

## **A ATITUDE DO USUÁRIO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E NATURAL NOS ESPAÇOS INTERIORES: REVISÃO E PROPOSTA DE PESQUISA**

**A. H. Hara, F. O. R. Pereira e F. B. Alves**

### **RESUMO**

Estudos indicam que o acionamento da iluminação artificial ocorre nos primeiros minutos após o ingresso do usuário no espaço de permanência e depende da disponibilidade de iluminação natural e da adaptação visual no espaço de transição. Por outro lado, o desligamento depende do tempo que o usuário ficará ausente do espaço de permanência. Quanto ao uso do sistema de iluminação natural, o usuário não costuma acioná-lo constantemente, e as principais causas do acionamento são a radiação solar direta e a elevada luminância da janela. Este artigo objetiva apresentar uma revisão dos estudos que envolvem a atitude do usuário sobre o sistema de iluminação natural e artificial ao mesmo tempo que sugere uma forma de investigação por meio de imagens *hdr* e questionários, levando-se em conta que estudos dessa natureza são escassos.

### **1 INTRODUÇÃO**

O consumo de energia elétrica nas edificações permeia a questão da atitude do usuário sobre os sistemas de iluminação artificial. Contudo, acredita-se que o usuário irá abster-se de acioná-lo quando considerar que a iluminação natural for adequada para a realização das atividades nos espaços internos. A apropriada iluminação implica não somente na observação aos requisitos mínimos de luminância, mas engloba o conforto visual dos usuários assim como os fatores psicofisiológicos.

O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura com enfoque na atitude do usuário sobre os sistemas de iluminação natural e artificial e identificar os métodos e técnicas utilizadas nesse tipo de pesquisa. Ademais, propõe apresentar as ferramentas utilizadas nos estudos pesquisados e seus resultados.

Neste artigo, denomina-se sistema manual de iluminação artificial o conjunto de equipamentos utilizados para a iluminação artificial, sendo eles: interruptores, luminárias e lâmpadas; e sistema de iluminação natural, ao conjunto de elementos associado às aberturas tanto interna quanto externa ao edifício e que o usuário utiliza para controlar a admissão de luz e calor, como cortinas, persianas e protetores solares móveis.

### **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A luminância é a variável mais utilizada para a avaliação da iluminação nos espaços internos e corresponde à relação entre o fluxo luminoso por unidade de área cujos valores,

em lux, são recomendados pela CIE (2002). A iluminância não representa adequadamente como o olho percebe o espaço iluminado. O olho tem a capacidade de perceber o brilho das superfícies; a medida física do brilho de uma superfície é caracterizada pela luminância ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Por outro lado, a informação visual é captada devido às diferenças de brilho das diversas superfícies dentro do campo visual, e essa relação denomina-se contraste.

O contraste é a relação entre as luminâncias do objeto e do entorno imediato e indica quanto um objeto é mais ou menos brilhoso do que seu entorno. A partir dos valores de luminância dentro campo visual é possível calcular o contraste e identificar a ocorrência de desconforto.

Segundo a IESNA (2000), o desconforto visual está frequentemente associado ao ofuscamento e que pode ser causado pelo excesso de luz na retina ou devido a uma variação instantânea de iluminação resultando na perda parcial da visão (ofuscamento por saturação) ou, ainda pela redução na habilidade de perceber objetos e detalhes devido a contrastes além da capacidade do olho (ofuscamento por contraste). O ofuscamento por contraste pode ser avaliado em termos de índices que indicam o grau de desconforto ocasionado por uma ou mais fontes luminosas (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006). Os principais índices e seus valores são apresentados na Tabela I.

**Tabela I. Valores dos índices DGI e DGP em função da percepção visual.**

	IMPERCEPTÍVEL	PERCEPTÍVEL	DESCONFORTÁVEL	INTOLERÁVEL
DGI	< 18	18 - 24	24 - 31	> 31
CGI	< 13	13 - 22	22 - 28	> 28
UGR	< 13	13 - 22	22 - 28	> 28
VCP	80 - 100	60 - 80	40 - 60	< 40
DGP	< 0.35	0.35 - 0.40	0.40 - 0.45	> 0.45

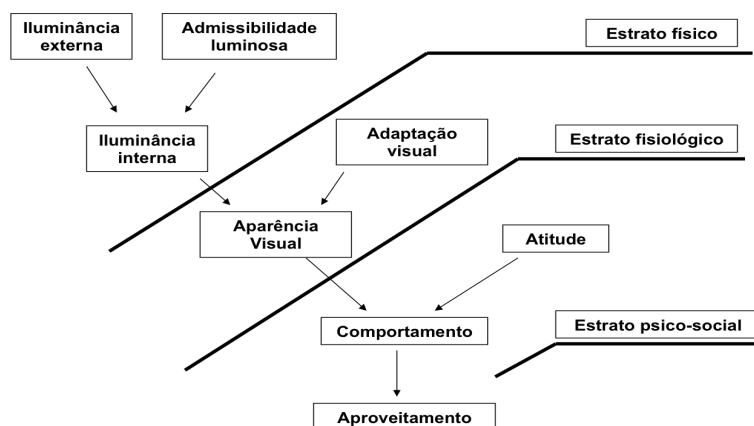
FONTE: JAKUBIEC; REINHART (2012)

Assim, o conforto visual pode ser definido como uma relação entre a iluminação e a visibilidade tendo como objetivo o desenvolvimento das atividades com maior acuidade visual, menor esforço e sem prejuízos à vista (LAMBERTS et al., 2014).

