliação das propostas que dependem da concepção do projetista e dos condicionantes contextuais que envolvem o processo, sendo este iniciado pela definição de um problema e por uma seqüência de etapas de definição da proposta até a escolha de uma alternativa de solução.

Dessa forma, definimos as etapas do processo projetual de iluminação como:

- **Conceituação/definição:** envolve o estudo preliminar e o anteprojeto de Arquitetura, sendo a etapa na qual os critérios conceituais/qualitativos são definidos, sendo considerada a mais importante, pois muitas das decisões estipuladas, se definidas de forma errada, serão difíceis de serem corrigidas após a execução da obra, já que envolvem altos custos;
- **Cálculo:** etapa onde são definidos os parâmetros quantitativos através do cálculo da iluminação do ambiente, utilizando métodos de avaliação das soluções propostas para o projeto, referidas no projeto executivo de Arquitetura; e
- **Análise:** fase de análise dos resultados obtidos para as alternativas propostas onde os dados quantitativos podem ser comparados com as necessidades do projeto e pode ser feito um estudo qualitativo para a visualização dos resultados.

Em todas as etapas é preciso documentar os resultados encontrados, finalizando o projeto com a geração de plantas e especificações referentes a proposta de iluminação escolhida, que deverão constar das informações referentes as luminárias e lâmpadas utilizadas, quantitativo e distribuição das mesmas no ambiente.

Assim, serão relacionadas às etapas do processo projetual com a utilização das ferramentas computacionais para a simulação da iluminação, que podem abordar a interação da luz com o ambiente do ponto de vista quantitativo, que se refere aos dados físicos mensuráveis, e do ponto de vista qualitativo, relacionado com a produção de estímulos e sensações, que são difíceis de serem medidos, já que são aspectos subjetivos.

¹ Uso da iluminação natural e artificial conjuntamente de forma a atingir os níveis adequados de iluminação, diminuindo o consumo de energia elétrica.

2. O PROCEDIMENTO PROPOSTO

O procedimento proposto para a utilização dos recursos da simulação de iluminação no processo de projeto foi dividido em quatro etapas definidas como:

- Compreensão do objeto de trabalho e (ou) problema;
- Escolha das ferramentas computacionais;
- Formalização do projeto e definição das soluções; e
- Verificação dos resultados.

2.1 Compreensão do Objeto de Trabalho e (ou) Problema

Uma vez iniciado o processo de projeto, portanto a fase de concepção da proposta projetual, é definido o programa arquitetônico no qual são estabelecidas todas as necessidades da edificação, sendo que, dentre elas, devem constar detalhes sobre o uso dos espaços e critérios de desempenho para a iluminação, como quantidade de luz, posição em relação ao Sol, necessidade de elementos de controle e redirecionamento, definição de como a luz vai ser efetivamente utilizada e se haverá integração entre os projetos de iluminação artificial e natural.

Com o programa arquitetônico definido, é preciso avaliar o sítio no qual será implantada a futura edificação, bem como o seu entorno, de forma a estudar o micro clima do lugar, a incidência direta dos raios solares, a existência de elementos sombreadores, o melhor posicionamento para as aberturas e a especificação dos materiais a serem empregados. A partir daí, segue-se às decisões relacionadas à forma da edificação que irá influenciar, dentre outras coisas, no desempenho da iluminação natural, bem como sua orientação, favorecendo uma maior ou menor incidência dos raios solares.

2.2 Escolha das Ferramentas Computacionais

Concluída a caracterização do problema, é possível definir quais ferramentas computacionais serão utilizadas no decorrer do processo projetual, sendo necessário para isso, um conhecimento dos programas existentes, suas aplicações, possibilidades e características para que possa ser feita uma escolha adequada ao tipo de problema que se deseja estudar.

Tal escolha deve ser baseada na definição do tipo de enfoque a ser dado ao projeto, definindo questões relativas ao uso da iluminação natural e artificial, à complexidade do projeto, aos dados de entrada disponíveis e, principalmente, aos resultados esperados, que irão definir os rumos que o projeto irá tomar.

