

ANÁLISE DOS EFEITOS VISUAIS E NÃO VISUAIS DA ILUMINAÇÃO NATURAL: BENEFÍCIOS E ESTRATÉGIAS

ANALYSIS OF VISUAL AND NON-VISUAL EFFECTS OF DAYLIGHTING: BENEFITS AND STRATEGIES

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS VISUALES Y NO VISUALES DE LA ILUMINACIÓN NATURAL: BENEFICIOS Y ESTRATEGIAS

1º AUTOR

TOLEDO, Gandhi Escajadillo; Mestre em Design pela UFPR, Pós-Graduação em Gestão de Edificações Sustentáveis; Pesquisadora externa do Instituto de Vivienda, Urbanismo y Desarrollo Sostenible (IVUDS); Brasil; getpadesign500@gmail.com

2º AUTOR

CÁRDENAS, Oscar Fernández; Doutor em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Nacional Federico Villareal; Diretor do Instituto de Vivienda, Urbanismo y Desarrollo Sostenible (IVUDS) e Professor Efetivo da Universidade Ricardo Palma; Lima; Peru; cafe1821@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é mostrar a relação da iluminação natural com os benefícios visuais e não visuais trazidos aos usuários, analisando fatores e estratégias que podem ser aplicadas para atingir estes benefícios. A luz induz tanto respostas visuais como respostas não visuais, e desta forma as pesquisas a ela relacionadas deveriam abordar e dar mais atenção para questões que transcendam aspectos relativos ao desempenho, como a percepção do usuário e a influência sobre a saúde dos homens. Como estratégias para melhorar o conforto visual, sistemas mais eficientes como os sistemas avançados de iluminação natural podem ser usados, estes sistemas reduzem os efeitos negativos da iluminação e maximizam os aspectos positivos. Devido ao impacto importante das respostas não-visuais sobre o bem-estar e a saúde das pessoas, as pesquisas onde sejam desenvolvidos mais modelos que permitam aos projetistas e especialistas de iluminação prever estes impactos devem aumentar. Estes fatores deveriam ser considerados desde a etapa inicial do projeto, com a mesma importância que tem alcançar o desempenho luminoso. As pesquisas e trabalhos sobre os impactos e efeitos da iluminação natural devem ser desenvolvidos de forma interdisciplinar, por pesquisadores das áreas que estudem os diversos elementos envolvidos na iluminação. A iluminação natural influencia significativamente os aspectos psicológicos, físicos e fisiológicos do ser humano e garante o bem-estar humano e o conforto visual, ao mesmo tempo que com sua adequada aplicação é alcançado um bom desempenho luminoso e a economia energética.

Palavras-chave: Iluminação natural; aspectos visuais e não visuais; estratégias de iluminação.

ABSTRACT

The objective of this paper is to show the relationship of daylighting with visual and non-visual benefits to users, discussing factors and strategies that can be applied to achieve these benefits. Light induces both visual and non-visual responses, and thus studies should address and give more consideration to issues beyond lighting performance, such as user perception and the influence on health. As strategies for improving visual comfort, more efficient systems such as advanced daylighting systems that can reduce negative effects of lighting and maximize the positive effects can be used. Due to the important impact of non-visual responses on the welfare and health of people, research on new models that enable designers and lighting specialists to predict these factors should increase. These factors should be considered from the initial stage of the project, and given the same importance as the luminous performance. The research on the impacts and effects of daylighting should be developed as an interdisciplinary work, by researchers from different fields to study the various elements associated with lighting. Daylighting significantly influences psychological, physical and physiological aspects of the human being, and ensure well-being and visual comfort, also with its proper implementation achieves good lighting performance and energy savings.

Key-words: natural lighting; visual and non-visual aspects; lighting strategies.

RESUMEN

El objetivo de este artículo es mostrar la relación de la luz natural con las ventajas visuales y no visuales traídas a los usuarios, analizando factores y estrategias que se pueden aplicar para lograr estos beneficios. La luz induce respuestas visuales y no visuales y por lo tanto las investigaciones deberían abordar y dar más atención para estudios más allá del desempeño lumínico, como la percepción del usuario y la influencia sobre la salud de los hombres. Como estrategias para mejorar el confort visual pueden ser utilizados sistemas más eficientes, como el caso de los sistemas avanzados de iluminación natural, que reducen los efectos negativos de la iluminación y maximizan los efectos positivos. Debido al impacto importante de las respuestas no visuales sobre el bienestar y la salud de las personas, deberían aumentar las investigaciones para desarrollar más modelos que permitan a los diseñadores y especialistas en iluminación predecir estos impactos. Estos factores deberían ser considerados desde la etapa inicial del proyecto con la misma importancia que tiene lograr el desempeño luminoso. Las investigaciones y trabajos sobre los impactos y efectos de la iluminación natural deben ser desarrollados de manera interdisciplinaria, por investigadores de diferentes áreas que involucren la iluminación. La luz natural influye significativamente sobre los aspectos psicológicos, físicos y fisiológicos del ser humano y garantiza el bienestar y el confort visual, mientras que a través de su correcta aplicación se consigue un buen rendimiento lumínico y el ahorro energético.