### 3 O USO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E NATURAL PELO USUÁRIO

A pesquisa aqui apresentada contempla estudos publicados nos bancos de dados da *Science Direct*, do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e dos Anais de Congresso do Encontro Nacional e Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC/ELACAC). Ao todo foram estudadas 50 publicações; desses, 46 foram desenvolvidos no hemisfério Norte e 39 tratam sobre o controle do usuário no sistema de iluminação artificial e natural tendo a iluminância como parâmetro principal. No total foram selecionados 21 trabalhos que contemplaram a temática deste artigo de revisão.

Antes de apresentar os estudos faz-se necessário entender que a atitude do usuário sobre os sistemas de iluminação natural e artificial perpassa por três níveis, conforme representado no fluxograma da Figura 1, com base em Assaf e Pereira (2003).



**Figura 1. Fatores que conformam os três estratos do comportamento de um usuário no aproveitamento energético da luz natural. Fonte: ASSAF e PEREIRA (2003), modificado pelos autores.**

O estrato físico corresponde às condições de iluminação que podem ser avaliadas a partir da iluminância no espaço. O segundo estrato, o fisiológico, indicado pela adaptação visual do indivíduo às condições de iluminação pode ser verificado principalmente pela distribuição de luminâncias no campo visual do observador e pelos índices e parâmetros que caracterizam a ocorrência de desconforto visual. Finalmente, o terceiro estrato, o psicossocial, que indica a consequência gerada pelos dois estratos anteriores e que pode ser definido a partir da ação sobre os sistemas de iluminação. Esses dados podem ser obtidos por meio de registros diretos (verificação *in loco*, fotografias, filmagem, *dataloggers*) ou indiretos (entrevistas e/ou questionários). É com base nesses três estratos que este artigo se estrutura, apresentando um breve panorama dos estudos referentes ao controle do usuário sobre os sistemas de iluminação natural e artificial e as formas de caracterizar as variáveis envolvidas.

### 3.1 O controle do usuário sobre o sistema de iluminação artificial

Os primeiros estudos que abordam o controle do usuário sobre o sistema de iluminação artificial foram realizados por Hunt (1979) e Hunt e McIbs (1980), na Inglaterra, em salas de aula e escritórios. No estudo, Hunt (1979) monitorou o comportamento dos usuários por meio de câmeras e verificou uma relação do uso da iluminação artificial com a iluminância da iluminação natural. Os resultados obtidos por Hunt (1979) também indicaram certos aspectos quanto ao controle da iluminação pelo usuário, como a ocorrência do acionamento no início da ocupação quando os primeiros usuários adentravam no espaço de permanência e o desligamento somente no final do expediente; além disso, era mais comum o acionamento de todas as lâmpadas do que somente algumas delas, sendo este último esporádico (HUNT, 1979).

Posteriormente, Hunt e McIbs (1980) apresentaram uma forma de estimar o consumo de energia elétrica calculando-se a probabilidade de acionamento em função da iluminância no plano horizontal com base na Equação (1):

$$100y = 0,0175 + \frac{1,0361}{(1 + \exp 4.0835 (x - 1,8223))} \quad (1)$$

Onde:  $100y$  é a probabilidade acionamento em porcentagem (%); e,  $x = \log_{10}$  (da iluminância horizontal mínima da luz natural no plano de trabalho em lux), considerando que:  $y = 1,0$  para  $x \leq 0,843$ , e;  $y = 0,0$  para  $x \geq 2,818$ .

Estudos semelhantes foram realizados por Love (1998), no Canadá, ao investigar escritórios de uso individual, com aberturas orientadas para o Sul e o Norte, onde o usuário acionava as lâmpadas individual e separadamente. Love (1998) verificou que a iluminação artificial permaneceu ligada durante todo o período de ocupação na maioria dos escritórios, tanto daqueles com aberturas voltadas para o Sul<sup>1</sup> quanto para o Norte; sugerindo que a orientação não influenciou na atitude do usuário sobre a iluminação artificial. De forma geral, Love (1998) concluiu que a atitude dos usuários sobre o sistema de iluminação artificial é melhor descrita em função do período de ocupação do espaço de permanência do que pela disponibilidade de iluminação natural.

