



PROJETO EXPERIMENTAL DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM SISTEMAS LATERAIS EM CONDIÇÕES DE ENTORNO CONSTRUÍDO

Mirna S. S. Bracarense (1); Patrícia R. S. Jota (1); Eleonora S. Assis (2).

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, CPEI - Centro de Energia Inteligente, Avenida Amazonas, 7675, Nova Gameleira, 30510-000, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, tel. +(55)31-3319-5213,

E-mails: santosmirna@hotmail.com; prsjota@des.cefetmg.br

(2) Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Escola de Arquitetura, Dep. Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, Rua Paraíba, 697, Funcionários, 30130-140, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, tel. +(55)31-3269-1851, E-mail: elsad@arq.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho trata da análise da iluminação natural no interior do ambiente construído, obtida por diversas combinações entre aberturas laterais e beirais, variando-se as refletâncias das superfícies internas e em condições de entorno construído. O objetivo principal é contribuir para o aperfeiçoamento das normas técnicas e validação de modelos matemáticos. Adotou-se uma metodologia estatística de “Projeto experimental”, onde os fatores arquiteturais escolhidos foram estudados segundo o Projeto Fatorial de Três Níveis. A abordagem de avaliação foi, assim, mais objetiva e propiciou a validação dos resultados. Os dados de todas as combinações dos fatores foram coletados sob condições de céu real utilizando-se modelos físicos de um ambiente com cores internas branca e preta. A análise dos efeitos próprios dos fatores e da existência de interação entre eles é necessária para evitar o falseamento das conclusões. Comprovou-se que a distribuição de luz natural interior é afetada pelas condições de refletância exterior e interior das superfícies; pela relação proporcional da janela e beiral e que existem interações significativas entre os fatores. Constatou-se que as condições de entorno construído podem contribuir para os iluminamentos no interior do ambiente construído e devem ser objeto de consideração nas normas técnicas e nos projetos de iluminação.

ABSTRACT

This paper deals with the analysis of daylight inside buildings, which is obtained under different interior surface reflectance through side windows and overhangs at constructed exterior conditions. The aim of this work is to contribute to the practice code and calculation models. This study adopted the methodology for “Experimental Design”, where some architectural factors were studied according to the Factorial Design. This statistical method has enabled a more objective assessment approach, besides validating the results. The analysis of the single effects of the factors as well as its interactions is necessary to avoid misinterpretation. Physical scaled models with interiors in white and black were used to obtain the

daylight data, measured under real sky exposure. The experiment outcome analysis proved that the daylight distribution inside buildings is affected by the conditions of the interior and exterior surface reflectance; the proportion relation between the window and the overhang; the existence of significant interactions between the window and overhang, which means, there is no independence of effects. The exterior constructed conditions could contribute to the illuminance levels inside buildings and must be taken into consideration in the practice code and illumination design.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural é um importante fator de conforto nos ambientes interiores, além de diminuir o consumo energético dos edifícios para iluminação artificial. De fato, estima-se que, no Brasil, cerca de 12% do consumo desagregado de energia no setor residencial deve-se à iluminação artificial (JANNUZZI e SCHIPPER, 1991), enquanto nos setores comercial e de serviços esse consumo pode chegar a 44% ou mais (ROMERO, 1992). Uma boa parte desse gasto de energia para iluminação artificial poderia ser poupado, através da utilização mais intensiva do recurso natural, principalmente tendo em vista a grande disponibilidade de luz dos céus brasileiros.

Entretanto, há ainda muito pouco subsídio técnico para o projeto de iluminação natural, pois a literatura normalmente se concentra na avaliação da disponibilidade de luz e na apresentação de ferramentas para o projeto em condições de entorno desobstruído, o que não corresponde à realidade em áreas urbanizadas. Este estudo procurou, assim, avaliar o comportamento da iluminação natural lateral em ambiente interior obtida por combinações entre áreas de janelas e beirais de comprimentos variados, considerando também a variação das reflexões das superfícies externas e internas do ambiente.