Palabras clave: Iluminación natural; aspectos visuales y no visuales; estrategias de iluminación.

ANÁLISE DOS EFEITOS VISUAIS E NÃO VISUAIS DA ILUMINAÇÃO NATURAL: BENEFÍCIOS E ESTRATÉGIAS

INTRODUÇÃO

Os benefícios da luz natural são incalculáveis, e além dos benefícios quantificáveis, como os econômicos ocasionados pela redução de uso de energia elétrica, estão os benefícios de trazer bem-estar e saúde aos ocupantes (ANDERSEN et al., 2013; BELLIA et al., 2013). Além de permitir uma adequada visão, a iluminação natural influencia uma série de efeitos circadianos, neuroendócrinos e neurocomportamentais. A importância desses efeitos deve ser considerada no projeto do ambiente construído. Através da arquitetura é fornecida a interface entre o ambiente externo e corpo humano, por conseguinte, o adequado acesso à luz é permitido e regulado através de diferentes estratégias (LESLIE, 2011; ANDERSEN et al., 2013).

A iluminação natural influencia a percepção dos usuários, como também o conforto, o desempenho cognitivo ambiental, estimula a autorregulação, o comportamento, o humor e a saúde (BELLIA et al., 2014; KORT e VEITCH, 2014). A influência sobre os humanos é, portanto, psicológica, comportamental e fisiológica. Por esta razão, as pesquisas sobre os impactos da iluminação natural devem ser atividades e trabalhos interdisciplinares e não isolados, e deveriam atrair muito mais a atenção dos especialistas em psicologia ambiental. A interligação sobre estas pesquisas deve vir tanto dos pesquisadores preocupados com ações ambientalmente responsáveis, bem como dos pesquisadores preocupados com os efeitos das condições ambientais sobre bem-estar e comportamento humano (KORT e VEITCH, 2014).

Na última década tem ocorrido múltiplos avanços relacionados à avaliação e análise do desempenho geral da iluminação natural nos espaços interiores. Por exemplo, nas simulações estão disponíveis ferramentas que imitam o comportamento do usuário sobre elementos, como sombreamento e controle de iluminação, como também a modelagem óptica de sistemas e tecnologias mais complexas (REINHART e WIENOLD, 2011).

Diferentes estratégias podem ser implementadas para permitir o controle e a adequada entrada de luz, como por exemplo através de sistemas avançados de iluminação natural. Na etapa inicial do projeto já pode ser estudado o comportamento da luz natural e as diferentes estratégias, qualidades e benefícios que podem ser trazidos ao ambiente e aos usuários.

O objetivo deste artigo é mostrar a relação da iluminação natural com os benefícios visuais e não visuais trazidos aos usuários, considerando fatores e estratégias que podem ser aplicadas para atingir estes benefícios.

ILUMINAÇÃO NATURAL E BENEFÍCIOS NÃO VISUAIS

A luz do dia é a melhor fonte de luz disponível em termos de propriedades de representação da cor, uma vez que sua distribuição espectral de potência (DEP) contém todos os comprimentos de onda no espectro visível e porque nossos olhos se adaptaram à luz do dia no decorrer de milênios (BELLIA et al., 2014).

Ela é conhecida como um dos principais agentes ambientais que estimulam o sistema circadiano, que é o relógio biológico localizado no nosso cérebro. Devido à forte relação do ciclo circadiano com a saúde das pessoas, a previsão do impacto circadiano de uma fonte de luz é um tema de grande interesse e importância. No estágio atual de conhecimento ainda não é possível prescrever ou recomendar um valor mínimo de estímulo circadiano. (BELLIA et al., 2014). Por esta razão é de grande importância conhecer métodos para avaliar na etapa de projeto a disponibilidade e características da iluminação natural nos ambientes, como forma de conhecer e prever o impacto circadiano, para garantir o bem-estar dos usuários (BELLIA et al., 2014).