Nos Estados Unidos, Maniccia et al. (1999) ao acompanharem durante 6 meses, a reação dos usuários de 81 escritórios, frente a três tipos de controle de iluminação artificial (liga/desliga, regulável e automático) e também sobre as persianas, observaram que os ajustes realizados na iluminação artificial não visavam a economia de energia elétrica, mas a definição de melhores condições de visualização do espaço e das atividades, principalmente, sobre a área de trabalho. Os autores também constataram que os usuários preferiam eles mesmos controlar as condições de iluminação nos espaços, principalmente por meio de um sistema que se situava próximo à área de trabalho.

De modo interessante, na Argentina, monitoramentos em edifícios públicos realizados por Assaf e De Wilde (2000) verificaram que a contribuição da iluminação natural para diminuir o consumo de energia elétrica em iluminação artificial foi pouco significativa. Assaf e De Wilde (2000) definiram um índice em percentual que relaciona a potência de lâmpadas ligadas pela potência das lâmpadas desligadas, denominada de Contribuição Energética da Iluminação Natural (CELN). Nesse estudo foi apontado que quanto maior for essa relação, maior é a contribuição da iluminação natural. Os resultados apresentaram diferenças expressivas entre os valores de CELN obtidos pelo monitoramento, de 4%, e os calculados segundo a equação (1), de 27% (ASSAF; PEREIRA, 2003).

Tais valores indicam que a contribuição da iluminação natural para a redução do consumo de energia elétrica é pouco significativa (ASSAF; PEREIRA, 2003). Além disso, essas diferenças nos resultados permitem questionar se somente a iluminância horizontal é um parâmetro adequado para explicar o acionamento do sistema de iluminação artificial pelo usuário.

Nesse sentido, Mahdavi e Pröglhög (2009) reforçam esse questionamento ao avaliarem 5 edifícios na Áustria, com o objetivo de relacionar o controle manual da iluminação artificial e das persianas com as variáveis: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, iluminância global e irradiância global, tempo de ocupação e a orientação das janelas. Considerando as particularidades de cada edifício, os resultados indicaram que o acionamento da luz artificial foi determinado pela frequência de ocupação dos recintos (MAHDAVI; PRÖGLHÖF, 2009). De modo complementar, Mahdavi e Pröglhög (2009) também salientam a necessidade de um monitoramento sistemático a fim de identificar tendências de comportamento dos usuários.

---

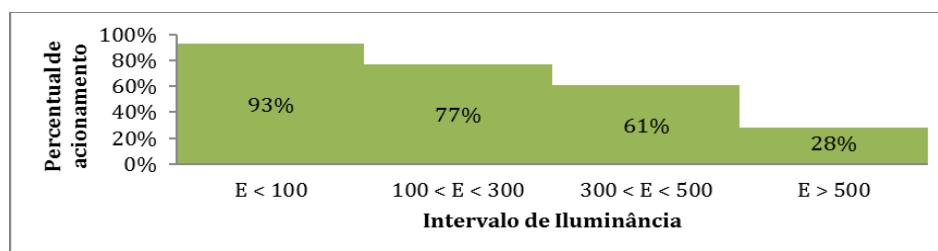
<sup>1</sup> Nota: este estudo foi realizado no Hemisfério Norte.

Estudos mais recentes como o de Yun et al. (2012) em 4 salas de escritórios de uso coletivo (4 a 6 pessoas) na Coreia do Sul, também indicaram que não existe uma correlação específica entre o acionamento da iluminação e as iluminâncias externas, horizontal e vertical. Entretanto, verificou-se que as iluminâncias internas (em média 20 lux) situavam abaixo das recomendações da CIE (2012), o que explicaria a necessidade de iluminação artificial para a realização das atividades. Outro registro importante, diz respeito ao intervalo de tempo para a ocorrência do acionamento da iluminação artificial após o ingresso do usuário, em média 11 minutos.

Nota-se, com esses estudos, que o controle do usuário sobre a iluminação artificial costuma ocorrer nos primeiros minutos da ocupação para ajustar as condições de iluminação antes do início das atividades, o que de certo modo, sugere uma avaliação das condições de iluminação do espaço por parte do usuário, o que está em concordância com o trabalho de Silva et al. (2013).

O estudo realizado por Silva et al. (2013) apresenta detalhes relevantes de como o usuário interage com o sistema de iluminação artificial ao investigarem 8 salas de escritórios em Porto, Portugal. Neste estudo, foram identificadas 3 situações de interferência do usuário de acordo com a ocupação: o início da ocupação, caracterizado pelo ingresso do usuário no espaço de permanência após uma ausência de 3 horas, em geral, de manhã; o período de ocupação, quando o usuário ocupa o espaço de permanência, mas com ausências intermitentes inferiores a 3 horas; e, a partida, quando o usuário deixa o espaço de permanência para ausência superior a 3 horas, normalmente, o final do expediente.

