XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO E DA TRAJETÓRIA DO OLHAR NA PROBABILIDADE DE OFUSCAMENTO EM AMBIENTES DE ESCRITÓRIO

Gabriela Silva Goedert (1); Natália Giraldo Vásquez (2), Fernando O. R. Pereira (3)
Arquiteta, Mestre PPGEC-UFSC, gabrielasgoedert@labcon.ufsc.br; (1) Arquiteta, Doutoranda PPGEC-UFSC, ngiraldv@gmail.com (3) PhD, PPGEC-UFSC e PósArq-UFSC, ruttkay.pereira@ufsc.br.
Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 470, Florianópolis–SC, 88040-970, Tel.: (48) 3721 4974

RESUMO
Um dos desafios do projeto de aberturas é maximizar o acesso à luz natural com a finalidade de melhorar a qualidade interna do ambiente e, ao mesmo tempo, manter o ambiente livre de brilhos e contrastes excessivos. No entanto, quantificar e caracterizar a percepção do brilho na atividade visual ainda é um desafio nas pesquisas, por se tratar de um parâmetro relativo à posição ativa do ocupante. O objetivo desta pesquisa foi considerar o usuário dinâmico em ambientes de trabalho, verificando a influência do tempo de visualização e da direção do olhar, na probabilidade de ofuscamento. Para obtenção dos dados foram realizados levantamentos e avaliações em um ambiente real onde vinte e seis participantes foram monitorados enquanto realizaram tarefas pré-definidas de escritórios. As movimentações do olhar dos participantes foram registradas com o auxílio dos óculos *Eye-Tracker*. Através da técnica *High Dynamic Range* (*HDR*) foram mapeados os brilhos das superfícies e obtido o índice de probabilidade de ofuscamento (*DGP*) para cada cena. Também foram aplicados questionários com o intuito de correlacionar a satisfação dos usuários. Constatou-se que, ao realizar uma tarefa, o usuário mantém seu olhar fixo no plano de trabalho, independente das luminâncias encontradas. Ao solicitar uma pausa ou ao falar ao telefone, o olhar tornou-se mais disperso, variando as superfícies visualizadas. As aberturas foram visualizadas quando faziam parte do plano de fundo da tarefa ou quando não continham valores extremos de luminância. Conclui-se que a ponderação do tempo de visualização pelo valor de *DGP* indicou uma redução de até 100% do *DGPponderado* para o *DGPestático*. Os valores de *DGPponderado* estiveram mais próximos dos votos de satisfação manifestados pelos participantes, ressaltando a importância de considerar as duas variáveis, direção de visão e o tempo de visualização, na definição do índice do ambiente.
Palavras-chave: Conforto Visual, *Eye-Tracker*, Satisfação dos usuários

ABSTRACT
On of the challenge of openings design is to maximize the acess of natural light, in order to improve the internal quality of the environment, while keeping the environment free of excessive glare and contrasts. However, quantifying and characterizing the perception of brightness in visual activity is still a challenge in researches, mainly because it is a subjective parameter, relative to the active position of the occupant. The purpose of this research is to consider dynamic users in work environments, verifying the influence of the visualization time and look direction in glare probability. For data obtaining, evaluations were performed in an experimental environment, where the twenty six volunteers were monitored while performing the pre-defined office tasks. The gaze movements were recorded with the aid of Eye-Tracker devices. Through the High Dynamic Range (HDR) technique, surface brightness was mapped and the glare probability index (DGP) was obtained for each scene. Questionnaires were also applied with the purpose of correlate users' satisfaction. It was found that when performing a task, the user keeps his eyes fixed on the work plan regardless of the luminances found. When asking for a break or when talking on the phone, the look became more dispersed, varying the displayed areas. The openings were visualized when they were part of the task background or when they did not contain extreme values of luminance. It was concluded that the visualization time weighting by the DGP value indicated a reduction of up to 100% of the DGP-weighted to the DGPstatic.

The weighted DGP values were closer to the satisfaction votes expressed by the participants, emphasizing the importance of considering vision's directions and visualization's time in the index.
Keywords: Visual Comfort, Glare, Eye-Tracker, User Satisfaction

1 INTRODUÇÃO

O conforto visual está relacionado ao dinamismo da luz natural. As principais causas de desconforto são geralmente relacionadas à incapacidade do sistema visual se adaptar às condições dinâmicas e direcionais do brilho dos componentes da cena, podendo gerar diferentes padrões comportamentais (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006) os quais são difíceis de ser definidos. A quantificação do brilho ainda é um desafio nas pesquisas de conforto, principalmente por se tratar de um parâmetro subjetivo e relativo a posição ativa do ocupante. Estudos sobre o tema geralmente englobam ocupantes estáticos (WIENOLD; 2009), na contramão do dinamismo das pessoas e da visão em situações reais.

Recentemente, esse dinamismo dos usuários tem sido incorporado em alguns que incluem novos parâmetros e métodos de medição e geram modelos comportamentais com relação a como o ambiente é realmente experimentado visualmente. Nestes estudos, a direção de visão é composta pela movimentação do corpo, da cabeça e dos olhos do usuário. Jakubiec e Reinhart (2011) propuseram o modelo de zonas adaptativas permitindo, através de simulação, a variação nadireção de visão do observador para evitar o desconforto causado pelo brilho. Ao aplicar este conceito foi significantemente ampliada a precisão em predizer o conforto dos ocupantes. Khanie *et al* (2011, 2013, 2015) integraram na análise do brilho, em levantamentos em campo, o rastreamento da visão *(Eye-tracking)* e o mapeamento das luminâncias do campo visual usando imagens de ampla faixa diânmica *(High Dynamic Range -HDR)*, técnica validada e difundida nos últimos anos em estudos em ambientes reais (INANICI, 2006; JAKUBIEC; INANICI, 2016). Os resultados considerando o dinamismo da visão foram comparados com resultados obtidos com oolhar dos usuários esteve fixo na área de tarefa e quando esteve em direção à janela. Os resultados demonstraram que há uma diferença significativa na avaliação do ofuscamento ao considerar essa mudança de direção do olhar. Vásquez *et al* (2016) também apresentaram um procedimento para inclusão do tempo e direção do olhar. Neste estudo os resultados indicaram uma redução de até 30% no *Daylight Glare Index* (DGI) total de um ambiente de sala de aula com relação ao DGI estático, caso fosse considerado o tempo de permanência do olhar em cada direção.