As características do ambiente interior e exterior influenciam a luz que atinge os olhos e, conseqüentemente, influencia o sistema circadiano humano. Isto significa que a escolha de materiais e cores das diferentes superfícies não deve ter simplesmente um significado estético, devido às implicações destes elementos sobre o bem-estar dos usuários (BELLIA et al., 2013).

A preferência humana pela luz natural tem sido comprovada em diferentes pesquisas e está principalmente relacionada em parte à crença dos efeitos positivos da luz natural

sobre os seres humanos. O estudo conduzido por Haans (2014) baseado na apreciação da luz natural por parte dos usuários mostra que a preferência por tal fonte de luz está vinculada tanto com motivos ideacionais como instrumentais. A percepção sobre a luz natural e luz artificial pode ser modificada se o nível adequado de iluminação num ambiente para desenvolver determinadas tarefas é alcançado com uma fonte e não por outra. A pesquisa também mostra que a apreciação da percepção da luz natural pode ser modificada se a iluminação não está sob nosso controle. A transformação física e manipulação da luz, por exemplo, através de dispositivos como persianas, modificam a percepção psicológica do usuário sobre a naturalidade da fonte de luz (HAANS, 2014).

Na pesquisa de Nagy et al. (1995) foi avaliada a reação e percepção psicológica de trabalhadores japoneses de escritórios subterrâneos e escritórios acima do nível do solo, com relação à importância percebida das janelas do escritório, e a percepção das condições visuais e de iluminação (NAGY et al., 1995).

Apesar de que fisicamente as condições dos níveis de iluminação foram similares tanto nos ambientes subterrâneos como os ambientes com janelas, mostrou-se que os usuários dos escritórios sem janelas manifestam uma forte necessidade de estar em ambientes com janelas, como também avaliaram suas condições de iluminação mais negativas em comparação com os empregados dos ambientes que possuem janelas, acima do nível subterrâneo. De forma geral os empregados dos ambientes subterrâneos mostraram uma reação negativa sobre suas percepções luminosas (NAGY et al., 1995).

Os resultados também mostram que as percepções e respostas dos empregados nos escritórios subterrâneos estiveram também influenciadas por fatores psicológicos mais profundos, além das características físicas reais do ambiente, devido provavelmente à consciência das pessoas de estar em um ambiente sem janelas, e por tanto, associar esta ideia diretamente com a falta de boa qualidade de luz e de condições de iluminação, como também pensar que a iluminação artificial, apesar de cumprir com as condições requeridas de iluminação, não é satisfatória quando comparada com a iluminação natural. A análise de resultados sugere uma necessidade psicológica de ambientes com janelas e luz natural, além das necessidades físicas como visão e luz (NAGY et al., 1995).

Evidencia-se assim que sem importar a cultura ou situação geográfica, existe uma necessidade forte e generalizada das pessoas pela presença de iluminação de uma fonte

natural nos ambientes de trabalho, devendo ser considerada esta percepção psicológica no processo de design dos projetos de iluminação (NAGY et al., 1995; HAANS, 2014). A importância da luz natural em ambientes onde as pessoas passam muitas horas tem sido já comprovada e estudada. Por este motivo a entrada de luz e sua disponibilidade devem ser melhor analisadas.

A luz do dia é também extremamente importante em ambientes educacionais, porque permite aumentar o estado de alerta e o desempenho dos alunos. As respostas cerebrais à luz são notavelmente dinâmicas. A luz pode ativar estruturas subcorticais envolvidas com o estado de alerta, promovendo assim atividades nas redes envolvidas em processos cognitivos não visuais (VANDEWALLE et al., 2006; BELLIA et al., 2013; WESSOLOWSKI et al., 2014).

As células ganglionares ópticas estão diretamente relacionadas com o sincronizador primário das funções circadianas dos humanos. Como a luz do dia sincroniza os ritmos circadianos, em ambientes de educação, ajuda na adaptação rápida dos diferentes tempos nas diferentes aulas, mostrando assim o seu efeito sobre o desempenho do comportamento acadêmico dos estudantes (WESSOLOWSKI et al., 2014).

A pesquisa de Bellia et al. (2013) mostra que além da intensidade, a distribuição espectral de potência (DEP) da luz percebida pelos olhos desempenha um papel importante nas respostas circadianas e também as características espectrais das superfícies internas e externas influenciam o DEP e por conseguinte a temperatura de cor correlata (CCT) que atinge os olhos.