Os resultados apontados por Silva et al. (2013) indicam que o acionamento foi significativamente maior no início da ocupação, 83% de todo o período de monitoramento. Verificou-se também que os usuários comumente deixaram de operar o sistema de iluminação artificial quando a iluminância no plano horizontal atingiu 500 lux. Considerando o período de ocupação, verificou-se que o acionamento da iluminação está diretamente relacionado com a disponibilidade de iluminação natural, conforme indica o gráfico da Figura 2 que apresenta o percentual de acionamento em função dos intervalos de iluminância, baseado em Silva et al. (2013). O desligamento da iluminação foi bastante significativo no final do expediente, com 95% dos casos.



**Figura 2. Percentual de acionamento em função da iluminância durante o período de ocupação. Fonte: SILVA et al. (2013), adaptado pelos autores.**

A partir de Silva et al. (2013) e dos estudos apresentados constata-se que o controle da iluminação artificial pode ser resumido em três principais situações:

a) O acionamento da iluminação artificial é função da disponibilidade de iluminação natural no espaço. Essa ação de ligar a iluminação ocorre tanto no início da ocupação do

espaço de permanência ou no retorno do usuário após uma ausência temporária, considerando que a iluminação estava desligada;

b) O desligamento da iluminação artificial no fim do expediente, quando a última pessoa deixa o local;

c) O Período de ocupação apresentou casos de usuários desligarem a iluminação artificial e outros de manterem ligada, sempre que deixavam a sala temporariamente. Não foi identificado nenhuma relação entre a ocorrência de desligamento com os fatores ambientais.

Verifica-se que o acionamento depende da disponibilidade de iluminação natural, enquanto que o desligamento, depende do tempo que o usuário ficará ausente. Sendo assim, o início da ocupação e a saída do usuário do espaço de permanência são situações convenientes para alterar a iluminação artificial conforme apontam Reinhart e Voss (2003); Wienold e Christoffersen (2006); Mahdavi e Proglhof (2009); Inkarojrit (2005).

### **3.2 O Controle do usuário sobre o sistema de iluminação natural**

De modo geral, os estudos iniciais sobre o controle do usuário sobre persianas foram realizados utilizando-se fotografias das fachadas dos edifícios (INOUE et al., 1988; MANICCIA et al., 1999; REA, 1984; RUBIN et al., 1978).

Rubin et al. (1978) estudaram o uso das persianas em salas de escritórios com janelas orientadas a Norte e a Sul e ocupadas por até duas pessoas, nos Estados Unidos. O experimento consistiu, inicialmente, em fotografar as fachadas dos edifícios para observar a posição inicial das persianas nas aberturas. Posteriormente, sem conhecimento dos usuários, alterou-se a posição das persianas de algumas janelas de uma mesma fachada, deixando algumas completamente abertas e outras fechadas, enquanto outras não sofreram qualquer modificação (RUBIN et al., 1978).

Com base nesse estudo, foram avaliadas cerca de 2.100 janelas orientadas a Norte e a Sul e expostas a diferentes condições de céu, de claro a encoberto. Os resultados indicaram que os usuários dos espaços onde as persianas foram alteradas, mais de 80% retornaram à posição semelhante à inicial, imediatamente no primeiro dia (Rubin et al., 1978). Logo após essas alterações realizadas nos primeiros dias, verificou-se que o acionamento das persianas não ocorreu diariamente e o cobrimento das janelas pelas mesmas foi maior na fachada Sul em comparação com a Norte, sugerindo certa relação da posição das persianas em função da orientação.

Resultados semelhantes foram apresentados por Maniccia et al. (1999) quanto ao uso das persianas, também nos Estados Unidos. Além disso, foi identificado que os usuários fecharam as persianas com maior frequência na fachada Sul, seguida pela Oeste, Norte e Leste.

Estudos posteriores realizados por Inoue et al. (1988) no Japão, revelaram que o acionamento das persianas ocorreu em função da incidência solar sobre as janelas, verificando a ocorrência de persianas fechadas, de modo mais significativo, quando a radiação solar foi superior a 50 W/m<sup>2</sup>. No Canadá, Pigg et al. (1996) também verificaram que o acionamento das persianas em salas de escritórios estava relacionado com a ocorrência de radiação solar e, além disso, com o ofuscamento por contraste na tela do computador.

De modo complementar, Inkarojrit (2005; 2006) estudou a relação entre o controle das persianas em relação à luminância no campo visual e a radiação solar. A Tabela II indica os valores para a máxima luminância da janela, a luminância média da janela, a luminância média dentro do campo visual (incluindo a luminância da janela) e a componente vertical da radiação solar incidente sobre a janela, considerando a probabilidade de 50% ( $p = 0.5$ ) de acionamento da janela (INKAROJRIT, 2006).

**Tabela II. Valores estimados ( $p = 0.5$ ) de luminâncias e da radiação solar vertical.**

<b>Variável (unidade)</b>	<b>Valor</b>
Luminância máxima da janela ( $\text{cd/m}^2$ )	4466
Luminância do entorno ( $\text{cd/m}^2$ )	225
Luminância média da janela ( $\text{cd/m}^2$ )	890
Radiação solar vertical ( $\text{W/m}^2$ )	13

FONTE: INKAROJRIT (2006). Adaptado pelos autores.