Para lidar com estas situações, mais realistas do ponto de vista das condições de projeto em meio urbano, o experimento utilizou uma metodologia estatística para o seu gerenciamento, possibilitando a validação dos resultados. O método fatorial de Três Níveis foi o mais adequado a ser utilizado porque existe uma relação não linear entre a saída do processo em análise e os fatores que são variados no projeto experimental. Os experimentos de medição de luz natural com o modelo físico em escala reduzida foram efetuados simulando as condições de entorno construído. Foi possível obter mais informação e com menor custo, do efeito de cada um dos fatores arquiteturais escolhidos e suas interações na resposta final expressa pela Contribuição de Luz Natural (CIN) no interior do ambiente (BRACARENSE, 2003; BRACARENSE et al, 2004).

As observações físicas quantitativas podem ajudar na tomada de decisão na fase de projeto de arquitetura, porém seu grande potencial está também no desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de modelos de dimensionamento de sistemas de aberturas para iluminação natural, bem como na geração de subsídios para o aperfeiçoamento da legislação construtiva, principalmente dos códigos municipais de obras. Ressalte-se, com relação a estes últimos, que os códigos brasileiros são, na sua grande maioria, muito antiga e obsoleta, sendo que na maior parte deles, os artigos que se referem à iluminação dos cômodos é idêntico, não importando a localização geográfica da cidade, o tipo de céu local ou a orientação solar do cômodo no terreno. Tendo em vista a produção de vários trabalhos na última década no país sobre iluminação natural e ferramentas para sua estimativa e projeto, muito já pode ser feito no sentido de atualizar nossa legislação construtiva. Este trabalho pretende contribuir para isso.

2. METODOLOGIA DO PROJETO DO EXPERIMENTO

Foram fixados dois fatores para análise, o comprimento do beiral (fator A) e a área da janela (fator B), cada um deles em três dimensões (níveis). Foi feita uma análise da resposta obtida na iluminação natural interior de um modelo reduzido em decorrência das combinações possíveis entre os fatores em estudo. Na definição dos dimensionamentos das áreas das janelas e comprimento do beiral, foram consideradas as normas relativas a iluminação natural nas edificações contidas no Código de Obras de Belo Horizonte (BELO HORIZONTE, 1940).

Os valores estabelecidos para os fatores em estudo nesta fase e a correspondência aos códigos de níveis do projeto Fatorial de Três Níveis podem ser vistos na TAB.1 (BRACARENSE, 2003; BRACARENSE et al, 2004).

TABELA 1 - Níveis dos fatores arquiteturais

| Nível | Código do Nível | Fator A (cm) | | Fator B (cm ²) | |
|-------|-----------------|--------------------|--|----------------------------|--|
| | | Comprimento Beiral | | Área janela | |
| Baixo | 0 | 0 | | 1/8 | |
| Médio | 1 | 100 | | 1/6 | |
| Alto | 2 | 200 | | 1/5 | |

O experimento completo foi composto por nove testes, ou seja, existem nove tratamentos combinatórios dos dois fatores em três níveis cada (TAB. 2).

TABELA 2 - Tratamento combinatório segundo a ordem de Yates

| TESTES | | FATORES ARQUITETURAI | |
|--------|--|-----------------------|-------------------------------------|
| Ordem | | Beiral - Fator A (cm) | Janela - Fator B (cm ²) |
| R1 | | 0 | 1/8 |
| R2 | | 100 | 1/8 |
| R3 | | 200 | 1/8 |
| R4 | | 0 | 1/6 |
| R5 | | 100 | 1/6 |
| R6 | | 200 | 1/6 |
| R7 | | 0 | 1/5 |
| R8 | | 100 | 1/5 |
| R9 | | 200 | 1/5 |

A variável de saída escolhida foi o nível de iluminação natural em quatro pontos internos, expresso pela CIN (contribuição de iluminação natural). A CIN é equivalente ao Fator de Luz Diurna (DF) aplicado para quaisquer condições de céu com distribuição de luminâncias conhecida, apresentando valores constantes para qualquer ponto do ambiente (SOUZA, 1997).

Os dados de cada experimento completo foram avaliados segundo a metodologia do Fatorial de Três Níveis, obtendo-se o efeito dos fatores em análise com 99% de certeza através da análise de variância ANOVA. Foi avaliado o efeito dos fatores, isto é, os efeitos próprios inerentes ao efeito que cada fator causa na saída, eliminando os demais efeitos de fatores e/ou interação entre eles. Também se avaliou a existência de interação entre os fatores, ou seja, o efeito combinado de dois ou mais fatores na saída do sistema em análise (BRACARENSE, 2003; BRACARENSE et al, 2004).