Vários aplicativos já foram desenvolvidos, cada qual com suas características próprias, para serem usados na simulação de iluminação, natural e (ou) artificial, produzindo resultados satisfatórios em relação aos aspectos subjetivos, da interação da luz com o ambiente, e em relação aos aspectos quantitativos, referentes aos níveis de iluminação determinados pelo projeto.

Alguns programas, como o **Luz do Sol**², são desenvolvidos para auxiliar o projetista nos estudos de iluminação natural, avaliando as questões referentes à incidência dos raios solares através de aberturas e a criação de gráficos do Percorso Aparente do Sol para cada região.

Outros programas, desenvolvidos principalmente pelos fabricantes de luminárias como o programa para cálculos luminotécnicos da **Lumini**³, são feitos para calcular as quantidades de iluminação em ambientes a partir da especificação das lâmpadas e luminárias, possibilitando um cálculo mais rápido e eficiente da iluminação artificial, se comparado ao métodos tradicionais de cálculo.

² Programa desenvolvido pelo Prof. Maurício Roriz, do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de São Carlos.

³ Empresa fabricante de luminárias. Site na Internet: www.lumini.com.br.

Os aplicativos mais sofisticados, como o **Lightscape**⁴ e o **Lumen Micro**⁵, já permitem a definição dos níveis de iluminação do ambiente projetado, tanto para a iluminação natural como para a iluminação artificial, gerando relatórios com os valores para diversos pontos do espaço, diagramas isolux, imagens em falsa cor, além de gerar imagens realísticas dos ambientes simulados para uma melhor visualização dos efeitos da iluminação.

É importante lembrar que a obtenção de uma visualização realística do espaço projetado só é possível a partir do uso da simulação computacional, já que o uso de modelos em escala reduzida, até então muito utilizado em estudos de iluminação, requer um dispêndio de tempo maior para a sua construção, não permitindo, com facilidade, o teste de diversas alternativas para a solução do problema, além de não produzir uma visualização fotorealística devido às dificuldades encontradas na representação dos materiais, das lâmpadas e das luminárias.

Apesar da simulação computacional para a geração de imagens realísticas necessitar de um modelo geométrico tridimensional, às vezes muito trabalhoso, traz resultados satisfatórios no que diz respeito aos níveis de iluminação à visualização do espaço, favorecendo estudos mais detalhados e um melhor desenvolvimento do projeto. Ressalta-se que o próprio modelo tridimensional usado no desenvolvimento da proposta arquitetônica pode ser usado na simulação desde que considerados os aspectos relacionados à correta especificação dos materiais e fontes luminosas, aos algoritmos implementados e aos recursos de modelagem suportados por estas ferramentas.

2.3 Formalização do projeto e a definição das soluções

Com a formalização do projeto e a definição da forma, pode-se utilizar programas para a visualização da incidência dos raios solares de modo a prever a quantidade de luz natural direta que irá atingir as fachadas para um melhor posicionamento das aberturas e para a criação, se necessário, de elementos de controle e redirecionamento da luz (brises, prateleiras de luz, etc.), diminuindo a incidência direta e os custos posteriores com o controle térmico dos ambientes. Isso auxiliará na definição da melhor solução para a implantação da edificação e desenho das fachadas, assim como a especificação dos materiais a serem utilizados.

A partir da distribuição dos ambientes internos e do mobiliário, é possível modelar tridimensionalmente o ambiente estudado e aplicar os programas de simulação para visualizar a incidência da luz e calcular os níveis de iluminação existentes, principalmente em área críticas, tais como a área logo abaixo das janelas, onde a incidência é maior, e nas áreas opostas às aberturas, onde, normalmente, os níveis de luz são mais baixos, necessitando de uma complementação através de iluminação artificial, em determinadas horas do dia e períodos do ano.

A iluminação artificial deve ser simulada quando os materiais, lâmpadas e luminárias a serem utilizadas já tiverem sido definidos, bem como os sistemas de iluminação a serem implantados, de forma a melhor se adequar às tarefas a serem desenvolvidas nos espaços.

2.4 Verificação dos resultados

Com as alternativas definidas, é possível simular as condições propostas e analisar os resultados obtidos, a partir dos dados quantitativos e qualitativos disponibilizados pelas ferramentas, de forma a escolher aquela que mais se adequa aos requisitos propostos para a solução do problema.