Outras pesquisas abordam a questão do conteúdo da cena que está sendo observada, do contato visual com o exterior e das tarefas que estão sendo realizadas (ALTOMONTE; KENT, 2016). Khanie *et al (2015)* constatou que nos intervalos das tarefas os usuários olharam para a janela do ambiente. Em relação à paisagem vista pela janela, Tuaycharoen e Tregenza (2005, 2007) concluiram que, ao comparar cenas visuais com a mesma luminância, quando os usuários estiveram interessados na cena visual a sensação de ofuscamento foi menor do que quando olharam para uma cena visual que consideraram menos interessante.

Estas pesquisas abordam de forma independente as variáveis que influenciam na percepção visual e sensação de conforto do usuário. Essa abordagem dificulta a comparação da relação direta da mudança de comportamento do usuário com relação ao ambiente luminoso disponível, com as tarefas realizadas e com as vistas externas. Considerar essas interdependências entre os diferentes parâmetros avaliados, pode significar mudanças na tolerância dos usuários com relação ao brilho.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi considerar o usuário dinâmico em ambientes de trabalho, verificando a influência do tempo de visualização e da direção do olhar, na probabilidade de ofuscamento.

3. MÉTODO

O levantamento dos dados foi realizado através de estudos de campo em um ambiente real de escritório durante fevereiro e março de 2017. As técnicas e instrumentos usados no levantamento de dados envolveram: o rastreamento da visão dos participantes por meio de óculos *Eye-tracker,* mapeamento de luminâncias por meio de fotografias *HDR* e a avaliação subjetiva dos participantes levantada através de um questionário. Os dados foram tabulados e tratados estatisticamente conforme as características das variáveis analisadas.

3.1 Características do ambiente experimental e participantes

Os levantamentos ocorreram em uma sala de estudos localizada na Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (Latitude: 27ºS, Longitude 48ºW). Dentro do ambiente foram escolhidas quatro posições (P01, P02, P03 e P04) para a localização dos participantes, a partir das quais a área das aberturas no campo visual e a relação com a iluminação variou (Figura 1) (J01 com 5,93m² e J02 com 2,2m²). A posição das persianas

permaneceu conforme a configuração usada pelos usuários do ambiente (entreabertas) e as lâmpadas foram ligadas apenas após às 17h. O sistema de iluminação artificial é composto por quatro luminárias de sobrepor com aletas reflexivas, cada uma com 2 lâmpadas fluorescentes T8.

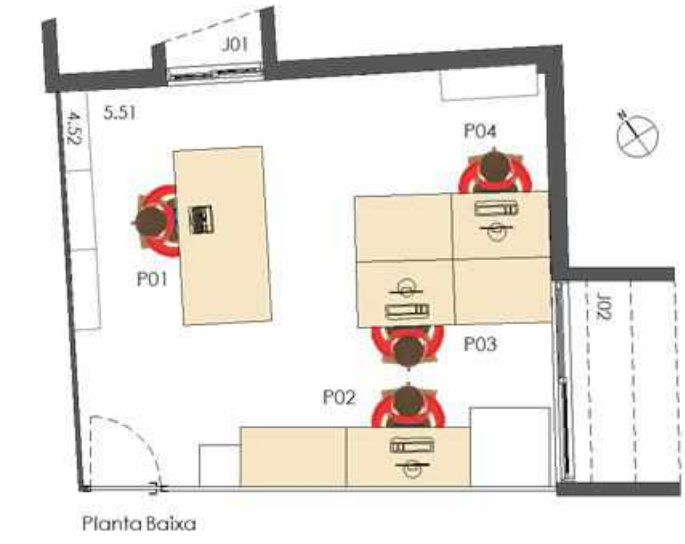


Figura 1 - Posições analisadas e seus campos visuais

Os dados foram levantados com a participação de 26 voluntários com média de idade de 27 anos, sendo 14 homens e 12 mulheres. Ressalta-se que 10 participantes eram usuários frequentes do ambiente monitorado.

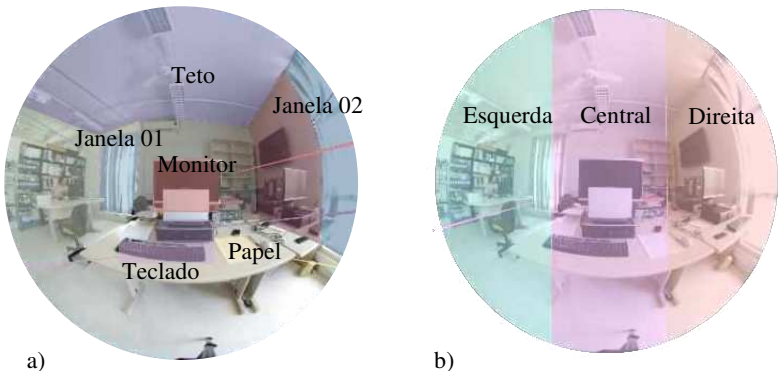
3.2 Trajetória da visão usando eye-tracker

Na chegada cada participante foi localizado em um dos pontos de avaliação e foi realizada a calibração dos óculos *Eye-tracking*. Foram definidas atividades típicas de escritório na seguinte ordem: leitura e escrita no monitor, leitura e escrita no papel e falar ao telefone. A trajetória da visão foi obtida com os óculos *Eye Gaze Tracker* da SensoMotoric Instruments. Os dados foram arquivados em forma de vídeos usando o programa *Iview ETG versão 2.6*, os quais permitiram a obtenção de informações: temporais, de foco e da trajetória do olhar de cada participante. Cada tarefa realizada foi dividida em três fases (entrada, pensamento e interação); e o monitor foi desligado em determinados momentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Sequência das Tarefas

Tarefas	**Plano de trabalho**	**Fases**		
		Entrada	**Pensamento**	**Interação**
Leitura e escrita	Vertical - Monitor	Ler o texto e a pergunta	Desligar o monitor e refletir sobre o tema	Digitar a resposta
Leitura e escrita	Horizontal - Papel	Ler o texto e a pergunta	Refletir sobre o tema	Escrever a resposta
Falar ao telefone	-	Atender o telefone	Escutar o locutor	Falar com o locutor