Existe uma relação entre as iluminâncias no nível dos olhos e a supressão de melatonina (ISKRA-GOLEC, 2012; BELLIA et al., 2013). Esta relação é maior em comparação com as iluminâncias sobre o nível do plano de trabalho. Atualmente os projetistas de iluminação focam mais nas simulações para predizer valores mínimos de iluminâncias sobre planos de trabalho horizontais, embora esta abordagem não garante uma adequada visão. Por esta razão, para estimular adequadamente o sistema circadiano é importante avaliar também as iluminâncias no nível dos olhos juntamente com o DEP (BELLIA et al., 2013).

Uma exposição adequada e apropriada à luz natural é fundamental para a saúde e o bem-estar dos pacientes, como também dos trabalhadores dos serviços de saúde. Um projeto

com adequada iluminação natural contribui positivamente física e psicologicamente com o bem-estar dos pacientes (CHOI et al., 2012; ALZOUBI e AL-RQAIBAT, 2014). A influência e efeito psicológico da luz natural também está relacionada com a redução do tempo de internação de pacientes e redução de mortalidade (WALCH et al., 2005; CHOI et al., 2012). A pesquisa de Choi et al. (2012) mostra uma relação significativa entre a redução da média do tempo de internação de pacientes em ambientes com orientações que recebem maiores níveis de iluminação natural. Dependendo do tipo de doenças e outras variantes, os benefícios psicológicos provenientes da luz natural podem propiciar uma recuperação mais acelerada dos pacientes (CHOI et al., 2012).

Também devem ser considerados para um adequado desempenho da iluminação natural no interior dos ambientes hospitalares, as características dos materiais, tanto do mobiliário interior como das superfícies das paredes, como as cores e refletâncias, capazes de afetar de forma significativo os níveis de iluminação nos ambientes de internação ou tratamento dos pacientes (ALZOUBI et al., 2013).

No caso de existir estressores por iluminação excessiva, diferentes dispositivos de sombreamento podem ser instalados de modo a serem manipulados pelos próprios pacientes, para garantir o conforto visual e evitar incômodos (CHOI et al., 2012; ALZOUBI e AL-RQAIBAT, 2014).

Também diversas pesquisas já mostraram a influência da luz solar sobre a recuperação de pacientes com problemas relacionados à saúde mental. Evidencia-se assim, que a iluminação natural tem uma influência positiva tanto na saúde fisiológica, como psicológica dos pacientes (RASHID e ZIMRING, 2008; ALZOUBI et al., 2010).

Mais estudos deveriam ser conduzidos sobre a adequada integração da luz natural e as diferentes variantes de iluminação que têm influência sobre os pacientes nos ambientes hospitalares, para assim definir melhor as diretrizes de projeto em ambientes internos e externos nas unidades de saúde, com a finalidade de maximizar os benefícios psicológicos e efeitos positivos da luz natural nos pacientes (CHOI et al., 2012; ALZOUBI e AL-RQAIBAT, 2014)

Percebe-se assim que a luz induz tanto respostas visuais como não visuais e, desta forma, devem ser realizados mais estudos, que transcendam o desempenho luminoso de

determinados sistemas nos ambientes e considerem mais a percepção do usuário e a relação direta da iluminação natural com os aspectos não visuais.

LUZ NATURAL: DINÂMICA DOS ESPAÇOS

Entre as qualidades da luz natural também está a influência dos aspectos da percepção estética e aspectos emocionais. A percepção dos aspectos qualitativos da luz natural não pode ser mensurada mediante uma análise numérica. Ao analisar a iluminação nos ambientes arquitetônicos também devem ser consideradas e avaliadas as diferentes interações da luz com os componentes dos espaços interiores (LESLIE, 2003; PARPAIRI, 2004).

A luz natural infunde no espaço interior sombras e diferentes texturas. A luz natural é sensível a diferentes condições climáticas e ambientais, isso resulta em uma série de variáveis altamente dinâmicas. Apesar da importância destes efeitos dinâmicos, existem poucas métricas de design que avaliam os impactos positivos desta variação luminosa (ROCKCASTLE e ANDERSEN, 2014).

O estudo de Hourani e Hammad (2012) comprovou que os aspectos de qualidade de luz natural ativam a dinâmica do espaço arquitetônico. A qualidade da luz do dia é um elemento de design eficaz para melhorar os aspectos estéticos do espaço arquitetônico, como também influenciar positivamente o bem estar psicológico de seus ocupantes. Desta forma são enriquecidos aspectos como a diversidade de percepção da luz, o prazer e a observação da dinâmica da luz natural. De acordo com a quantidade de entrada de luz natural são criados espaços interiores com maior dinâmica e efeitos de luz.