Wymelenberg et al. (2010) observaram que alguns participantes permitiram o ingresso da radiação solar desde que não atingisse diretamente a área de trabalho, sugerindo diferenças individuais na percepção visual. Por sua vez, Silva et al. (2013) identificaram que o controle do usuário sobre o sistema de iluminação foi esporádico e heterogêneo, de modo que alguns usuários costumavam controlar as persianas com maior frequência do que outros, abrindo-as no início da ocupação e fechando no final do expediente; sendo que poucos acionavam durante o período de ocupação.

Em geral, o usuário não costuma acionar constantemente as persianas (RUBIN et al., 1978) e as principais causas do acionamento ocorrem em função da radiação solar direta, responsável pelo ganho de calor interno no recinto e causador de desconforto térmico (INOUE et al., 1988; MANICCIA et al., 1999; PIGG et al., 1996; REA, 1984) e também devido à elevada luminância da janela (INKAROJRIT, 2006). Assim, embora os elementos como brises, persianas e cortinas pressupõem a ideia de protetor solar, eles também são utilizados para controlar o desconforto visual sobre a área de trabalho, o que permite defini-los como sistema de controle de iluminação natural.

Nota-se que a maioria dos estudos foram realizados nos países do Hemisfério Norte (Estados Unidos, Inglaterra, Canadá e Japão) e que estes avaliaram salas de escritórios de edifícios que dispunham de persianas nas janelas, sendo escasso estudos dessa natureza em espaços localizados no Hemisfério Sul, de modo que alguns resultados podem não ser válidos ou adequados para comparação.

### **3.3 Outros aspectos relativos ao controle da iluminação artificial pelo usuário**

Do ponto de vista psicofisiológico, Begemann et al. (1997) e Bellia et al. (2011) alegam que a quantidade de iluminação artificial normatizada não supre satisfatoriamente as necessidades básicas de iluminação para ativar a liberação de hormônios, como por exemplo, o cortisol e a melatonina, responsáveis pela regulação do ciclo circadiano. Dessa forma, considerando as situações quando a quantidade de luz natural seja insuficiente nos recintos pode-se presumir que o acionamento da iluminação artificial também esteja relacionado com a necessidade por mais luz.

Além desse aspecto, Lynes et al. (1997) ressaltam a influência da adaptação visual do usuário no corredor ou espaço de transição sobre o acionamento da iluminação artificial quando ele adentra em uma sala ou espaço de permanência.

Estudos realizados por nosso grupo de pesquisa utilizando-se medições de iluminâncias vertical e horizontal em corredores e salas de aula em três edificações do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) indicaram pouca ocorrência de acionamento da iluminação artificial quando a iluminância vertical foi menor no corredor do que na sala (HARA, 2006). Também, foi observado pouca ocorrência de acionamento quando as iluminâncias horizontais estavam acima das recomendações normativas e com relativa uniformidade na distribuição da luz natural, embora a iluminância vertical no espaço de transição fosse maior do que no de permanência. Nesta última condição, reparou-se que os primeiros usuários não costumavam acionar a iluminação artificial pois, aparentemente, a luz natural no espaço de permanência era suficiente para o usuário realizar suas atividades (HARA, 2006).

Entretanto, o estudo não identificou relação significativa entre o acionamento e as iluminâncias verticais no espaço de transição e no de permanência, apontando para a necessidade de estudos para maior entendimento sobre o processo de adaptação visual como um aspecto intrínseco à percepção visual.

#### **4 O ESTUDO DA PERCEPÇÃO VISUAL POR MEIO DE IMAGEM HDR**

Com o advento da fotografia digital, verifica-se a crescente aplicação da imagem de elevado alcance dinâmico (imagem *hdr*) para medições de luminância e caracterização do campo visual do observador (BELLIA et al., 2009; REINHART, 2010; WYMELENBERG; INANICI, 2009; WYMELENBERG et al., 2010).

Essa caracterização é representada por uma única imagem gerada a partir de uma sequência de fotos de uma mesma cena as quais devem ser registradas com diferentes Valores de Exposição (EV). Para isso, recomenda-se a utilização de uma máquina fotográfica digital profissional ou semi-profissional pela necessidade de utilizar uma lente olho de peixe e operar algumas funções, como o tempo de exposição e a velocidade de disparo, fundamentais para o registro de fotos com determinados EV (BLOCH, 2007).