A análise dos dados foi realizada no programa *Be Gaze versão 3* a partir do foco e permanência do olhar para determinada superfície. Para cada participante, e a partir de uma imagem de referência do campo visual central, foi realizada a sobreposição da trajetória do olhar. Na mesma imagem foram demarcadas as seguintes áreas de interesse: tela do monitor (plano vertical), teclado, folha de papel, bancada de trabalho (plano horizontal), plano de fundo, aberturas, paredes laterais e teto (Figura 2a). Posteriormente, foram demarcadas na mesma imagem as áreas de interesse por direção: esquerda, central e direita (Figura 2b). A demarcação das áreas de interesse permitiu obter dados de recorrências visuais, caracterizar o percurso da visão e identificação das direções de visão dominantes de cada participante durante cada tarefa, bem como extrair o tempo de visualização.



a) b)

Figura 2 – a) Divisão das áreas de interesse no campo visual na P03 b) Divisão das três direções de interesse no campo visual na P03

3.3 Mapeamento das luminâncias no campo visual

O mapeamento das luminâncias do campo visual de cada participante foi realizado através de imagens *HDR*, em três direções da visão (direita, central e esquerda), definidas com um ângulo de 60º a partir da região central. Para cada direção da visão foi levantada a sequência de imagens *Low Dinamic Range (LDRi)* usada para o cálculo da imagem *HDR*. Para isto foi utilizada uma câmera Canon_EOS60D com lente olho de peixe (EX Sigma - Circular Fisheye 4.5mm1 - 2.8), controlada de forma remota. As configurações usadas para os levantamentos das *LDRi* são apresentadas na Tabela 2. Para os participantes de cada posição dentro do ambiente, estes levantamentos foram realizados no tempo de troca dos participantes: imediatamente após o monitoramento da direção da visão de um participante e antes de iniciar o monitoramento da direção da visão do seguinte. Em total foram calculadas 48 imagens *HDR*.

Tabela 2 - Configurações da câmera

Característica	Configuração	Característica	Configuração
Balanço Branco	Luz Natural	Tamanho Imagem	3456 x 2304pixels
Foco	Automático	Sensibilidade	ISO100
f-stop	f/11	Lentes	Fisheye
Shutter Speed	Variável	Formato	RAW e JPG

O cálculo dos mapas de luminância e o índice *Daylight Glare Probability* (*DGP)* foram realizados no programa AFTAB (2016), interface gráfica do Evalglare. Foi considerada a sensação de ofuscamento como: imperceptível quando o valor de *DGP* foi menor que 0,30; perceptível quando o valor de *DGP* variou entre 0,30 e 0,35; perturbador quando o valor de *DGP* variou entre 0,35 e 0,40 e intolerável quando os valores de *DGP* foram maiores que 0,45.

3.4 Impacto do tempo de visualização na sensação de ofuscamento

Visando introduzir o caráter dinâmico da visão dos participantes foi realizada a ponderação dos valores de *DGP* de cada direção da visão pelo tempo de permanência do olhar em cada uma delas (Equação 1) (VÁSQUEZ, *et al* 2011), para desta forma obter o valor de *DGP* da posição de cada participante (DGP_P).

$$DGP_p = (DGP_{dvL} * \%t_{dvL}) + (DGP_{dvC} * \%t_{dvC}) + (DGP_{dvR} * \%t_{dvR}) \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
DGP_{dvE} é o *DGP* levantado para a direção de visão “Esquerda”;
DGP_{dvC} é o *DGP* levantado para a direção de visão “Central”;
DGP_{dvD} é o *DGP* levantado para a direção de visão “Direita”;
$\%t_{dvE}$ é a percentagem de tempo olhando para a direção de visão “Esquerda”;
$\%t_{dvC}$ é a percentagem de tempo olhando para a direção de visão “Central”;
$\%t_{dvD}$ é a percentagem de tempo olhando para a direção de visão “Direita”;

3.5 Avaliações subjetivas dos participantes

Com a finalidade de coletar dados subjetivos dos participantes e identificar as preferências gerais do ambiente de trabalho, foram aplicados questionários avaliativos. O questionário foi baseado em três modelos utilizados em estudos de conforto visual (BOYCE; EKLUND, 1996; WYMELENBERG *et al* 2010; HESCHONG, 2013), contendo modificações de acordo com as necessidades de obtenção de dados desta pesquisa. O primeiro grupo de perguntas questionavam os participantes sobre aspectos relacionados a ambientes de trabalho de uma

maneira geral, onde foram avaliadas a preferência pela presença de janelas e cortinas. As questões seguintes eram relacionadas ao ambiente do experimento, onde foi solicitado aos participantes a classificação do ofuscamento, no momento da realização de cada uma das tarefas, em uma das seguintes categorias: imperceptível, notado (tolerável por um dia), perturbador (tolerável de 15 a 30 minutos) ou intolerável. Por fim, a pergunta 7 mediu, através de uma escala likert de cinco pontos, o nível de concordância com relação às seguintes afirmações: "Estou satisfeito como a aparência visual deste escritório", "Estou satisfeito com o brilho refletido das paredes e janelas", "Estou satisfeito com a quantidade de luz para trabalhar no computador", "Estou satisfeito com a quantidade de luz para ler e escrever no papel", "A tela do computador é legível e não possui reflexos" e "A luz está bem distribuída". As avaliações subjetivas foram levantadas através de questionários aplicados após os monitoramentos.

4. RESULTADOS

Três participantes foram excluídos de algumas análises devido à problemas relacionados ao arquivamento dos dados. Com exceção da P02, todas as posições possuíram no mínimo seis participantes. Os dados do mapeamento da trajetória do olhar, das luminâncias no campo visual dos participantes e as avaliações subjetivas foram analisados conforme as posições dos participantes no ambiente e as direções dominantes da visão. Análises das relações entre as variáveis de estudo foram realizadas a fim de verificar a associação com o comportamento dos participantes.