3. O EXPERIMENTO DE MEDIÇÕES DE LUZ NATURAL COM O MODELO FÍSICO

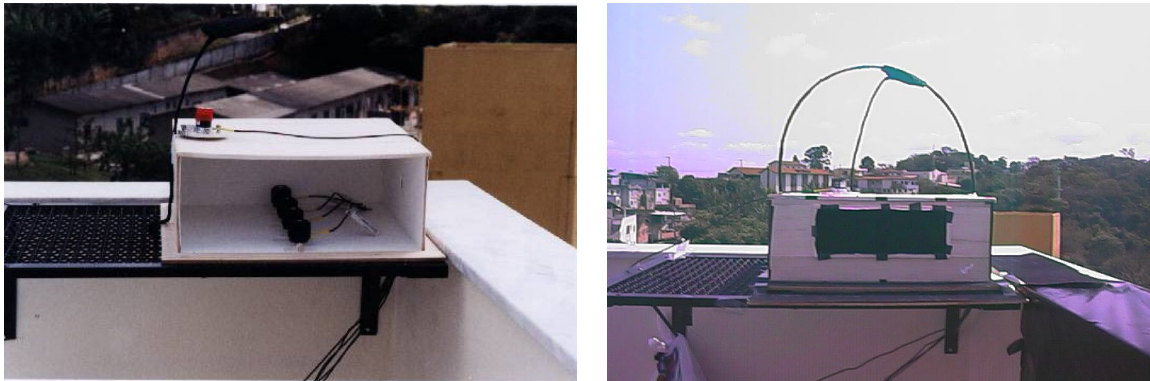
Foram realizadas medições utilizando-se o modelo físico sob condições de céu real, variando-se as dimensões de janelas e beirais, além das refletâncias das superfícies interiores. Foi efetuada a verificação do efeito destes fatores nos níveis de luz natural ao longo do eixo de medição na altura do plano de trabalho. As aberturas de iluminação natural foram orientadas a sul, por receber maior parcela de luz difusa nesta localidade. Este estudo foi realizado na latitude de 20° sul em Belo Horizonte. O experimento foi realizado segundo experiências relatadas por vários autores. (HOPINKSON, 1963, 1984; LAM, 1986; MOORE, 1991). O procedimento experimental foi planejado para a execução dos testes do experimento completo de modo que todas as medições fossem feitas no menor tempo possível para manter as mesmas condições de luminância da abóbada celeste. As medições foram feitas em um local com vista desobstruída, considerando-se que a iluminação recebida em um ponto dependerá principalmente do entorno observado a partir do ponto e das propriedades luminosas deste entorno (SOTERAS, 1985).

Foi utilizado um modelo em escala de 1/20, reproduzindo um ambiente com as dimensões reais de 700cm x 700cm x 280cm. O modelo possui uma abertura unilateral localizada no centro de uma única parede contando com três possibilidades de áreas de janelas e de comprimento de beirais. Todas as nove combinações possíveis entre as janelas e os beirais foram feitas separadamente e adaptadas no modelo *tipo* do ambiente, segundo a necessidade experimental. O estudo utilizou um modelo pintado internamente com tinta látex fosca branca (Componente de Reflexão Interna - CRI máxima) e o outro modelo recoberto internamente com camurça fosca preta (CRI mínima), permitindo que seja feita a avaliação do efeito da reflexão interna das superfícies nos níveis de iluminação sobre o plano horizontal de tarefa visual do ambiente. As superfícies externas de reflexão consideradas foram o guarda-corpo e o piso da cobertura do edifício onde o experimento foi montado, que tem o piso cerâmico cinza claro e paredes de cor clara, gerando, assim, a Componente de Reflexão Exterior (CRE), normalmente ausente nesse tipo de estudo.

Dentro do modelo, foram colocadas quatro fotocélulas equivalentes à altura de 75 cm do piso alinhadas no centro do ambiente em posição normal à janela, para as medições dos níveis de iluminação natural no plano de trabalho à medida que se afasta da janela. As medidas foram feitas simultaneamente no interior e no exterior do modelo para se obter a contribuição de iluminação natural (CIN) no ambiente. Foi utilizada uma fotocélula externa sobre um nivelador para as leituras externas simultâneas. Como as medições externas devem ser relativas à luz difusa do céu, foi necessário fazer o sombreamento da fotocélula externa.