Entre os efeitos positivos criados pela dinâmica da luz natural encontra-se a dinâmica do ritmo das sombras, a diversidade e dinâmica das vistas, a percepção de diversidade de cores e as dinâmicas de reflexões (LESLIE, 2003; HOURANI e HAMMAD, 2012).

Se as qualidades da luz natural fossem mensuráveis, poderiam ser posicionadas junto às métricas que avaliam o conforto visual, para assim, proporcionar uma análise mais holística do desempenho da luz natural na arquitetura (REINHART e WEISSMAN, 2012; ROCKCASTLE e ANDERSEN, 2014).

Uma das funções importantes das janelas também é a acessibilidade às vistas exteriores, mas esta função é comumente não considerada. As vistas exteriores não são só agradáveis, mas também são importantes para a saúde dos ocupantes. A iluminação solar direta e as vistas exteriores podem reduzir o stress e melhorar o desempenho laboral. Uma das maiores vantagens da luz natural é sua dinâmica, que influencia nosso ritmo circadiano (GALASIU e VEITCH, 2006; HELLINGA e HORDIJK, 2014).

Geralmente, a abordagem da iluminação natural é analisada principalmente com a finalidade de satisfazer pedidos de redução de consumo de energia elétrica e para melhorar a qualidade do ar interior, em edifícios de escritórios comerciais promovidos como sustentáveis, verdes, energeticamente eficientes ou de alto desempenho (KONIS, 2013). No entanto, o tema da iluminação natural em edifícios a partir de uma perspectiva que vise examinar os impactos de estratégias de projeto para atingir o verdadeiro conforto visual é pouco estudado. O escopo deve também focar a melhoria da percepção visual e deve examinar também a influência das modificações que os usuários podem fazer nas fachadas, as quais podem, por sua vez, reduzir a eficácia da iluminação natural e a conexão visual com o exterior (KONIS, 2013).

Só existem poucos estudos sobre a influência integrada da luz natural e as vistas exteriores sobre o conforto visual. No entanto, pesquisa sobre ofuscamentos e brilhos causados pela iluminação das janelas são mais frequentes. Mas também é importante considerar na avaliação do controle dos efeitos negativos da luz, como ela afeta a percepção das vistas exteriores (HELLINGA e HORDIJK, 2014).

O estudo de Hellinga e Hordijk (2014) apresenta um novo método para avaliar juntamente e de forma objetiva o acesso da luz natural e a qualidade das vistas exteriores através de diferentes configurações de janelas. Também é importante considerar na criação e aplicação de novos métodos que avaliem a luz natural e as vistas exteriores, as possíveis interferências na vista exterior, como mecanismos e dispositivos nas fachadas. Com os novos métodos propostos pode-se avaliar o desempenho luminoso e a qualidade das vistas em diferentes fases do processo de pesquisa ou do projeto de iluminação (KIM et al. 2011; HELLINGA e HORDIJK, 2014).

Devido à importância da análise integral dos diferentes fenômenos da dinâmica da iluminação natural e a percepção do usuário, pesquisas interdisciplinares das áreas de

física e psicologia devem ser desenvolvidas, para avaliar em conjunto a qualidade e a dinâmica da luz natural como também as percepções e sensações do usuário.

ESTRATÉGIAS AVANÇADAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

O estudo de disponibilidade de luz natural nos ambientes interiores é extremamente importante para os especialistas de iluminação e projetistas das edificações, uma vez que essa fonte de luz tem o potencial de melhorar o bem-estar dos usuários, o desempenho e também permite a redução do consumo de energia. Por isso, é necessário estudar as diferentes estratégias para maximizar a entrada de luz, mas evitando os efeitos de desconforto que podem ser causados. Também é importante a integração correta com sistemas de iluminação artificial, com o objetivo de alcançar uma notável economia de energia (BELLIA et al., 2014).

Muitas vezes, diferentes elementos e características arquitetônicas estão erroneamente relacionados somente com propósitos estéticos. Os elementos arquitetônicos das fachadas devem ser considerados principalmente para garantir o desempenho energético adequado e aproveitar corretamente os sistemas de iluminação (SHARP et al., 2014).

Para melhorar o desempenho da iluminação natural nos ambientes de trabalho e reduzir o desconforto, algumas estratégias podem ser consideradas, como a aplicação de materiais altamente reflexivos, para assim otimizar o redirecionamento da luz nos espaços de trabalho e reduzir contrastes altos em zonas próximas às janelas, proporcionar o acesso mais fácil aos dispositivos interiores de sombreamento, considerar subdivisões de zonas de iluminação, entre outras estratégias (KONIS, 2013).