4.1 Áreas e superfícies de interesse visual

Com cada participante o monitoramento das atividades com os *óculos Eye-Tracker* durou em média 14 minutos. As atividades visuais dos foram marcadas por fixações nos planos mais comuns das tarefas: o monitor, o papel e o teclado foram as superfícies mais visualizadas e de maior fixação da visão (Figura 3). Porém, além dessas surperfícies, os participantes buscaram outros pontos do campo visual para fixar a visão. Os participantes da P01 foram os que mais se apropriaram de toda a cena, e os que mais visualizaram as janelas, devido à localização desta posição com relação às aberturas.

Os participantes da P02 e P04, foram os que mais fixaram o olhar para o monitor (43% do tempo). Na P02, a relação dos participantes com o restante do ambiente esteve limitado pela proximidade com a parede, além de ter a menor interação com a janela (0,6%). No momento da primeira pausa, após a "leitura no monitor", possivelmente em função da exigência de desligar o monitor, a visão tornou-se mais dispersa. Na segunda pausa, após a leitura do texto no papel, a maioria dos participantes preferiu continuar visualizando o plano do papel. No geral, a maior dispersão da visão aconteceu ao falar ao telefone, devido ao fato de não existir uma superfície específica para realizar a atividade. Durante este período as janelas e o plano de fundo foram as superfícies mais procuradas pelos participantes. Os participantes da P03 foram os que mais olharam para o papel e para a CPU, e os que menos se interessaram pela visualização do plano de fundo. Ao falar ao telefone dois participantes desta posição, preferiram olhar para a janela 02 localizada na região periférica do campo visual.

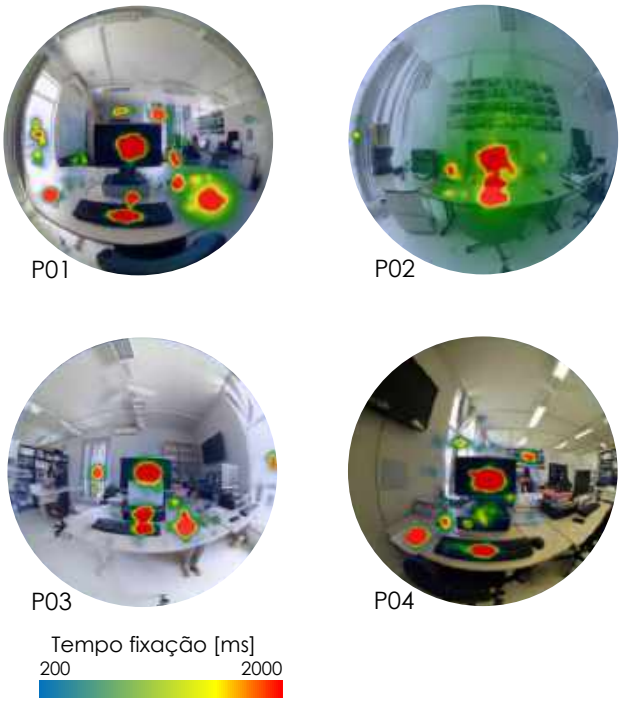


Figura 3 – Mapas de Foco das posições. Destaque para as regiões mais visualizadas em vermelho

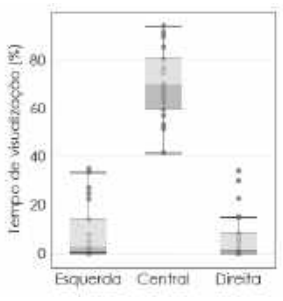


Figura 4 –Tempo de visualização por direção de visão

Foi identificado que a direção da visão afeta significativamente o tempo em que a visão permaneceu em cada uma delas [H(2)=158.53; p< 0.001], sendo a direção "Central" na qual os participantes fixaram mais o

olhar (Mdn=70.00%) (Figura 4). Por outro lado, entre a direção de visão "Direita" e "Esquerda" não foi encontrada diferença significativa (U=4176.00; p= 0.88). Estas diferenças se devem ao fato de que na direção "central" encontravam-se localizados os objetos das atividades desenvolvidas (computador ou papel).

4.2 Características luminosas dos campos visuais

Os participantes nas posições P01 e P02 tiveram os maiores valores de $L_{média}$ no campo visual (Mdn= 191.36cd/m2 e Mdn= 209.69cd/m2, respectivamente), seguidos dos participantes da P03 (Mdn= 113.60cd/m2). Como esperado, os valores de $L_{média}$ no campo visual dos participantes da P04 foram os mais baixos (Mdn= 90.64 cd/m2) (Figura 5). Estas diferenças indicaram que a posição dentro da sala afetou significativamente as luminâncias médias dos campos visuais [H(3) = 80.01; p< 0.001]. Diferenças estatisticamente significativas, negativas e moderadas foram identificadas entre a posição P01 e P03 (U= 976; p< 0.001; r= -0,47), a P01 e P04 (U= 656; p< 0.001; r= -0.64), a P02 e P03 (U= 1232; p< 0.001; r= -0.37) e a P02 e P04 (U= 896; p< 0.001; r= -0.56). Por outro lado, para as condições deste estudo, os valores de $L_{média}$ não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação às três direções de visão avaliadas [H(2)= 4,62; p= 0,10].

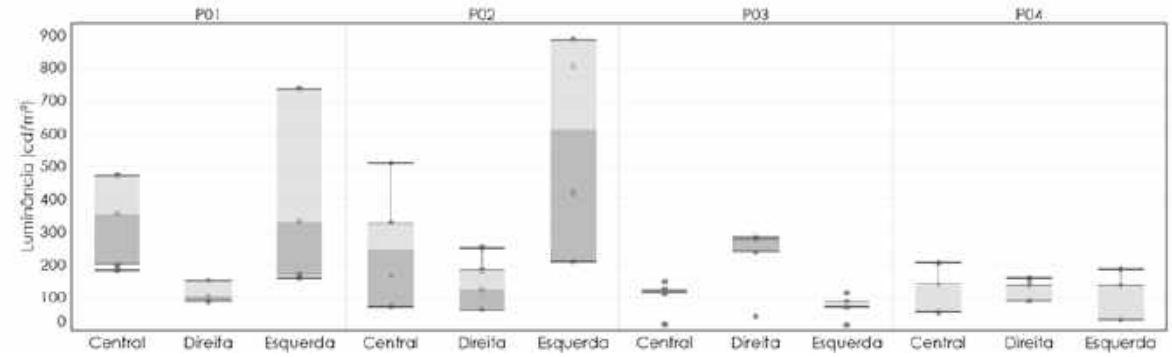


Figura 5 - Variação nos valores de Lmédia do campo visual segundo a direção da visão por posição