Através da modificação das características das lâmpadas e luminárias e das especificações dos materiais, o projetista pode adequar a solução às necessidades de conforto luminoso, otimizando o consumo energético e melhorando a percepção estética do ambiente.

⁴ Aplicativo para estudos de iluminação e *rendering*, da *Autodesk Inc, San Francisco, USA*. Site na Internet: <http://www.lightscape.com>

⁵ Programa para simulação da iluminação artificial e natural, desenvolvido pela *Lighting Technologies Inc, Colorado, USA*. Site na Internet: <http://www.lighting-technologies.com>

3. EXPERIMENTAÇÃO

Para verificar a possibilidade do uso da simulação computacional no desenvolvimento de projetos de iluminação, foi desenvolvido um experimento de forma a simular um ambiente desde sua orientação, na etapa de concepção, até a documentação da solução projetual, considerando somente aspectos relacionados à iluminação natural e artificial.

3.1 O Ambiente

O ambiente projetado é uma sala de aula de 10,00 x 7,00 x 3,00 metros, localizada em Salvador, latitude 12,95° Sul e longitude 38,50° Oeste, num lote cuja testada é orientada para o Norte. A sala deve conter janelas para o exterior e mobiliário (mesas, cadeiras e quadro-negro).

As especificações das lâmpadas, luminárias, materiais e mobiliário foram tomadas ao longo do processo, bem como o posicionamento e dimensionamento das aberturas e sua orientação.

3.2 As Ferramentas Utilizadas

Para a simulação foram usados os seguintes programas:

- **Luz do Sol** – programa que fornece tabelas e gráficos com estimativas das intensidades da radiação solar incidente sobre o plano horizontal ou vertical com qualquer orientação, conforme a latitude e para todas as horas e dias do ano, além de gerar projeções dos raios solares (luz solar direta) através de uma janela, descrevendo geometricamente a incidência do sol em ambientes definidos;
- **Lumen Micro 2000** – Programa que faz cálculos, mostra o efeito, define cor, textura e materiais e verifica o efeito da iluminação em um projeto; e
- **Lightscape 3.2** – Aplicativo que simula as fontes de luz e os materiais segundo suas propriedades e comportamentos físicos, produzindo imagens fotorealísticas. Tem como principais aplicações, a simulação dos efeitos da iluminação, análise fotométrica quantitativa, *rendering* e animação.
- **Cálculos Luminotécnicos - Lumini** - aplicativo desenvolvido pela LUMINI (fabricante de luminárias) para o cálculo do número de luminárias necessárias em determinado ambiente, que permite a exportação dos dados da luminária, em arquivos IES⁶ contendo as suas especificações e o diagrama de distribuição luminosa, para o programa de simulação,.

3.3 Resultados

Com a utilização do programa **Luz do Sol**, foi possível escolher a melhor orientação para as janelas, sendo estas orientadas a 60° Nordeste, recebendo a incidência solar durante a manhã e em menor quantidade de horas no verão (figura 1). Com a orientação definida, estudou-se a projeção dos raios solares na janela e verificou-se uma situação em que haveria a necessidade de utilizar um brise horizontal sobre a janela com largura de 1,0 metro de forma a diminuir a incidência direta dos raios solares sobre as mesas de trabalho (figura 2).

⁶ Formato de arquivo da *Illuminating Engineering Society* para transferência de dados com a fotometria de luminárias

Como o espaço projetado refere-se a um ambiente específico, considerou-se somente a orientação da fachada onde as janelas estariam posicionadas, apesar de, para um projeto completo, seria necessário o estudo da melhor orientação em relação a edificação como um todo, o que não foi possível para o experimento em questão.

No *software Lumen Micro*, foi construído o modelo geométrico tridimensional e especificados os materiais e as fontes luminosas para o projeto de iluminação. Apesar do programa determinar o nível de iluminamento médio resultante no plano de trabalho e ser possível testar diversas configurações de disposição das luminárias e tipos de lâmpadas, foi utilizado aplicativo **Cálculos Luminotécnicos - Lumini**, para o cálculo do número de luminárias necessárias, reduzindo o tempo com as simulações.