Todas as possibilidades do tratamento combinatório entre áreas das janelas e comprimento do beiral foram feitas em peças separadas a serem colocadas no modelo *tipo* do ambiente, segundo as necessidades experimentais. Nas medições de iluminâncias foi utilizado um sistema de medição composto por fotosensores, dispositivo para a armazenagem dos dados medidos (datalogger) e um computador portátil. Foram obtidos os valores das iluminâncias em cinco pontos, quatro internos e um externo, em cada intervalo de tempo estipulado para as leituras.

As medições se concentraram no horário matutino, com a duração de 29 minutos para se realizar cada experimento completo. As leituras de cada teste tiveram a duração de 60 segundos, com médias armazenadas a cada 15 segundos, resultando em 60 leituras para cada tratamento combinatório e 4 valores médios armazenados. Fizeram-se anotações do tratamento combinatório em curso e o seu horário, além de observações gerais acerca das condições de céu (FIG.1).



**Figura 1 - À esquerda o modelo branco (aberto para mostrar as fotocélulas no interior) e à direita o preto (este montado com um dos tamanhos da janela e do beiral).
(Extraído de BRACARENSE, 2003).**

4. RESULTADOS

Depois da validação dos valores obtidos através da análise de variância (ANOVA), obteve-se o intervalo de confiança com erro máximo entre as medidas de 1%. Foram traçados os gráficos dos valores da Contribuição de Iluminação Natural (CIN) para os nove testes de cada experimento e que pode ser visto na FIG.2 (BRACARENSE, 2003).

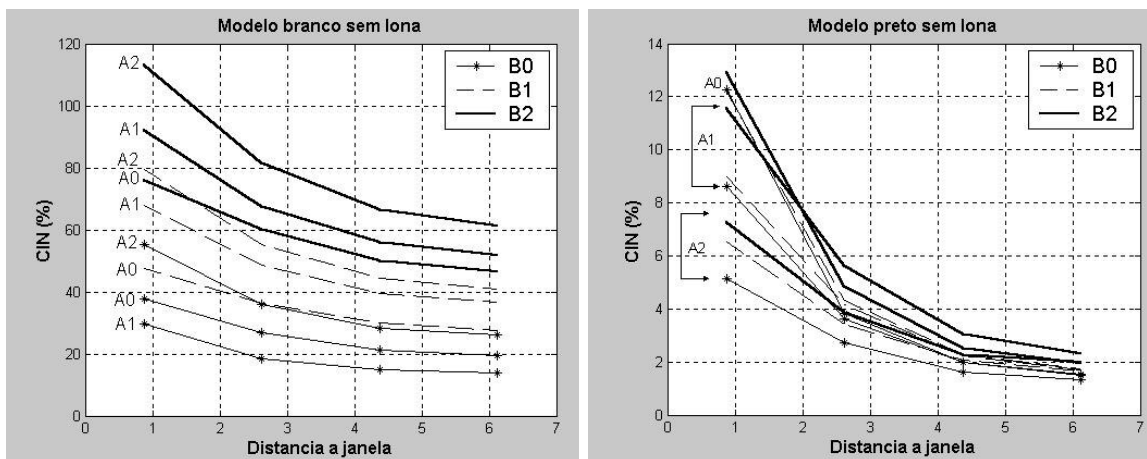


Figura 2 – Gráficos de CIN para cada experimento completo: modelo Branco e Preto

Pode-se observar os altos níveis de CIN obtidos em todos os testes do Modelo Branco, notadamente nas combinações A2-B2 (maior beiral e maior janela), A1-B2 e mesmo A0-B2 (sem beiral e maior janela). Na medida em que se diminui a área da janela, o efeito do beiral não é proporcional à essa diminuição, observando-se uma saída maior de CIN na combinação A0-B0 (sem beiral e menor janela) que na A1-B0 (menor beiral e janela média). Já os níveis obtidos nos testes do experimento no Modelo Preto foram bem menores. A combinação A2-B0 (maior beiral e menor janela) obteve os menores níveis.