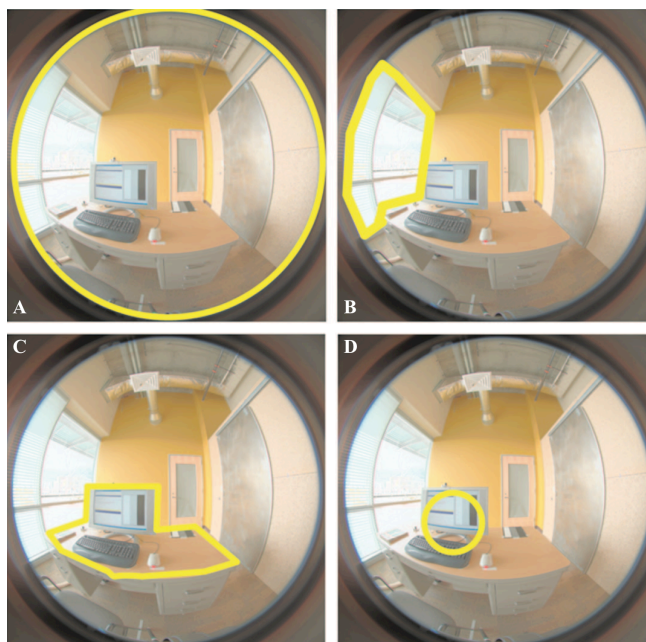
Uma imagem *hdr* é um mapa de luminâncias capaz de representar os contrastes de modo semelhante ao percebido pelo sistema visual humano e, dessa forma, permite identificar variações dentro do campo visual que prejudique a visibilidade ou o desempenho das atividades (HISCOCKS, 2011).

Segundo Lynes et al. (1997), o contraste entre a janela e o entorno imediato pode influenciar na percepção visual do ambiente; sendo assim, acredita-se que relações entre as luminâncias dentro do campo visual podem auxiliar no entendimento do controle do usuário sobre os sistemas de iluminação natural e artificial.

Outros parâmetros que também permitem caracterizar o campo visual foram identificados por Wymelenberg et al. (2010) que avaliaram a relação da situação confortável e perturbadora em função de 3 parâmetros: a luminância absoluta pré-definida, a luminância média da cena e a luminância média da área de trabalho. A luminância absoluta pré-definida corresponde a 2.000 cd/m<sup>2</sup>; a luminância média da cena é calculada tendo como



base a luminância média de um amplo campo de visão de 180° (lente olho de peixe) e multiplicada por uma constante de valor 7, constante adotada pelo programa *Findglare* para identificar a ocorrência de ofuscamento. Finalmente, a luminância média da área de trabalho, também obtida multiplicando-se a luminância por uma constante de valor 5, com base em Wienold e Christoffersen (2006) que propuseram a ferramenta de avaliação de ofuscamento denominada *Evalglare*. A Figura 3 apresenta as áreas dos três parâmetros (A, B e D) e a indicação da área de trabalho (C), conforme explicitado por Wymelenberg (2010).



**LEGENDA:**

- A. Área referente à luminância média da cena;
- B. Área referente à luminância absoluta predeterminada;
- C. Indicação da área de trabalho;
- D. Área de trabalho definido como o ângulo sólido subtendido entre a tela do computador e o teclado.

**Figura 3. Área referente aos parâmetros avaliados por Wymelenberg (2010). FONTE: WYMELENBERG, 2010.**

Dos três parâmetros, Wymelenber et al. (2010) sugerem que a luminância média da área de trabalho (D) é a que melhor representa a relação da percepção visual (avaliação subjetiva) dos participantes com suas respectivas situações confortável e perturbadora. Sendo assim, a possibilidade de ver bem o espaço de trabalho representa a situação de conforto.

Os valores de 2000 cd/m<sup>2</sup>, de 7 vezes a luminância média do campo visual e de 5 vezes a luminância média da área de trabalho podem servir como indicadores para avaliar a relação entre a percepção visual e o controle da iluminação artificial e natural.

## **5 QUESTIONÁRIOS COMO FORMA DE AVALIAR A ILUMINAÇÃO PELA ÓTICA DO USUÁRIO**

Para Eklund e Boyce (1995), a pesquisa para avaliar a iluminação dos espaços de trabalho a partir da percepção dos próprios usuários é a forma mais precisa e menos custosa. Dos estudos que envolvem a avaliação do usuário sobre as condições de iluminação por meio de questionários a maioria utilizou-se de perguntas de concordância/discordância e escalares conforme foi identificado nas pesquisas de Iwata et al. (1990), de Eklund e Boyce (1995), da Task 21 (IEA, 1999) e de Wymelenberg et al. (2010).

Iwata et al. (1990) desenvolveram um formulário com três questionários simples e uma escala de avaliação de desconforto visual com base no parâmetro do DGI, conhecido como

Voto de Sensação de Ofuscamento (*Glare Sensation Vote*). A escala de sensação de ofuscamento foi utilizada em outros estudos que avaliam a percepção visual de aberturas em espaços de uso individual e coletivo, em função dos índices de desconforto e também da utilização de sistemas de iluminação natural, como persianas e brises (INKAROJRIT, 2005; OSTERHAUS, 2005; WIENOLD e CHRISTOFFERSEN, 2006; HIRNING et al., 2010).