As estratégias de iluminação mais eficientes do ponto de vista de uma perspectiva energética e de conforto visual, são dadas mediante a utilização de sistemas integrados nas fachadas, que controlam as cargas solares e ao mesmo tempo transmitem a luz natural suficiente para minimizar a necessidade de iluminação elétrica (KONIS, 2013; SBAR et al., 2012).

Entre os sistemas de iluminação natural mais eficientes, podem ser considerados os sistemas avançados ou sistemas inovadores de iluminação natural, que tem como principal característica reduzir os efeitos negativos da iluminação como o ofuscamento e

sobreaquecimento e, ao mesmo maximizar a entrada de luz natural. Os sistemas assim concebidos melhoram significativamente o conforto termo-luminoso, ajudam a reduzir o consumo energético gasto em iluminação artificial, bem como a mitigar a produção de CO₂ relacionada à produção desta energia (SANTOS, 2009; MAYHOUB e CARTER; DARULA et al, 2013; ULLAH e SHIN, 2014).

Entre os sistemas e tecnologias que são mais amplamente utilizados e conhecidos estão os sistemas passivos e ativos, que podem ser sistemas refletores, de transporte e redirecionamento de luz natural e sistemas integrados em envidraçados. Entre os sistemas encontram-se tecnologias como sistemas anidólicos, dutos de luz solar, coletores solares com fibras ópticas, vidros prismáticos, heliostatos, dispositivos refletores, dispositivos de reorientação de luz, janelas eletrocromáticas, entre outros. Os sistemas mencionados têm diferentes aplicações de acordo ao local onde está o edifício, as características ambientais, características geométricas e possíveis obstruções da luz natural.

Atualmente as tecnologias disponíveis oferecem uma grande variedade estética e de design adaptável aos espaços interiores e as fachadas (SHARP et al., 2014). Há uma variedade de sistemas de iluminação natural no mercado, mas poucas informações sobre que tipo de sistema deve ser aplicado a um determinado caso ou outro, isto é, que tipo de sistema será mais eficaz. Se os sistemas não forem devidamente implantados, o resultado é contrário ao esperado e pode resultar em iluminação ineficaz e em consumidores insatisfeitos (SHARP et al., 2014). Mediante a adequada instalação destes sistemas nos projetos, é possível também obter diferentes créditos ou cumprir com as categorias das distintas certificações ambientais para edificações.

Entre as ferramentas para conhecer a eficiência dos sistemas inovadores de iluminação natural, a simulação computacional serve também para indicar a eficiência energética ao longo do ano e prever possíveis modificações e adaptações de acordo aos resultados.

Mas também é importante considerar nas simulações a percepção do usuário e conhecer os efeitos não visuais desses sistemas para o bem-estar humano (REINHART e WIENOLD, 2011; ANDERSEN et al., 2013). Na etapa inicial do projeto, as simulações devem abordar aspectos mais amplos de avaliação do desempenho, como o comportamento de dispositivos de sombreamentos, obstruções, entre outros, para avaliar possíveis indicadores de desconforto como brilhos e contrastes, e maximizar as vantagens oferecidas pela luz solar

ao longo do ano (KONIS, 2013; SHARP et al., 2014). Da mesma forma, as simulações devem prever outros aspectos não visuais importantes para os humanos como a DEP (Distribuição espectral de potência), o CCT (Temperatura de cor correlata), a quantidade de luz disponível para manter a sincronização do sistema circadiano humano, a luz que alcança o nível dos olhos e sensores verticais que simulam o movimento humano (ANDERSEN et al., 2013; BELLIA et al., 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o impacto importante das respostas não-visuais sobre o bem-estar e a saúde das pessoas, fazem-se necessárias mais pesquisas onde sejam desenvolvidos modelos que permitam aos arquitetos e especialistas em iluminação prever estes impactos não visuais, desde a etapa inicial do projeto, com a mesma importância dada ao desempenho luminoso num determinado ambiente (BELLIA et al., 2013).

As pesquisas e trabalhos sobre os impactos da iluminação natural devem ser desenvolvidos de forma interdisciplinar e holística, por pesquisadores das áreas de arquitetura, engenharia civil, psicologia ambiental, física, saúde, educação e áreas que estudem os diferentes fenômenos envolvidos.

O desempenho luminoso depende de muitas variantes e cada projeto pode demandar uma solução diferente. Os projetos de iluminação natural e a escolha de sistemas avançados de iluminação tem as suas próprias aplicações ideais. Todos os edifícios têm seus próprios desafios a serem superados. A localização e a orientação do edifício e das aberturas são sumamente importantes para atingir a maximização da eficácia de um sistema de iluminação natural (SHARP et al., 2014).