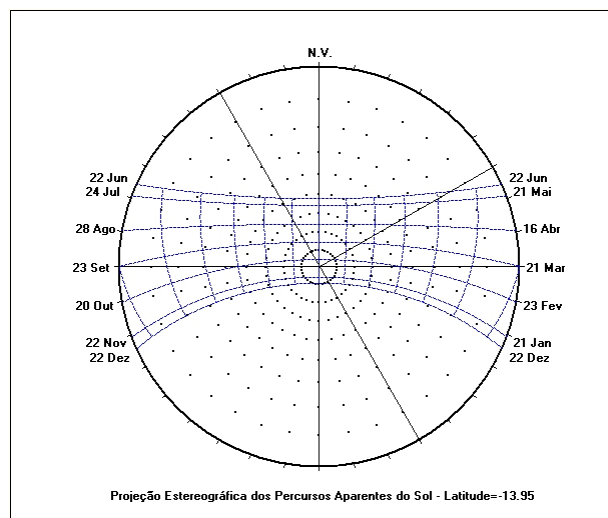


Figura 1 – Percurso Aparente do Sol para Salvador

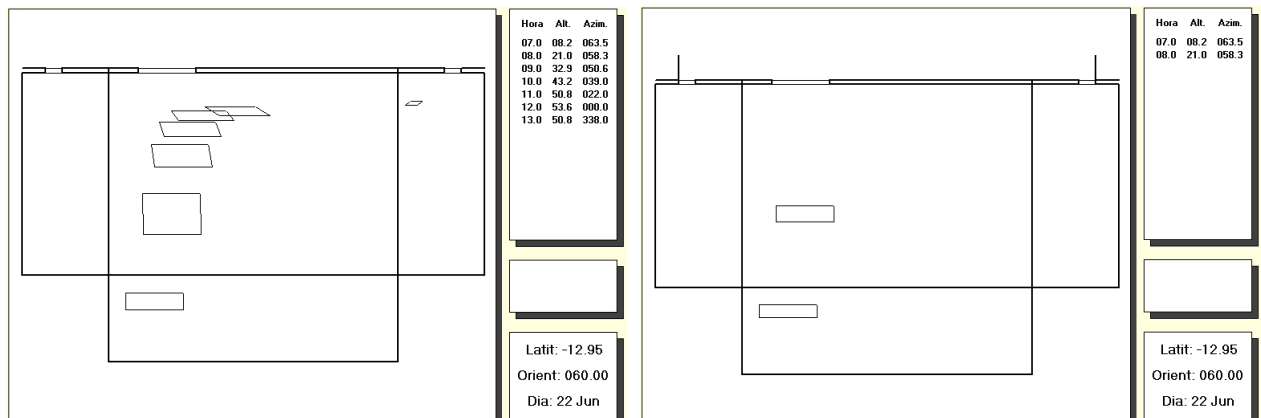


Figura 2 – Gráfico da projeção dos raios solares na janela sem (esquerda) e com (direita) a utilização do brise

O mesmo modelo foi importado para o **Lightscape**, tendo os materiais e as fontes luminosas configuradas conforme os parâmetros definidos no **Lumen Micro**, de forma a calcular a iluminação do ambiente e comparar os resultados obtidos em relação aos valores numéricos e à percepção visual do ambiente.

Assim, para a simulação da iluminação natural, foi considerado o dia 22 de junho (solstício de inverno), com a abóbada celeste definida como céu claro, as 9:00 horas. Para a simulação da iluminação artificial, foram colocadas oito luminárias para 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W, que resultaram num nível de iluminância de 297 lux. O teto foi definido na cor branca, as paredes na cor

cinza claro e o piso em um tom de cinza médio. Esses parâmetros foram configurados nos programas de simulação que forneceram a visualização do ambiente com a geração de imagens texturizadas (figuras 3 e 4) e a determinação dos níveis de iluminação no plano de trabalho disponibilizados na forma de um gráfico isolux (figura 5) e uma imagem em falsa cor (figura 6).