Outro critério adotado para avaliação do desempenho luminoso do ambiente foi que os valores de CIN devem estar acima de 2% e as iluminâncias acima de 300 lx. A CIN fornece um critério qualitativo, possibilitando um controle do ofuscamento. Os valores das iluminâncias fornecem a quantidade de luz no ambiente. Os dois critérios propostos sendo atingidos simultaneamente podem refletir melhor o desempenho luminoso do ambiente. A análise dos resultados das saídas dos experimentos foi colocada no QUADRO 1 (BRACARENSE, 2003).

QUADRO 1 - Avaliação dos resultados das saídas dos experimentos

| Avaliação dos resultados médios obtidos nas saídas dos experimentos | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|----|----|----------------------|---|----|----|--|
| Experimento | CIN > 2% | | | | Iluminância > 300 lx | | | | |
| | Ponto | | | | Ponto | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Modelo Branco | Todos os testes em todos os pontos atendem aos mínimos estabelecidos. | | | | | | | | |
| Modelo Preto (27.09.2002) | | | R1 | R1 | | | R1 | R1 | |
| | | | | R2 | | | R2 | R2 | |
| | | | R3 | R3 | | | R3 | R3 | |
| | | | | R4 | | | R4 | R4 | |
| | | | | R5 | | | R5 | R5 | |
| | | | | R6 | | | R6 | R6 | |
| | | | | R7 | | | | R7 | |
| | | | | | | | | R8 | |
| | | | | | | | R9 | R9 | |

Os efeitos próprios dos fatores *beiral* (Fator A) e *janela* (Fator B) são apresentados nos gráficos da FIG.3 e o QUADRO 2 resume os resultados alcançados nos experimentos (BRACARENSE, 2003).

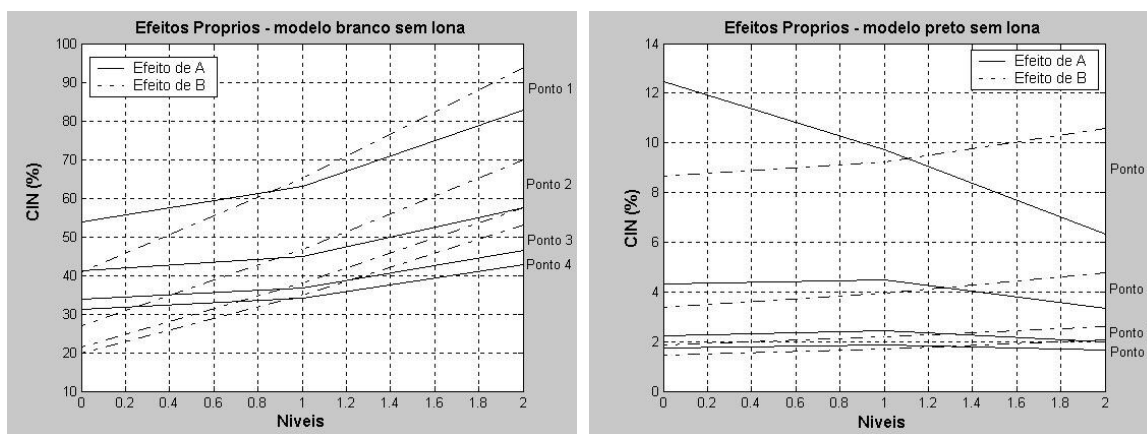
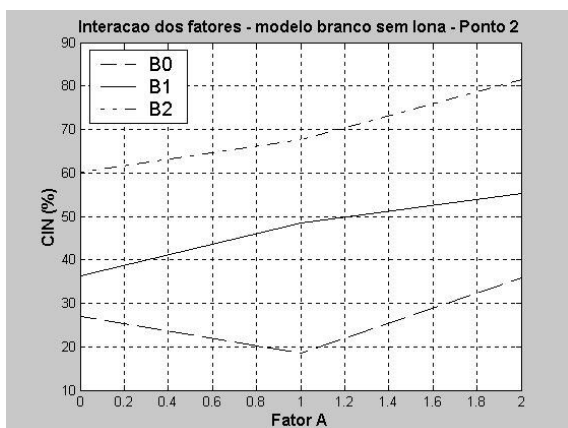


Figura 3 – Efeitos próprios do fator A (Beiral) e fator B (Janela) nos modelos Branco e Preto
O Projeto Fatorial de três Níveis possibilita a construção de superfícies tridimensionais das respostas do experimento, visualizando-se bem a interação entre os fatores. As interações entre os fatores A (Beiral) e B (Janela) no ponto 2 para o modelo Branco e Preto são apresentadas na FIG.4.

