AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO VISUAL EM ESPAÇOS DE TRANSIÇÃO E PERMANÊNCIA E O USO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E NATURAL[1]

HARA, A. H., Universidade do Estado de Santa Catarina, e-mail: americohara@gmail.com;
PEREIRA, F. O. R., Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: ruttkay.pereira@ufsc.br

ABSTRACT

The electric lighting and blinds have a great impact over a building energy consumption and users' visual comfort. The objective was to study the use of manual switching and blinds based on the visual perception and the relation between the light conditions of a corridor and room. For this experiment, 40 participants were divided into 2 groups (20 persons each): Group 1 was exposed to similar lighting conditions in the corridor and room, and Group 2, the illumination of the corridor was lower than the room. After the visual perception evaluation of each participant, horizontal and vertical illuminance was measured at the same position. The finds indicate that lighting levels in the corridor can influence the visual perception of a room and, in consequence, the electric light and blinds use. In conclusion, the vertical illuminance at the door can be a consistent variable to describe the use of manual switching of electric lighting and blinds.

***Keywords**: Architecture. Visual adaptation. Manual switching. Electric lighting. Daylight.*

1 INTRODUÇÃO

O estudo do uso dos sistemas de iluminação artificial e natural é fundamental para ajudar na avaliação do consumo de energia elétrica. O objetivo é investigar o uso dos sistemas de iluminação artificial e natural em função da percepção visual sobre as condições de iluminação nos espaços de transição e de permanência. Os resultados indicam que as condições de iluminação no corredor influenciam na percepção visual da sala e, consequentemente, no uso dos sistemas de iluminação artificial e natural. Conclui-se que a iluminância vertical na porta se apresenta como uma variável relevante para estudar o acionamento dos sistemas de iluminação artificial e natural, pois, indica a densidade de luz no plano da face do observador. Valores de iluminância vertical relacionados ao uso dos sistemas de iluminação artificial e natural também são apresentados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O controle do usuário sobre o sistema de iluminação artificial

[1] HARA, A. H., PEREIRA, F. O. R. Avaliação da adaptação visual em espaços de transição e permanência e o uso dos sistemas de iluminação artificial e natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Geralmente, o acionamento da iluminação artificial ocorre no início da ocupação pelos primeiros usuários que ingressam no espaço de permanência e, o desligamento, no final do expediente, quando a última pessoa deixa a sala, sendo raro a ação de desligar as lâmpadas durante o uso do espaço (HUNT, 1979; SILVA *et al*., 2013).

Estudos realizados por este autor indicaram que as condições de iluminação a que o usuário está sujeito antes de ingressar no espaço de permanência influenciam no acionamento das lâmpadas, conforme sustentam Lynes *et al*. (1997). Porém, o estudo não identificou valores que pudessem relacionar-se com o uso da iluminação artificial e persianas.

2.2 Controle do usuário sobre o sistema de iluminação natural

Segundo Silva *et al*. (2013), o usuário costuma abrir as persianas no início da ocupação e fechá-las no final do expediente, sendo seu acionamento esporádico e heterogêneo durante a ocupação. As principais causas do acionamento estão relacionadas com a incidência solar direta (SILVA *et al*., 2013) e ao elevado brilho da janela (INKAROJRIT, 2006). Porém, Wymelenberg *et al*. (2010) identificaram que o usuário permite a insolação pela abertura desde que não incida sobre sua área de trabalho.

2.3 Questionário estruturado como forma de avaliar a percepção visual

Uma forma precisa e menos custosa de avaliar a percepção dos próprios usuários é a partir de questionários preferencialmente composta por perguntas de concordância/discordância (HARA *et al*., 2016). Com ressalvas, principalmente no que se refere a evitar perguntas tendenciosas, os questionários estruturados são bastante utilizados, pois o respondente deve indicar seu grau de concordância ou discordância sobre uma determinada afirmação (MARCONI; LAKATOS, 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODO

Aprovada pelo Comitê de Ética, a pesquisa apresenta três frentes de investigação: a) a percepção visual no corredor e na sala; b) a atitude sobre os sistemas de iluminação artificial e natural, e; c) as condições de iluminação.

A sala onde ocorreu o experimento situa-se a 28,5 de latitude sul e 48,8 de longitude oeste e possui uma janela orientada a noroeste com persianas verticais. Para o experimento, a sala foi climatizada a uma temperatura média de 24°C e ambientada com mobiliário típico de escritório. O corredor de acesso à sala apresenta tijolo de vidro em uma das laterais, sendo relativamente bem iluminado com luz natural.