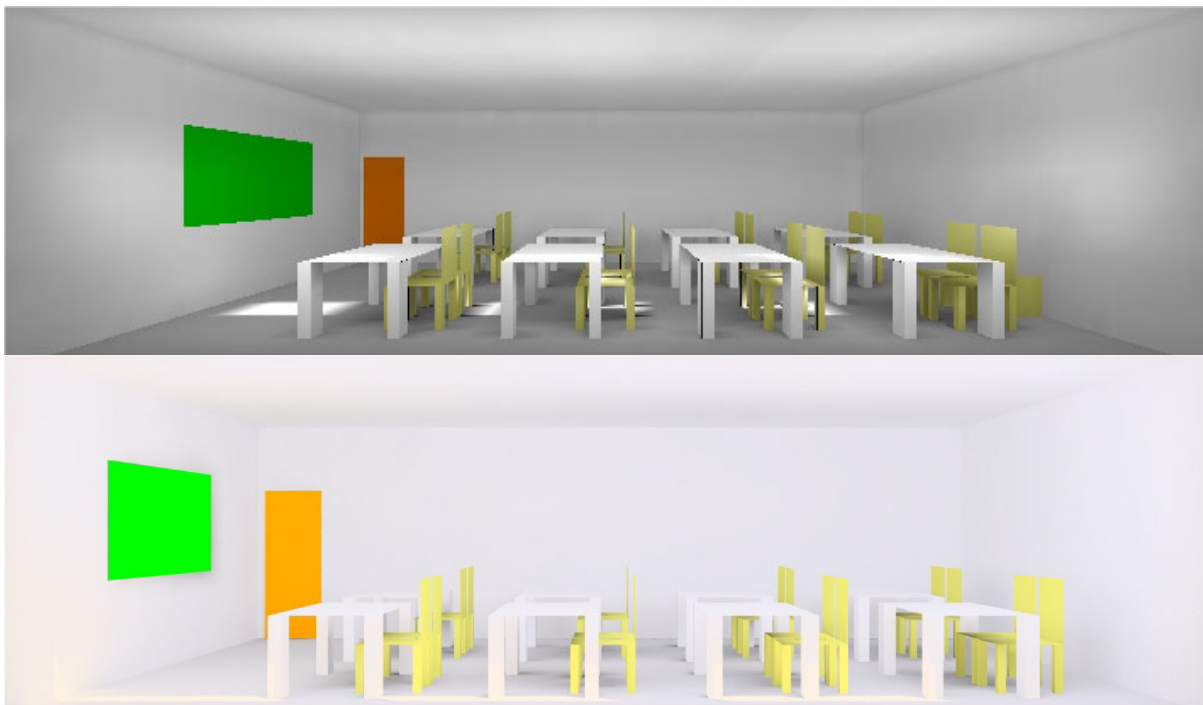


Figura 3 – Imagem gerada no Lumen Micro e no Lightscape respectivamente, simulando a iluminação natural.



Figura 4 – Imagem gerada no Lumen Micro e no Lightscape respectivamente, simulando a iluminação artificial.