4.2.1 Luminância das superfícies de interesse

As maiores luminâncias mapeadas corresponderam às aberturas ou a regiões próximas delas. A reflexão do teto branco e das paredes claras alcançaram valores ao redor de 850cd/m². Porções mais afastadas das aberturas ficaram com valores ao redor de 400cd/m² e os planos comuns de tarefa (monitor, teclado e papel) mantiveram-se com valores entre 50 e 150cd/m². A Figura 6 apresenta a sobreposição da trajetoria do olhar sobre os mapas de luminâncias do campo visual do participante 15 na P01, do participante 8 na P02, do participante 4 na P03 e do participante 21 na P04.

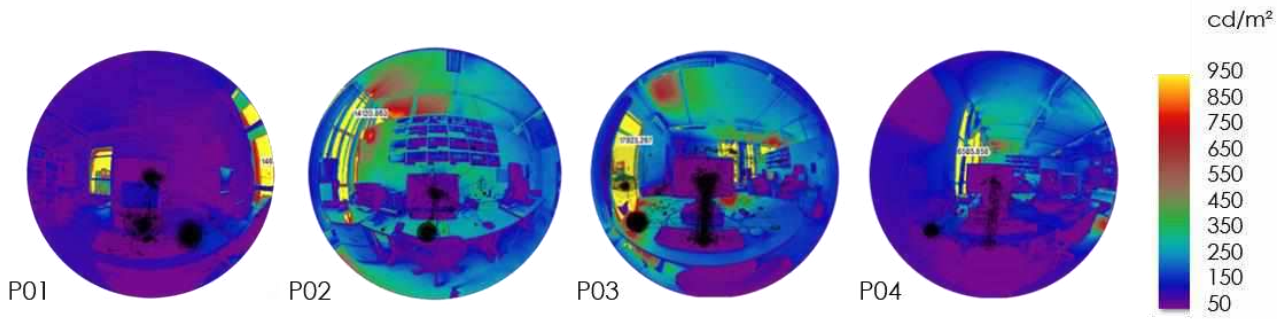


Figura 6 – Trajetória do olhar sobreposta aos mapas de luminâncias.

Através da correlação de Spearman foi identificado o relacionamento fraco e estatisticamente significativo, para uma hipótese unilateral, entre a luminância da superfície de interesse e o tempo em que os participantes ficaram olhando para cada uma delas (ρ= -0.302; p< 0.01) (Figura 7). Para verificar a influência das superfícies de interesse definidas pelas tarefas na relação testada, foi executado o teste de correlação sem considerar as áreas de interesse correspondentes aos planos das tarefas: monitor, mouse, teclado e o papel. Neste caso, não foi encontrada relação entre a luminância da área de interesse e o tempo (ρ= -0.054; p= 0.23).

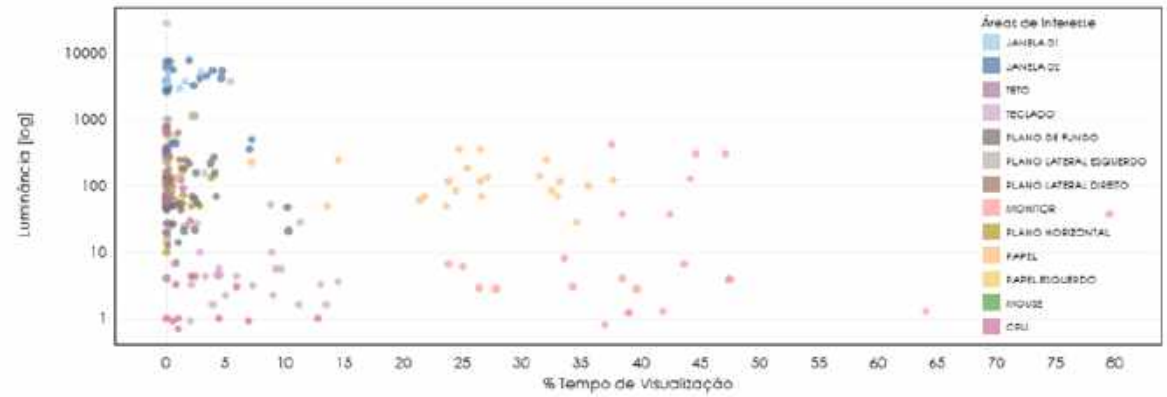


Figura 7 – Porcentagem da frequência de visualização e luminâncias. A cor mostra detalhes sobre as áreas de interesse.

4.2.2 Avaliação do ofuscamento através do DGP

A Figura 8 permite visualizar a variação dos valores do *DGP* de uma mesma posição e para as diferentes direções. Os valores de *DGP* medidos variaram entre "Imperceptível" (89,58%), "Perceptível" (6,25%) e "Perturbador" (4,16%), não sendo registrado nenhuma situação "Intolerável".

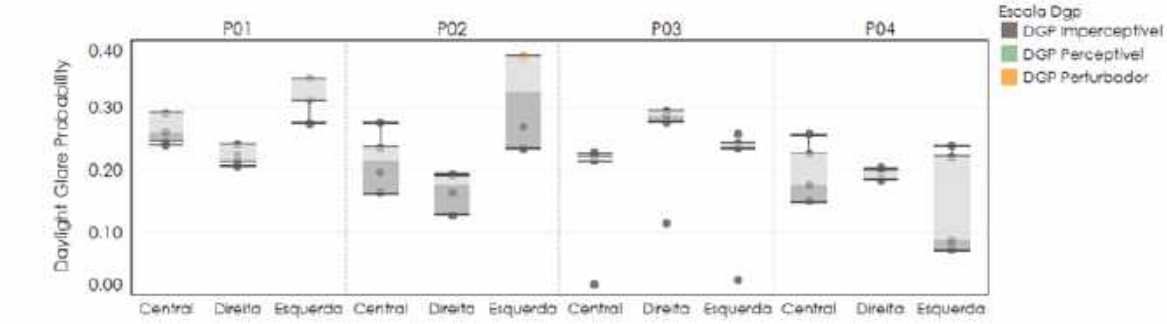


Figura 8 - Diferença no índice *DGP* segundo a direção da visão por posição. A sensação produzida foi plotada por cor.