A Figura 1 apresenta a planta baixa com as dimensões da sala e do corredor e fotos internas da perspectiva dos pontos P1 e P2, onde o participante se

posicionou para preencher o questionário de percepção visual e para as medições de iluminância horizontal no piso (Eh-0), a 0,75 m de altura (Eh-75) e vertical (a 1,5 m do piso). O ponto no corredor (P1) distava 1,5 m do eixo central da porta, caracterizando o usuário que irá ingressar na sala (espaço de permanência). A porta da sala ficava fechada durante a avaliação no corredor.

Figura 1 - Planta baixa do espaço e fotos da posição no corredor (P1) e na porta da sala (P2)



Planta baixa



Posição P1



Posição P2

Fonte: Os autores

Antes de iniciar o experimento, as lâmpadas da sala eram desligadas e as persianas abertas para o máximo aproveitamento da luz natural. Os participantes deveriam considerar a sala como um escritório com a liberdade de acionar as lâmpadas e/ou persianas conforme a necessidade. O tempo do experimento com cada indivíduo foi em média de 20 minutos.

O experimento foi realizado nos dias 30/05, 05/06, 06/06, 12/06, 15/08 e 22/08 de 2017, devido à maior incidência solar na janela. Foram selecionados ao acaso, 40 indivíduos entre estudantes de arquitetura e técnicos-administrativos que foram divididos em 2 grupos de 20 pessoas: o **Grupo 1**, exposto à condições de iluminação no corredor semelhante ao da sala; e o **Grupo 2**, com iluminação no corredor inferior ao da sala.

4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A amostra apresentou as seguintes características: quanto ao gênero: 25 mulheres (62,5%) e 15 homens (37,5%), com idades entre 21 a 40 anos;

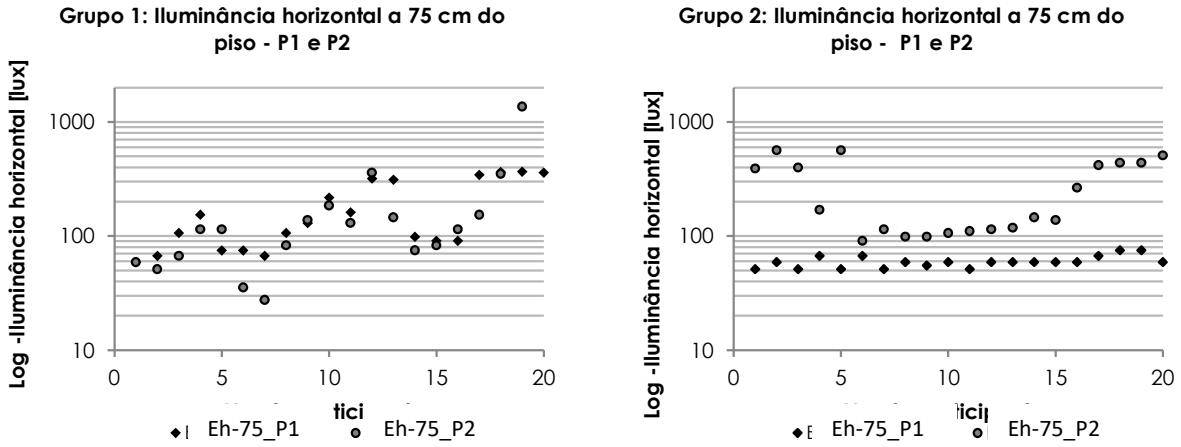
quanto à cor dos olhos: 22 apresentavam olhos castanhos (55%), 8, verdes (20%), 5, castanho escuro (12,5%), 1, castanho-claro e 1 (2,5%), olhos azuis (2,5%) e 3 não responderam (7,5%); quanto à visão: 23 se disseram de visão normal (57,5%), 13, usam óculos de grau (32,5%), 3, lentes de contato (7,5%) e 1 apresentava visão monocular (2,5%).

Os resultados a seguir consistem da análise comparativa dos 2 grupos quanto à percepção visual, do acionamento dos sistemas de iluminação artificial e natural em função das iluminâncias horizontal e vertical.

4.1 Caracterização das condições de iluminação no corredor e na sala

Inicialmente, verifica-se nos gráficos da Figura 02, as diferenças entre as iluminâncias horizontais a 0,75 m do piso (Eh-75) em P1 (corredor) e P2 (porta) para os Grupos 1 e 2.