Ponto 2 (Modelo Branco)



Ponto 2 (Modelo Preto)

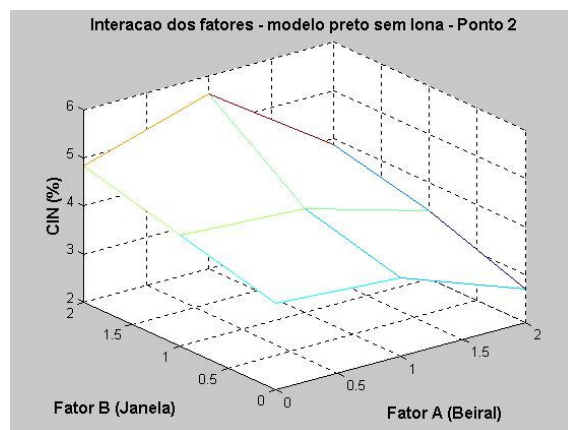
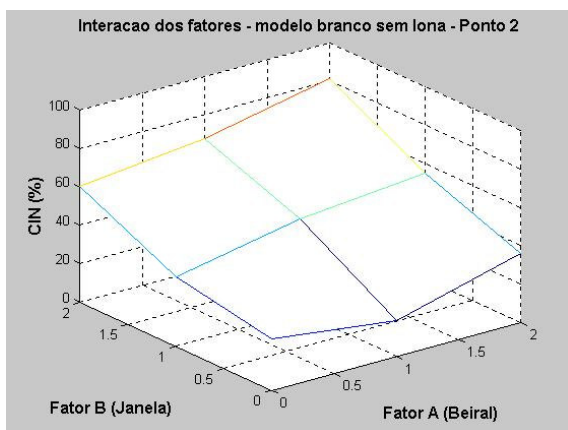
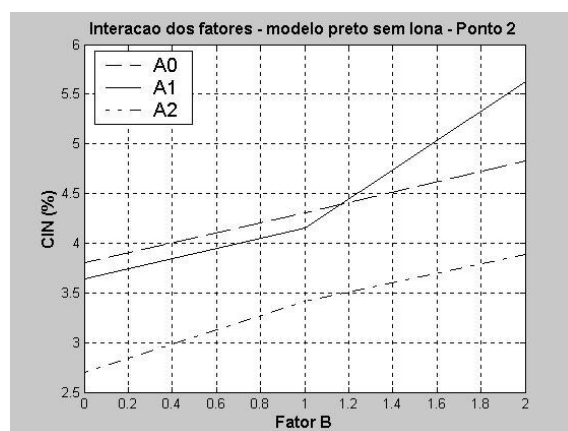
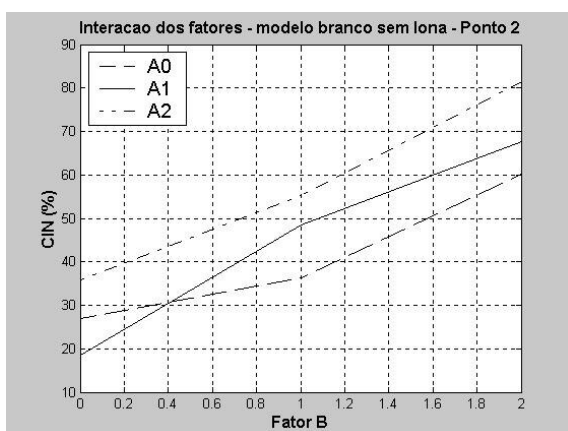
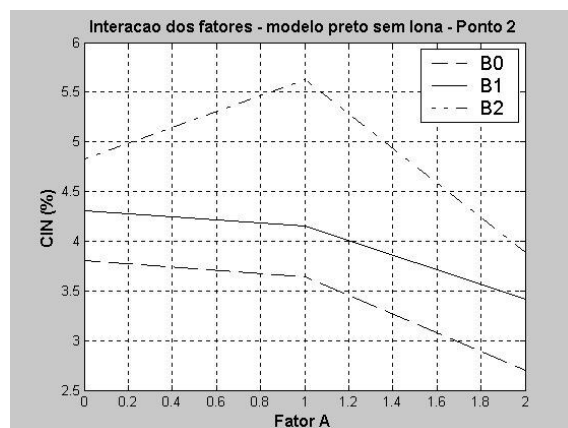


Figura 4 – Gráficos de interações entre os fatores no ponto 2 para o modelo Branco e Preto (Extraído de BRACARENSE, 2003)

O QUADRO 2 apresenta uma síntese dos resultados dos efeitos dos fatores arquiteturais através da análise gráfica dos experimentos.