Apesar de pouca variação nos valores de *DGP,* entre as posições, foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre a localização dos participantes e os valores de *DGP* [$H(3) = 82.28$; $p< 0{,}001$]. Diferenças estatisticamente significativas, negativas e fracas foram identificadas entre a posição P01 e P02 ($U= 1456$; $p < 0{,}001$; $r= -0.37$), a P01 e P03 ($U= 1344$; $p < 0.001$; $r= -0.32$) e a P02 e P04 ($U= 1536$; $p < 0{,}001$; $r= -0.35$). Entre as posições P03 e P04 ($U= 1088$; $p < 0.001$; $r= -0.42$) e P01 e P04 ($U= 304$; $p < 0{,}001$; $r= -0.76$) o tamanho do efeito foi moderado. Como esperado, a direção da visão afetou significativamente os valores de *DGP* dos participantes [$H(3) = 21.41$; $p< 0.001$]. Quando a visão esteve dirigida para esquerda os valores de *DGP* foram maiores do que nas outras duas direções da visão, sendo o valor médio igual a 0.24 correspondente a uma sensação "Imperceptível". Esta direção contemplava uma das aberturas em todas as posições.

4.3 Impacto do tempo de visualização no *DGP*

Para cada participante foi calculada a ponderação no valor do *DGP* pelo tempo (DGP_p) em que a visão esteve dirigida para cada direcção. Devido ao fato do tempo de visualização ser maior para a direção "Central", as diferenças entre o DGP_p e o DGP_{dvC} foram menores.Para todos os participantes os valores calculados indicaram que, se considerado o tempo na avaliação do ofuscamento, a sensação produzida seria "Imperceptível" (até 0,3 - círculo preto na Figura 9).

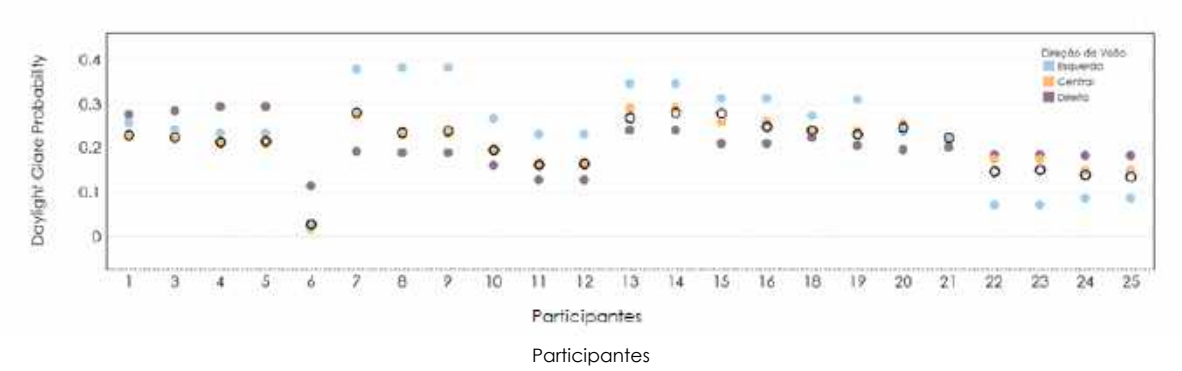


Figura 9 - Valores de *DGP* levantados em cada direção (nas cores) e o valor de DGP_p (em preto)

4.4 Avaliações subjetivas do ambiente e diferenças com os valores de *DGP*

Através do questionário foram obtidos dados de satisfação dos participantes em relação ao ambiente luminoso. Foi identificada a preferência de 100% dos participantes pelos ambientes de trabalho com janelas. Com relação à avaliação da sensação de ofuscamento durante a realização de cada tarefa, foi identificado que durante a maioria das atividades a sensação do ofuscamento foi considerada "Imperceptível" (80,43% dos votos) (Figura 10a). Apenas 18,48% dos votos indicou ofuscamento "Perceptível" durante as atividades e só 1,01% dos votos indicou uma sensação de ofuscamento "Perturbador", quando realizada a "leitura no monitor" na posição P01. Foi encontrado que a atividade realizada teve um efeito significativo porém fraco na percepção do brilho [χ^2 (3)= 29,93; p< 0,001; Cramer's V= 0,33].

Os votos de nível de satifação em relação às afirmações realizadas sobre o ambiente são apresentados na Figura 10b. Excetuando a afirmação referente à adequada distribuição da luz no ambiente, na qual 36% dos participantes estiveram em desacordo, a maioria dos votos foram positivos com relação à satisfação com as características do ambiente visual. Em relação à satisfação com a aparência, 48% dos participantes estiveram de acordo com a afirmação. A maioria dos votos em desacordo com as afirmações apresentadas foram dos participantes nas posições P01 e P02.