Eklund e Boyce (1995) propõem o questionário Avaliação da Iluminação em Escritórios (*Office Lighting Survey - OLS*) que apresenta 30 questões, a maioria com alternativas para facilitar a análise dos dados. A Agência Internacional de Energia (IEA) por meio da Task 21 apresenta um questionário com 37 perguntas para estudos de avaliação pós-ocupação para comparar diversos edifícios e seus sistemas de iluminação natural e artificial (IEA, 1999). Nestes estudos, nota-se um aspecto negativo quanto à quantidade de questões que podem gerar incômodo aos participantes e, estes não responderem adequadamente as perguntas.

Recentemente, Wymelenberg et al. (2010) utilizaram um questionário com 6 questões na escala Likert para o usuário avaliar as condições de iluminação de conforto e de desconforto visual. As questões na escala Likert são mais simples de serem elaboradas e de fácil entendimento para o respondente, pois este deve indicar seu grau de concordância ou discordância sobre uma afirmação (MARCONI; LAKATOS, 2003). No caso, as questões eram referentes à aparência visual da sala, ao brilho das superfícies do espaço interior, à quantidade de luz sobre o computador, à quantidade de luz para a realização das atividades, à ocorrência de reflexões na tela do computador e à distribuição da luz pelo recinto (WYMELENBERG et al., 2010).

Nos estudos elencados sobre percepção visual, nota-se que questionários do tipo estruturado com perguntas específicas como as de concordância/discordância e a utilização da escala Likert são mais adequados para obtenção de informações de forma mais precisa.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme exposto, os diversos estudos que abordam o controle do usuário sobre o sistema de iluminação artificial consideraram a iluminância como a principal variável; enquanto que os estudos da atitude do usuário sobre o sistema de iluminação natural identificaram relações com a radiação solar e com a ocorrência de desconforto visual.

Dessa forma, verifica-se a necessidade de maior aprofundamento quanto aos estudos do controle do usuário sobre o sistema de iluminação artificial e natural em função da percepção visual, tendo como parâmetros a luminância e o contraste.

Numa recente publicação, Wymelenberg e Inanici (2014) apontam as lacunas das pesquisas que envolvem a percepção visual e o conforto visual principalmente no que se refere à necessidade de uma padronização na metodologia de coleta e análise de dados, além da aplicação de outras formas de abordagem como a tecnologia de rastreamento ocular, do conforto visual fisiológico e da zona de inadaptação, ou seja, a aplicação do conceito de zona adaptativa para outras direções do campo visual.

Nesse sentido, do ponto de vista metodológico, propõe-se a caracterização do campo visual do observador por meio de imagens *hdr* associada com a aplicação de questionários. A

imagem *hdr* é uma ferramenta que permite obter as luminâncias e contrastes de maneira rápida e confiável. Quanto aos questionários, os mais adequados considerando a objetividade, a simplicidade e a análise dos dados são os do tipo estruturado, com perguntas de concordância/discordância e os de escala Likert.

## 8 REFERÊNCIAS

- ASSAF, LEONARDO O.; WILDE, M. INÉS DE. (2000) **Un procedimiento para mensurar la contribucion energetica efectiva del alumbrado natural en edificios**. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- ASSAF, LEONARDO O.; PEREIRA, F. O. R. (2003) Perspectivas de la eficiencia energética en la iluminación: desafíos para el desarrollo. **ENCAC-COTEDI**, v. 1, p. 26–42.
- BEGEMANN, S. H. A. ; BELD, G. J. V. D.; TENNER, A. D. (1997) Daylight , artificial light and people in an office environment , overview of visual and biological responses. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 20, p. 231–239.
- BELLIA, L.; CESARANO, A.; IULIANO, G. F.; SPADA, G. (2009) HDR Luminance Mapping Analysis System for Visual Comfort Evaluation. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2009. I2MTC '09. **Anais...** . p.1–5. Singapore: IEEE.
- BELLIA, L.; MUSTO, M.; SPADA, G. (2011) Illuminance measurements through HDR imaging photometry in scholastic environment. **Energy & Buildings**, v. 43, n. 10, p. 2843–2849. Elsevier B.V.
- BLOCH, C. (2007) **The HDRI Handbook**. 1ed. Santa Barbara, CA, USA: Rocky Nook.
- CIE (2002). **International Standard ISO 8995: Lighting of indoor work places**. Vienna, Austria: CIE.
- EKLUND, N. H.; BOYCE, P. R. (1995) The development of reliable, valid and simple Office Lighting Survey. **Lighting Research Center**, p. 855–880.
- HARA, A. H. (2006) **Adaptação às condições de iluminação natural: uma investigação da atitude do usuário sobre a iluminação artificial**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Dissertação de mestrado.
- HIRNING, M.; COYNE, S.; COWLING, I. (2010) The Use of Luminance Mapping in Developing Discomfort Glare Research. **Journal of Light & Visual Environment**, v. 34, n. 2, p. 101–104.
- HISCOCKS, P. D. (2011) **Measuring Luminance with a Digital Camera**.
- HUNT, D. R. G. (1979) The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy. **Building and Environment**, v. 14, n. 1, p. 21–33.
- HUNT, D. R. G. (1980) Predicting artificial lighting use: a method based upon observed patterns of behaviour. In: **Lighting Research & Technology**.. V.12. n.1. p. 07-14.
- IESNA (ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA) (2000). **Lighting Handbook - 9th edition**. 9ed. New York, NY: IESNA.
- INKAROJIT, V. (2005) **Balancing Comfort : Occupants' Control of Window Blinds in Private Offices**. UC-Berkely. CA, USA. Tese de doutorado.
- INKAROJIT, V. (2006) Developing Predictive Venetian Blinds Control Models using Visual Comfort Predictors. PLEA. **Anais...** . p.6–8. Geneva, Switzerland.
- INOUE, T., KAWASE, T., IBAMOTO, T., TAKAKUSA, S., MATSUO, Y. (1988) The development of an optimal control system for window shading devices based on investigations in office buildings. **ASHRAE Transaction** 94, p. 1034- 1049.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, I. (1999) POE - Post occupancy evaluation of daylight in buildings. Gävle, Sweden.
- IWATA, T.; KIMURA, K.-I.; SHUKUYA, M.; TAKANO, K. (1990) Discomfort Caused by Wide-source Glare.pdf. **Energy & Buildings**, v. 15, n. 16, p. 391–398.
- JACOBS, A. (2007) High Dynamic Range Imaging and its Application in Building Research. **Advances in Building Energy Research**, v. 1, n. 1, p. 177–202.