QUADRO 2 – Resultados dos efeitos dos fatores nos experimentos (BRACARENSE 2003).

| EFEITOS MÉDIOS DOS FATORES NA SAÍDA CIN (%) | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Experimento | Gráficos dos efeitos próprios | | Gráficos das Interações |
| | Aumento do Beiral | Aumento da janela | Interação AB |
| | Fator A | Fator B | |
| Modelo Branco Entorno construído | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento mais significativo dos valores da CIN nos pontos mais próximos da abertura. • Aumento maior da CIN com o aumento dos níveis do beiral para todos os pontos medidos. | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento mais significativo dos valores da CIN nos pontos mais próximos da abertura. • Não há tendência a saturação da CIN. | <ul style="list-style-type: none"> • Existência de interações fortes entre os fatores. |
| Modelo Preto Entorno construído | <ul style="list-style-type: none"> • Diminuição mais intensa da CIN para o ponto mais próximo da abertura. • Valores constantes de CIN nos pontos afastados da abertura (2, 3 e 4) até o beiral médio (nível 1). • Diminuição discreta dos valores da CIN a partir do beiral médio (nível 1) para os pontos afastados da abertura (2, 3 e 4). | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento dos valores da CIN para os pontos próximos à janela (1 e 2). • A partir da janela média (nível 1), os valores aumentam com uma maior intensidade. • Os valores da CIN nos pontos mais afastados da abertura (3 e 4) estão muito próximos entre si. • Não há tendência a saturação da CIN. | <ul style="list-style-type: none"> • Existência de interações fortes entre os fatores. |

5. CONCLUSÕES

Foi utilizado um método estatístico de Projeto Experimental nas medições de luz natural com o modelo físico de um ambiente, objetivando e validando os resultados obtidos. A metodologia estatística possibilitou o estudo dos efeitos próprios resultantes de cada fator e avaliou a possibilidade de existência de interações entre eles. Conseguiu-se através desta análise evitar o falseamento das conclusões alcançadas, o que poderia ter ocorrido caso fosse utilizado o método estatístico “um fator de cada vez”.

Este trabalho também propôs um critério de avaliação considerando-se como condições ideais de iluminação para a sala analisada os valores de CIN maior que 2% e iluminância maior que 300 lx. A avaliação dos resultados obtidos (Quadro 1) mostra que todos os testes com modelo Branco atingiram os dois critérios de análise do desempenho luminoso proposto neste trabalho. Alguns testes com o modelo

Preto não alcançaram os níveis propostos nesta avaliação. Os valores alcançados reforçam a importância da contribuição da CRI nos iluminamentos no interior do ambiente. Através da análise dos locais onde estes mínimos não foram atingidos, pode-se projetar um sistema de iluminação que contemple a utilização da iluminação artificial suplementar, apenas de forma complementar à luz natural, o que resulta em economia de energia (HOPINKSON et al, 1984; MASCARÓ, 1992).

A análise dos dados comprovou que a condição de refletância interior afeta a eficiência de distribuição de luz natural no ambiente obtida pelos sistemas arquiteturais estudados. Os resultados obtidos da CIN no experimento com modelo Branco superam em muito o do modelo Preto mostrando claramente a influência da refletância dos acabamentos escolhidos no nível de iluminamento interior. Constatou-se a importância na utilização de cores claras nas superfícies interiores de um ambiente como uma alternativa viável para o aumento dos níveis de iluminâncias.

O comportamento observado dos efeitos próprios de cada fator arquitetural evidencia a influência da CRE na CRI. O aumento do beiral no modelo Branco contribuiu para o aumento dos valores da CIN, enquanto que no modelo Preto o resultado foi o oposto, pois, havendo pouca reflexão interna da luz, a iluminância sobre o plano de trabalho torna-se muito dependente da Componente de Céu (CC), cuja contribuição é barrada com o aumento do beiral. Constatou-se que a relação proporcional da janela e do beiral afeta a condição interna de distribuição de luz.