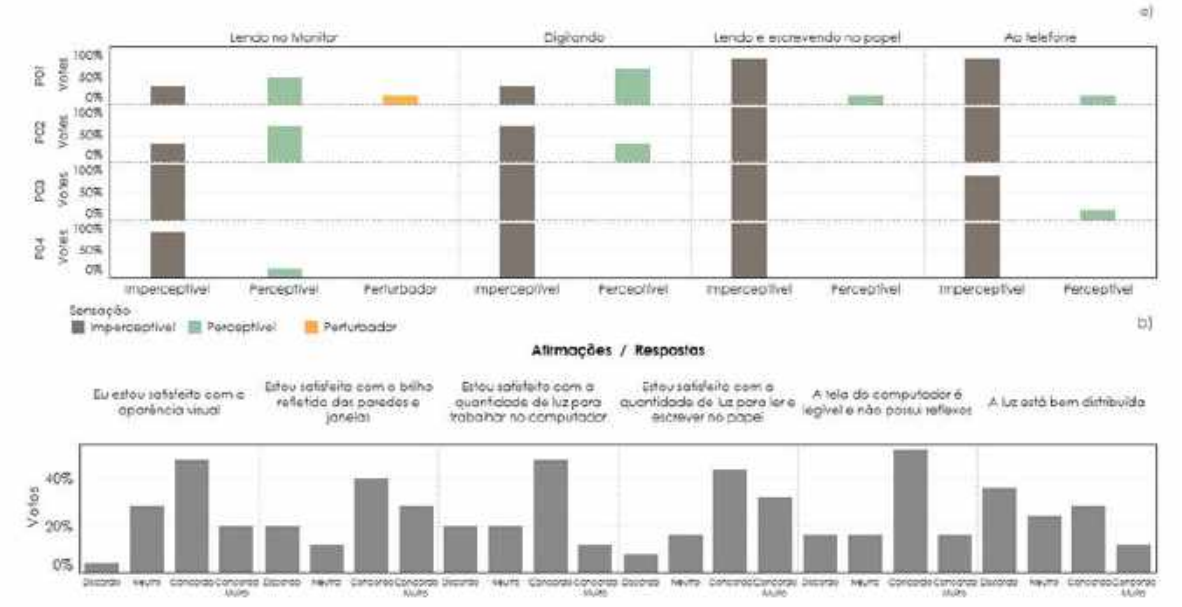


Figura 10 – a) Votos da sensação de ofuscamento por posição e tarefa e b) Votos de concordância para afirmações

As diferenças nos valores de *DGP* nas três categorias de avaliação subjetiva realizada pelos participantes não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos grupos [$H(2)= 5,81$; $p = 0,06$]. Quando o *DGP* medido indicou que a sensação de ofuscamento seria "Imperceptível", 72,46% dos participantes também considerou o brilho "Imperceptível". No entanto, quando o *DGP* indicou uma sensação de brilho "Perturbadora" os participantes avaliaram a sensação como "Imperceptível" (3,62%) "Perceptível" (0,72%) não havendo relação entre as variáveis [χ^2 (4) = 7,69; p= 0,09]. Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre o grau de satisfação manifestado no questionário e o valor de *DGP* das cenas [$H(3)= 12,62$;

p = 0,006]. A aparência visual teve maior aceitação dos participantes quando os valores de *DGP* foram maiores ($DGP_{médio}$= 0,22; DGP_{Mdn}= 0,23 para "Concordo" e $DGP_{médio}$ = 0,21; DGP_{Mdn}= 0,22 para "Concordo Muito") (Figura 11).

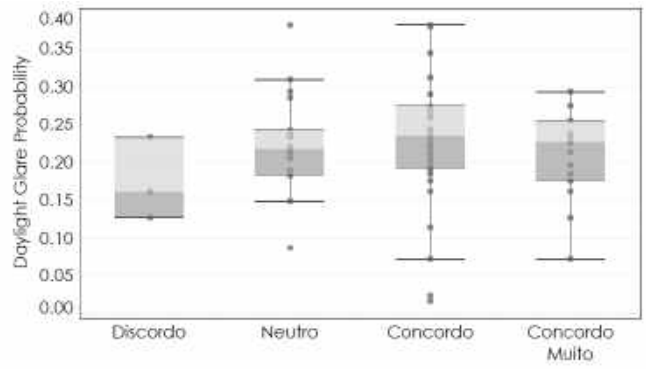


Figura 11 - Daylight Glare Probability Index e satisfação com a aparência visual do ambiente

5. CONCLUSÕES

Este artigo bouscou analisar a influência da direção da visão e o impacto do tempo de visualização no cálculo da probabilidade de ofuscamento. Os resultados confirmaram que, nos intervalos das atividades, as pessoas direcionaram a visão à janela e que a tarefa executada foi a principal variável definidora da direção do olhar, conforme estudos prévios. De maneira geral, o monitor e o papel foram os elementos mais visualizados pelos participantes, sendo ambos objetos do plano de trabalho. As janelas e os planos de fundo das tarefas, apesar de serem visualizados com menor frequência, foram os elementos mais procurados no campo da visão dos participantes ao realizarem momentos de pausa, reflexão ou ao falar ao telefone. Durante esses períodos verificou-se que a tolerância dos participantes aos brilhos ou contraste excessivos foi maior. O descanso e a atração pela paisage, externa foram, provavelmente, responsáveis pela busca dos participantes por estas vistas, mesmo que as janelas registraram elevados valores de luminância. Contudo, a procura por uma paisagem através das aberturas foi reduzida quando foi necessário um deslocamento maior do corpo ou da cabeça. A maioria dos participantes responderem "concordo muito" para a afirmação "estou satisfeito com a aparência visual do ambiente", mesmo quando os valores medidos de *DGP* foram elevados. O anterior pode ser um indicativo de que as pessoas toleram situações de brilho maiores do que as preditas pelo índice, como apontado por outros autores.

A partir dos resultados dos itens 4.1 e 4.2 foi identificado que a direção da visão afetou o tempo de permanência desta sobre uma superfície, enquanto que a posição do participante afetou as médias das luminâncias dos campos visuais. Como era esperado, ambas as variavéis afetaram o DGP das cenas (item 4.2.2). A ponderação do tempo de visualização pelo valor de *DGP* indicou uma redução de até 100% do *DGPponderado* para o *DGPestático*. Com esta abordagem, os valores de *DGP* ponderado estiveram mais próximos dos votos de satisfação manifestados pelos participantes, ressaltando a importância de considerar as direções de visão e o tempo de visualização para cada uma delas. Desta forma, conclui-se que o tempo de visualização para determinada direção foi a grandeza que mais influenciou na sensação de ofuscamento, estando diretamente ligado ao tipo de tarefa executada. No referente aos dados subjetivos, obtidos através dos questionários, as avaliações da senação do ofuscamento foram próximas aos valores de DGP ponderado, ressaltando a importância da inclusão do usuário dinâmico em estudos de conforto visual. Os resultados deste artigo apontam para discussões com relação ao modelo adaptativo de Jakubiec e Reinhart (2011). Neste modelo, um dos pioneiros ao incluir a direção da visão do usuário dinâmica, considerou-se que a maior predominância da visão seria para a direção com menores valores de luminâncias e consequentemente menor índice de probabilidade de ofuscamento. Neste experimento, com este grupo amostral, esta situação não ocorreu. As cenas mais visualizadas foram as centrais, onde muitas vezes foram classificadas com *DGP* e luminâncias maiores do que as cenas laterais. Esta permanência foi influenciada pelo tipo de tarefa executada e não somente pelas características visuais das cenas. Ou seja, em ambientes de escritório a permanência da visão acontece influenciada pela duração da atividade e a direção do plano de trabalho que estão sendo realizadas as principais tarefas.