Figura 2 - Iluminância horizontal Eh-75 em P1 e P2 para os Grupos 1 e 2



Fonte: Os autores

Para o Grupo 1, as iluminâncias em P1 (corredor) e P2 (porta da sala) são bastante próximas e, para o Grupo 2, em P1 as iluminâncias são mais baixas do que em P2, evidenciando que o corredor se apresenta mais escuro do que na porta da sala.

A tabela 1 apresenta a relação entre a percepção visual no corredor e na porta para os grupos 1 e 2. No Grupo 1, o corredor foi avaliado como "Nem_Escuro/Nem_Claro" (52%) e "Claro" (48%). Na avaliação da sala, houveram a diminuição do percentual de "Nem_Escuro/Nem_Claro" (33%) e a indicação de "Muito_Claro" (19%), ver Tabela 1. No Grupo 2, o corredor foi avaliado como "Escuro" (10%), "Nem_Escuro/Nem_Claro" (60%) e "Claro" (30%). Para a sala, houve somente a avaliação de "Claro" (65%) e de "Muito_Claro" (35%), ver Tabela 1.

Tabela 1 - Percepção visual em P1 e P2 para os Grupos 1 e 2.

Grupo 1	P1 (corredor)	P2 (Porta)
"Escuro"	0%	0%
"N_E/N_C"	52%	33%
"Claro"	48%	48%
"Muito_Claro"	0%	19%
Total	100%	100%

Grupo 2	P1 (corredor)	P2 (porta)
"Escuro"	10%	0%
"N_E/N_C"	60%	0%
"Claro"	30%	65%
"Muito_Claro"	0%	35%
Total	100%	100%

Fonte: Os autores

Comparando-se os resultados de percepção visual em P1 e P2 para os dois grupos, nota-se que no Grupo 2, onde o corredor é mais escuro do que a sala, 100% dos participantes perceberam a sala como "Claro" e "Muito_Claro" enquanto que no Grupo 1, 67%. Também, é importante notar que as iluminâncias horizontais (Eh-75) em P1 e P2 no Grupo 1 é um pouco maior do que no Grupo 2. Sendo assim, verifica-se que as condições de iluminação no corredor influenciaram na percepção visual da sala e, consequentemente, no acionamento do sistema de iluminação artificial.

4.2 Percepção visual no corredor e na sala e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev

A relação entre a percepção visual em P1 e P2 e as Iluminâncias horizontais (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev) para o Grupo 1 são apresentadas na Tabela 2. Nota-se que em P1 e P2, as iluminâncias que caracterizam a percepção "Claro" são superiores àquelas de "Nem_Escuro/Nem_Claro".

Tabela 2 - Grupo 1: Percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias horizontal (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev)

	P1 (corredor)			P2 (porta)		
Percepção	**Eh-0**	**Eh-75**	**Ev**	**Eh-0**	**Eh-75**	**Ev**
"N_E/N_C"	165 lux	158 lux	73 lux	136 lux	124 lux	243 lux
"Claro"	218 lux	185 lux	115 lux	316 lux	261 lux	581 lux
"M_Claro"	-	-	-	4027 lux	1831 lux	907 lux
Δ ("Claro" -"N_E/N_C")	53 lux	27 lux	42 lux	180 lux	137 lux	338 lux

Fonte: Os autores

As diferenças entre as iluminâncias que caracterizam "Claro" e "Nem_Escuro/Nem_Claro" em P1 são pouco expressivas, da ordem de 30 lux a 50 lux. Porém, em P2, essas diferenças são mais significativas, principalmente para a iluminância vertical, de 338 lux.

Considerando que a iluminância vertical representa a quantidade de luz na face do observador, uma variação dessa magnitude pode explicar, em parte, a percepção da sala como "Muito_Claro" (19%).

A Tabela 3 relaciona a percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias horizontais (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev) para o Grupo 2. As iluminâncias que caracterizam a percepção "Nem_Escuro/Nem_Claro" e "Claro" em P1 são praticamente as mesmas. Em P2, as diferenças entre as iluminâncias para "Muito_Claro" e "Claro" também são pouco expressivas, destacando-se a iluminância vertical (Ev), de 134 lux.

Tabela 3 - Grupo 2: Percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev

	P1 (corredor)			P2 (porta)		
Percepção	**Eh-0**	**Eh-75**	**Ev**	**Eh-0**	**Eh-75**	**Ev**
"Escuro"	43 lux	59 lux	12 lux	-	-	-
"N_E/N_C"	48 lux	60 lux	16 lux	-	-	-
"Claro"	50 lux	59 lux	20 lux	239 lux	258 lux	880 lux
"M_Claro"	-	-	-	331 lux	277 lux	1014 lux
Δ ("M_Claro" - "Claro")	-	-	-	93 lux	19 lux	134 lux

Fonte: Os autores

Nota-se que a Ev em P2 aparentemente representa melhor a percepção visual na sala em comparação a Eh-0 e Eh-75.