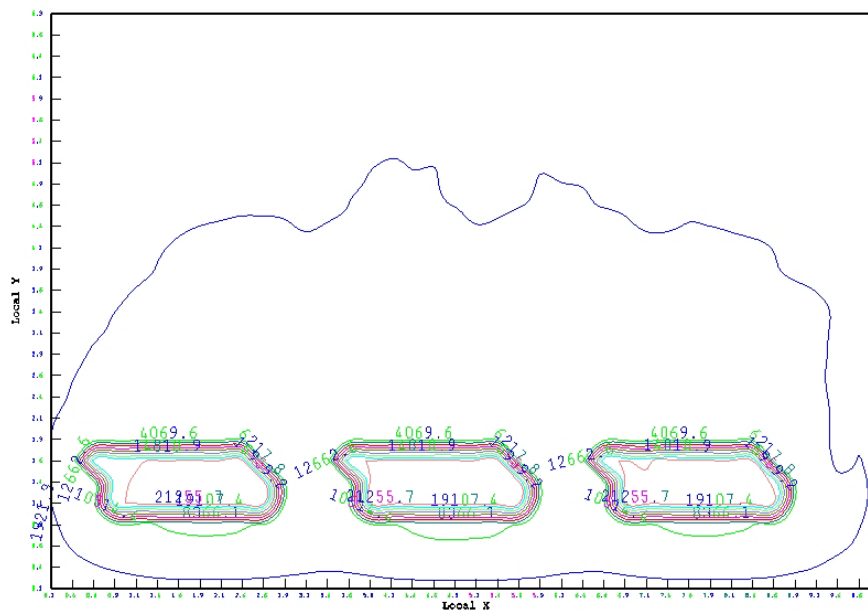


Figura 5 – Gráfico de isolux gerado a partir da simulação no Lumen Micro

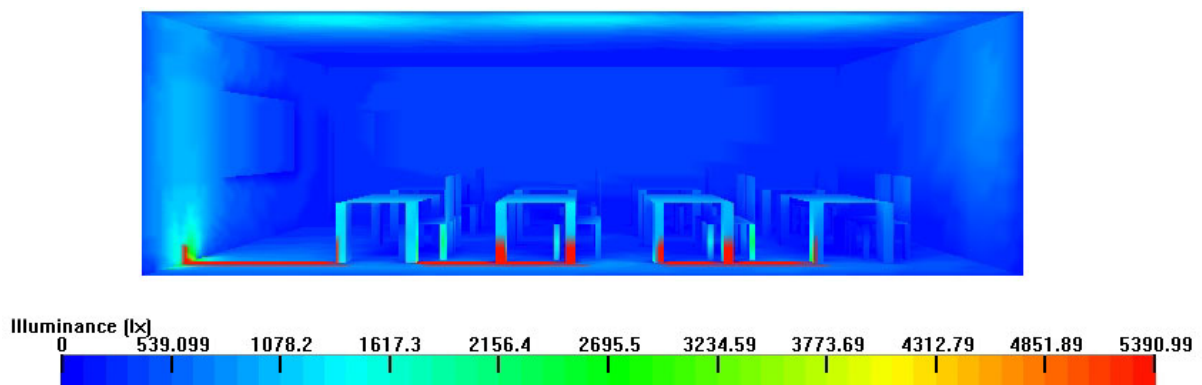


Figura 6 – Imagem em falsa cor gerada no Lightscape

4. CONCLUSÃO

A partir dos estudos desenvolvidos e com o experimento realizado, foi possível estabelecer um conjunto de procedimentos para a utilização da simulação computacional no desenvolvimento de projetos e verificar que o mesmo é um importante instrumento para a projeção da iluminação, visto que auxilia o arquiteto na definição das variáveis relacionadas com o conforto lumínico, evitando que modificações, quase sempre onerosas, tenham que ser realizadas após a execução da obra.

O uso adequado dessas ferramentas possibilita a visualização do espaço projetado, o que não acontece com os métodos tradicionais de projeto, e permite obter a distribuição dos níveis de iluminação do ambiente de forma rápida e eficiente, sem a necessidade de cálculos exaustivos feitos manualmente.

Os procedimentos propostos permitem a aplicação de diversos tipos de ferramentas no processo projetual, desde que se conheça suas características, capacidades, aplicações e, principalmente, suas limitações, no que se refere à interação da luz com as superfícies do ambiente.

É possível, contudo escolher uma determinada ferramenta, que seja mais complexa, e com os procedimentos propostos, aplicá-la a todos os estudos de iluminação natural e/ou artificial, de modo a

chegar a resultados que possibilitem uma avaliação das condicionantes de desempenho da proposta projetual de modo a verificar se estas estão de acordo com os requisitos estabelecidos no programa arquitetônico.

Assim, conclui-se que projetos de iluminação podem ser desenvolvidos a partir de tal procedimento, aplicando os recursos informatizados como indutores no processo de busca da melhor alternativa de solução.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAM, William M. C. **Sunlighting as formgiver for architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. 464 p.

LIMA, Thais Borges Sanches. **Uso da simulação computacional em projetos de iluminação interna**. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

SILVA, Elvan. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS, 1998. 125 p.