Por fim, destaca-se contribuições para projetos de layout de ambientes de escritório, adequando a forma como a luz é distribuída no espaço interno. O fato dos participantes preferirem ambientes de trabalho com aberturas aponta para diretrizes projetuais que consideram esta fonte de luz de maneira controlada, como por

exemplo organizá-las de acordo com a sua função (ver e iluminar), definindo aberturas superiores para a entrada de luz, tendo o teto (superfície menos visualizada) como elemento reflexivo e distribuidor da luz e; definindo aberturas na altura dos olhos dos usuários sentados, para que seja possível a visualização da paisagem externa. Ressalta-se também a importância de nos preocuparmos com a iluminação dos planos de tarefas tanto verticais como horizontais, já que a permanência sobre este último foi maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFTAB Alpha 2.1.0. Software by Majid Miri e Elmia Ashtari. Outubro de 2015. Stockholm, Sweden. Disponível em: <www.aftabsoft.net/>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

ALTOMONTE, Sergio; KENT, Michael; TREGENZA, Peter; WILSON, Robin. **Task Difficulty, Temporal Variables and Glare Response.** Conference Paper. PLEA, 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Cities, Buildings, People - Towards Regenerative Environments, pp. 304-310, Los Angeles, 2016.

BOYCE, P. R.; EKLUND, N. H.. **An Evaluation of Office Lighting Options**. Rensselaer Polytechnic Institute. Troy, New York, 1996

DEBEVEC, Paul E.; MALIK, Jitendra. **Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs**. SIGGRAPH'97, Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, New York, 1997, p. 369-378.

HESCHONG MAHONE GROUP. **Office daylighting potential. Task 3 of the PIER Daylighting Plus Research Program.** Public Interest Energy Research (PIER) Program Final project report. Janeiro, 2013

INANICI, M. **Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system**. Lighting Research Technology. 38,2, 2006. p. 123-136.

JAKUBIEC, J. Alstan; REINHART, Christoph. **The "adaptive zone" – a concept for assessing glare throughout daylit spaces.** Proceedings of Building Simulation. 12th Conference of International Buildings Performance Simulation Association, Sydney, 14-16 November, 2011. p. 2178-2185.

JAKUBIEC, J. Alstan; INANICI, Mehlika. **Introduction to high dynamic range photography**. Conference presentation, PLEA. Los Angeles, Julho, 2016.

KHANIE, M.S.; JIA Yiyuan; WIENOLD J.; ANDERSEN M. **A sensitivity analysis on glare detection parameters**. Conference Paper, BS 2015: 14th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, December 7-9, 2015

KHANIE, M.S.; STOOL J.; EINHAUSER W.; WIENOLD J.; ANDERSEN M.. **Gaze-driven approach for estimating luminance values in the field of view for discomfort glare assessments.** Conference Paper. 28th CIE Session,, Manchester, UK, June 29 - 4 July, 2015.

KHANIE, M.S.; STOOL, J.; MENDE, S.; WIENOLD, J.; EINHAUSER, W.; Andersen, M. **Investigation of gaze patterns in daylit workplaces: using eye-tracking methods to objectify view direction as a function of lighting conditions**. Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light", p. 250-259, Vienna, Austria - CIE Central Bureau, 2013

KHANIE, M.S.; ANDERSEN, M.; HART, B.M't.; STOLL, J.; EINHAUSER, W. **Integration of Eye-tracking Methods in Visual Comfort Assessments**. Conference Paper, CISBAT 11 - CleanTech for Sustainable Buildings - From Nano to Urban Scale, Lausanne, Switzerland, September, 2011.

KHANIE, M.S.; STOLL J.; MENDE, S.; WIENOLD, J.; EINHAUSER, W. **Uncovering relationships between view direction patterns and glare perception in a daylit workspace**. Conference Paper, LUXEUROPA, Krakow, Poland, September,2013

TUAYCHAROEN, N.; TREGENZA, P. **Discomfort Glare from Interesting Images**. Lighting Research and Technology, v. 37, n. 4. p. 329-341, Agosto, 2005.

TUAYCHAROEN, N.; TREGENZA, P. **View and Discomfort Glare from Windows**. Lighting Research and Technology, v. 39, n. 2. p. 185-200, 2007.

VÁSQUEZ, N. G.; PEREIRA, F. O. R.; MORAES, L. N.; PIRES, M. O. **Proposta de um procedimento alternativo para avaliar o ofuscamento: uma abordagem temporal da direção da visão.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v.16, n.1. p. 143-161, janeiro/março 2016.

WIENOLD, J. **Dynamic Daylight Glare Evaluation**. In: IBUILDING CONFERENCE, Glasgow, 2009. Proceedings. Glasgow, 2009.

WIENOLD, Jan; CHRISTOFFERSEN, Jens. **Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras**. Energy and buildings, volume 38, Issue 7, Julho, 2006. p. 743-757.

WYMELENBERG, Kevin G. Van Den; INACINI, Mehlika; JOHNSON, Peter. **The effect of luminance distribution patterns on occupant preference in a daylit office environment.** LEUKOS - The Journal of the Iluminating Engineering Society of North America, volume 7, issue 2, Outubro, 2010. p.103-122

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES e ao CNPq - Brasil (Bolsa PQ 307179/2016-8) pelo suporte financeiro, ao NGD (Núcleo de Gestão de Design) da Univeridade Federal de Santa Catarina, à Aline Gobbi pelo apoio técnico durante o uso dos óculos *Eye-tracking*, e aos outros envolvidos na pesquisa, especialmente aos voluntários.