A figura 1 mostra o esquema dos efeitos visuais e não visuais que devem ser considerados e avaliados no desenvolvimento do projeto. Com as novas ferramentas que já estão disponíveis para os projetistas de iluminação, a previsão destes fatores pode ser calculada com mais precisão através da simulação computacional.

A iluminação natural influencia os aspectos psicológicos, físicos e fisiológicos do ser humano de forma importante, e garante o bem-estar humano e o conforto visual, ao

mesmo tempo em que a adequada apropriação da luz do dia pode garantir bom desempenho luminoso, com economia de energia elétrica.

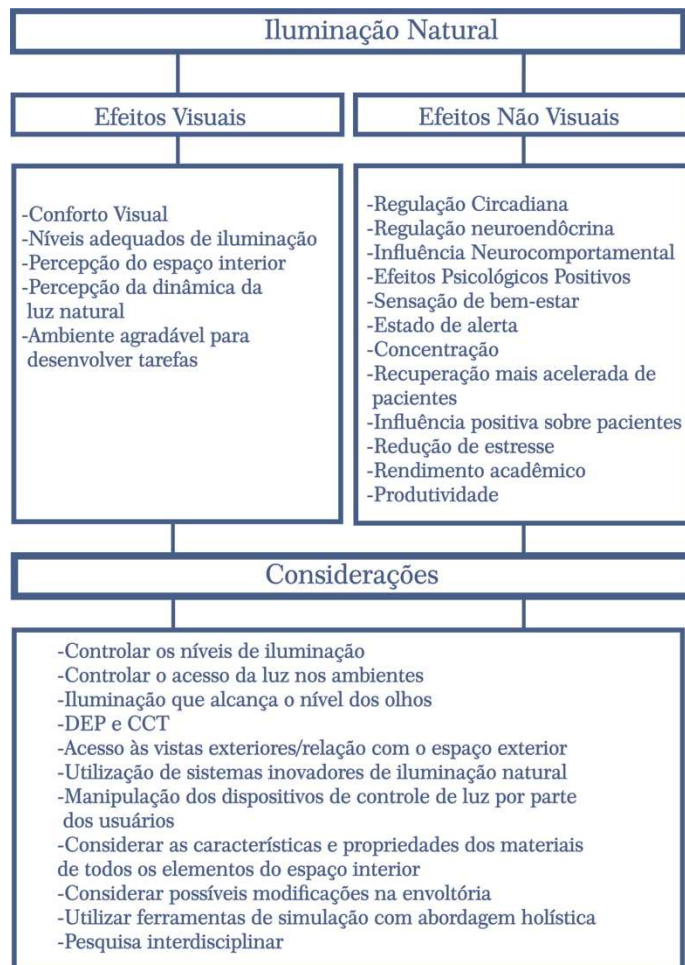


Figura 1: Esquema com os efeitos visuais e não visuais da iluminação natural que devem ser considerados ao momento de realizar o projeto de iluminação. Fonte: Autores.

REFERÊNCIAS

- ALZOUBI, H.; AL-RQAIBAT, S.; BATAINEH, R. F. Pre-versus post-occupancy evaluation of daylight quality in hospitals. **Building and Environment**. V. 45, p. 2652-2665, 2010.
- ANDERSEN, M.; GOCHENOUR, S. J.; LOCKLEY, S. W. Modelling 'non-visual' effects of daylighting in a residential environment. **Building and Environment**. V. 70, p. 138-149, 2013.
- BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Lighting in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants. **Building and Environment**. V. 68, p. 50-65, 2013.
- BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Daylighting offices: A first step toward an analysis of photobiological effects for design practice purposes. **Building and Environment**. V. 74, p. 54-64, 2014.
- CHOI J. H.; BELTRAN L. O.; KIM H. S. Impacts of Indoor Daylight Environments on Patient Average Length of Stay (ALOS) in a Healthcare Facility. **Building and Environment**. V. 50, p. 65-75, Abr. 2012.
- DARULA, S.; KOCIFAJ, M.; MOHELNIKOVA, J. Hollow light guide efficiency and illuminance distribution on the light-tube base under overcast and clear sky conditions. **Optik**. V. 124, n. 17, p. 3165-3169, sep. 2013.
- GALASIU, A. D.; VEITCH, J. A. Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. **Energy Building**. V. 38, n. 7, p. 728-742, 2006.
- HAANS, A. The natural preference in people's appraisal of light. **Journal of Environmental Psychology**. V. 39, p. 51-61, 2014.
- HELLINGA, H.; HORDIJK, T. The D&V analysis method: A method for the analysis of daylight access and view quality. **Building and Environment**. V. 79, p. 101-114, 2014.
- HOURANI, M. M.; HAMMAD, R. N. 2012. Impact of Daylight Quality on Architectural SpaceDynamics: Case Study: City Mall. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16(6): p. 3579-3585.
- ISKRA-GOLEC, IM.; WEZNA, A.; SMITH, L. Effects of blue enriched light on the daily course of mood, sleepiness and light perception: a field experiment. **Lighting Research and Technology**. V. 44, n.4, p. 506-513, 2012.
- KIM, J. T.; SHIN, J. Y.; YUN, G. Y. Prediction of discomfort glares from windows: influence of the subjective evaluation of window views. **Indoor Built Environment**. V. 21, n.1, p. 92-97, 2011.