- JAKUBIEC, J.; REINHART, C. (2012). The “adaptive zone” - A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces. **Lighting Research and Technology**, v. 44, n. 2, p. 149–170.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014) **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- LOVE, J. A. (1998) Manual switching patterns in private offices. **Lighting Research and Technology**, v. 30, n. 1, p. 45–50.
- LYNES, J. A.; LITTLEFAIR, P. J.; SLATER, A. I. (1997) Preadaptation and manual switching. *Right Light* 4.
- MAHDAVI, A.; PRÖGLHÖF, C. (2009) Toward empirically-based models of people’s presence and actions in buildings. **Building simulation**, p. 537–544.
- MANICCIA, D.; RUTLEDGE, B.; REA, M.; MOROW, W. (1999) Occupant use of manual lighting controls in private offices.pdf. **IESNA**, n. 34, p. 489–512.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. (2003) **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo, SP.: Editora Altas S. A.
- OSTERHAUS, W. K. E. (2005) Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments. **Solar Energy**, v. 79, n. 2, p. 140–158.
- PIGG, S.; EILERS, M.; REED, J. Behavioral Aspects of Lighting and Occupancy Sensors in Privates Offices: A case study of a University Office Building. (1996) **ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings**, p. 161–170.
- REA, M. S. (1984) Window blind occlusion: a pilot study. **Building and Environment**, v. 19, n. 2, p. 133–137.
- REINHART, C. (2010) High Dynamic Range Imaging & Glare Analysis HDR Imaging and Glare Analysis: Analysis. Harvard University.
- REINHART, C. F.; VOSS, K. (2003) Monitoring manual control of electric lighting and blinds. **Lighting Research and Technology**, v. 35, n. 5, p. 243–260.
- RUBIN, A. I.; COLLINS, B. L.; TIBBOTT, R. L. (1978) Window blinds as a potential energy saver-a case study. **NBS Building Science Series**, v. 112, p. 89.
- SILVA, P. C.; LEAL, V.; ANDERSEN, M. (2013) Occupants interaction with electric lighting and shading systems in real single-occupied offices: Results from a monitoring campaign. **Building and Environment**, v.64, p. 152–168. Elsevier Ltd.
- WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. (2006) Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 743–757.
- WYMELENBERG, K. VAN DEN; INANICI, M. (2009) A Study of Luminance Distribution Patterns and Occupant Preference in Daylit Offices. PLEA. **Anais...** . p.22–24.
- WYMELENBERG, K. VAN DEN; INANICI, M. N.; JOHNSON, P. (2010) The Effect of Luminance Distribution Patterns on Occupant Preference in a Daylit Office Environment. **Journal of the Illuminating Engineering Society of North America**, v. 7, p. 103–122.
- WYMELENBERG, K. VAN DEN; INANICI, M. A. (2014) Critical Investigation of Common Lighting Design Metrics for Predicting Human Visual Comfort in Offices with Daylight. **Leukos**, v. 10, n. 3, p. 145–164. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15502724.2014.881720>>. .
- YUN, G. Y.; KIM, H.; KIM, J. T. (2012) Effects of occupancy and lighting use patterns on lighting energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 46, p. 152–158. Elsevier B.V.