O comportamento observado do aumento da janela no modelo Branco e no Preto contribuiu para o aumento dos valores da CIN, porém não apresentou o efeito de saturação esperado como pode acontecer em condições de entorno desobstruído (citar fonte). Isto demonstra a contribuição que o entorno construído pode oferecer nos iluminamentos no interior do ambiente e deve ser objeto de análise mais aprofundada.

Existem interações significativas entre a janela e o beiral em condições de entorno construído, ou seja, não existe independência de efeitos na distribuição de luz natural no ambiente analisado. A maioria dos experimentos realizados de iluminação não leva isto em conta, o que pode levar a conclusões falsas.

As normas contidas no Código de Obras de Belo Horizonte recomendam o aumento da área da janela em função da existência de beiral acima de um metro, porém o aumento dos níveis de luz depende também das condições de entorno. Em condições de entorno construído o aumento do beiral em superfícies claras influencia na reflexão de luz, colaborando para o seu aumento e não deve ser desconsiderado.

Os resultados obtidos neste estudo podem servir como base de desenvolvimento de modelo de dimensionamento a ser incorporado nos Códigos de Obras de Edificações. Pode-se agregar algumas das conclusões em projetos de iluminação, tirando partido dos componentes arquiteturais, refletâncias das superfícies e condições de entorno para um projeto integrado do sistema artificial e natural, visando conforto ambiental e economia de energia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELO HORIZONTE, Secretaria Municipal de Atividades Urbanas (1940), *Código de Obras de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal.
- BRACARENSE, M. S. S. (2003) *Projeto Experimental de Iluminação Natural em Sistemas Laterais: estudos comparativos de fatores arquiteturais*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 239 p.
- BRACARENSE, M. S. S.; JOTA, P. R. S.; ASSIS, E. S. (2004), “Vantagens do uso do Projeto Experimental em estudos de iluminação natural em sistemas laterais”. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC, 2004, São Paulo. CD-ROM.

- BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991). *NBR-5413: Iluminância de interiores*, Rio de Janeiro: ABNT.
- HOPKINSON, R. G. (1963) *Architectural Physics – Lighting*. London: Department of Scientific and Industrial Research, Building Research Station, 360 p.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. (1984) *Iluminação Natural*, Tradução de A. S. Faria, Lisboa: Fundação C. Gulbenkian, 788 p.
- JANNUZZI, G. M.; SCHIPPER, L. (1991), “The structure of electricity in the Brazilian household sector”, *Energy Policy*, p. 879-891
- LAM, W. M. C. (1986) *Sunlighting as formgiver for architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 464 p.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. (1992) *Uso racional de energia elétrica em edificação – Iluminação*. São Paulo: ABILUX, ELETROBRÁS/PROCEL, 33p.
- MOORE, F. (1991) *Concepts and practice of architectural daylighting*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 290 p.
- ROMERO, M. A. (1992), “Cenários de consumo e conservação de energia até o ano 2.000 no Brasil: o caso do setor de comércio e serviços”, *Sinopses*, São Paulo, n. 17, p. 5-11.
- SOTERAS, R. M. *Geometría e iluminación natural – introduction de la iluminación natural em el proceso de control gráfico del diseño*.1985. Tese (Doutorado em Arquitetura) ETSAB, UPC, Barcelona, Espanha, 364 p.
- SOUZA, R. V. G. (1997) *Iluminação Natural em Edificações – cálculo de iluminâncias internas: desenvolvimento de ferramenta simplificada*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 149 p.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a CEMIG (Centrais Energéticas de Minas Gerais) que através de convênio de pesquisa financiou a construção do CPEI - CEFET-MG através do convênio CT-0210/01 de 02/03/01 - Registro na JR da CEMIG. Este trabalho integra o projeto de pesquisa das instituições CEMIG/CEFET-MG/PUC-MG/UFGM através do convênio MS/AS 4020000011 – registro CEMIG/ANEEL P&D 016 -2001/2004 denominado Abordagem Integrada da Eficiência Energética e Energias Renováveis. Ambos os convênios foram coordenados pela Dra. Antônia Sônia A. Cardoso Diniz e o Eng. Eduardo Carvalhaes Nobre.