- KONIS, K. Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California. **Building and Environment**. V. 59, p. 662-677, 2013.
- KORT, Y.; VEITCH, J. A. From blind spot into the spotlight. Introduction to the special issue 'Light, lighting, and human behaviour'. **Journal of Environmental Psychology**. V. 39, p. 1-4, 2014.
- LESLIE, R. P. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how?. **Building and Environment**. V. 38, p. 381 - 385, 2003.
- _____. Conceptual design metrics for daylighting. **Lighting Research and Technology**. V. 44, p. 277 - 290, 2011.
- MAYHOUB, M.; CARTER, D. A Feasibility Study for Hybrid Lighting Systems. **Building and Environment**. V. 53, p. 83-94, Jul, 2012.
- NAGY, E.; YASUNAGA, S.; KOSE, S. Japanese office employees psychological reactions to their underground and above-ground offices. **Journal of Environmental Psychology**. V. 15, p. 123-134, 1995.
- PARPAIRI, K. Daylight perception. In: STEANE, M & STEEMERS, K. **Environmental diversity in architecture**. New York: Taylor & Francis; 2004.
- RASHID, M.; ZIMRING, C. A. Review of the empirical literature on the relationships between indoor environment and stress in health care and office settings: problems and prospects of sharing evidence. **Environment and Behavior**. V. 40, n. 2, p. 151-190, 2008.
- REINHART, C. F.; WIENOLD, J. The Daylighting Dashboard - A Simulation-Based Design Analysis for Daylit Spaces. **Building and Environment**. V. 46, n. 2, p. 386-396, 2011.
- REINHART, C. F.; WEISSMAN, D. A. The daylight area -Correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. **Building and Environment**. V. 50, p. 155-164, 2012.
- ROCKCASTLE, S.; ANDERSEN, M. Measuring the dynamics of contrast & daylight variability in architecture: A proof-of-concept methodology. **Building and Environment**. V. 81, p.320-333, 2014.
- SANTOS, P. D. S. **Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut Panels e Channel Panels**. 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura. Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa, 2009.
- SBAR, N. L.; PODBELSKI, L.; YANG, H. M.; PEASE, B. Electrochromic dynamic windows for office buildings. **International Journal of Sustainable Built Environment**. V. 1, n. 1, p. 125-139, 2012.
- SHARP, F. S.; DOUG, L.; JEFF, D.; COKER, J. The use and environmental impact of daylighting.

Journal of Cleaner Production. V. 85, p. 462- 471, 2014.

ULLAH, I.; SHIN, S. Highly concentrated optical fiber-based daylighting systems for multifloor office buildings. **Energy and Buildings.** V. 72, p. 246-261, 2014.

VANDEWALLE, G; BALTEAU, E.; PHILLIPS, C.; DEGUELDRE, C. ; MOREAU, V.; STERPENICH, V, ; et al. Daytime light exposure dynamically enhances brain responses. **Current Biology.** V. 16, p. 1616-1621, 2006.

WALCH, J.; BRUCE, S.; RABIN, B.; DAY, R., WILLIAMS, J.; CHOI, K., et al. The effect of sunlight on postoperative analgesic medication use: A prospective study of patients undergoing spinal surgery. **Psychosomatic Medicine.** V. 67, p. 156-163, 2005.

WESSOLOWSKI, N.; KOENIG, H.; SCHULTE-MARKWORT, M.; BARKMANN, C. The effect of variable light on the fidgetiness and social behavior of pupils in school. **Journal of Environmental Psychology.** V. 39, p. 101-108, 2014.