4.3 Percepção visual da sala, acionamento da iluminação artificial e iluminâncias médias

No Grupo 1, todos que consideraram a sala como "Nem_Escuro/Nem_Claro" ligaram a luz (33%), e a maioria que considerava "Muito_Claro" (14%), preferiu manter as lâmpadas desligadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Grupo 1: Percepção visual em P2 e o acionamento das lâmpadas

Percepção	**Deslig.**	**Ligar**
"N_E/N_C"	0%	33%
"Claro"	33%	14%
"M_Claro"	14%	5%
Total	48%	52%

Fonte: Os autores

Observando a tabela 5, o acionamento das lâmpadas ocorreu com iluminâncias baixas, em torno de 100 lux, enquanto que para a situação de lâmpadas desligadas, as iluminâncias médias foram relativamente elevadas: 1.883 lux para Eh-0, 951 lux para Eh-75 e, 824 lux para Ev.

Além disso, ressaltam-se as diferenças das iluminâncias (Δ) para a situação de lâmpadas ligadas e desligadas são significativas: 1.789 lux para Eh-0, 864 lux para Eh-75 e 716 lux para Ev. Vale esclarecer que em P2, para lâmpadas desligadas, Eh-0 apresenta valores consideráveis de desvio padrão (DP = 3.447 lux) e erro padrão (EP= 1.090 lux).

Tabela 5 - Grupo 1: Acionamento das lâmpadas e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev em P2

Lâmp. desligadas	**E_{lig} [lux]**	**DP**	**EP**	**Ligar lâmp.**	**$E_{deslig.}$ [lux]**	**DP**	**EP**	**Δ ($E_{lig.}$ – $E_{deslig.}$) [lux]**
Eh-0_P2	1.883	3448	1090	Eh-0_P2	94	48	14	1.789
Eh-75_P2	951	2086	660	Eh-75_P2	87	48	15	864
Ev_P2	824	610	193	Ev_P2	108	100	30	716

Fonte: Os autores

Quanto ao Grupo 2, a maioria que considerou a sala como "Muito_Claro" (30%) optou por deixar as lâmpadas desligadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Grupo 2: Percepção visual em P2 e acionamento das lâmpadas

Percepção	Deslig.	Ligar
"Claro"	35%	30%
"M_Claro"	30%	5%
Total	65%	35%

Fonte: Os autores

Ao observar a Tabela 7, nota-se que as iluminâncias horizontais em P2 que caracterizam as situações de lâmpadas desligadas foi em média de 250 lux, e ligadas, de 300 lux. A diferença entre as iluminâncias das situações ligada e desligada foi relativamente pouco, em torno de 50 lux.

Tabela 7 - Grupo 2: Acionamento das lâmpadas e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev em P2

Lâmp. desligadas	E_{lig} [lux]	DP	EP
Eh-0_P2	257	204	57
Eh-75_P2	245	192	53
Ev_P2	749	609	169

Ligar lâmp.	$E_{deslig.}$ [lux]	DP	EP	Δ ($E_{lig.}$ – $E_{deslig.}$) [lux]
Eh-0_P2	307	163	61	50
Eh-75_P2	300	153	58	55
Ev_P2	1256	809	306	507

Fonte: Os autores

Considerando-se somente as iluminâncias verticais médias em P2 (Ev_P2) para a situação de lâmpadas desligadas (749 lux) e para lâmpadas ligadas (1.256 lux), nota-se uma diferença de 507 lux, valor significativo para caracterizar o uso do sistema de iluminação artificial.

Também, é curioso que Ev_P2 para a situação de ligar a luz seja superior à de lâmpadas desligadas, no Grupo 2. Uma explicação para o acionamento da iluminação artificial, neste caso, seria o fechamento das persianas devido ao excesso de luz proveniente da janela.

Outro fato interessante relativo às iluminâncias verticais médias em P2 nos dois grupos ocorreu para a situação de "lâmpadas desligadas" que apresentaram valores relativamente próximos: 824 lux para o Grupo 1 e, 749 lux para o Grupo 2.

4.4 Percepção visual da sala, o uso das persianas e a iluminância vertical

Para o Grupo 1, todos que perceberam a sala como "Nem_Escuro/Nem_Claro" (33%) assim como a maioria que percebeu como "Claro" (38%) deixaram as persianas abertas.

Porém, para aqueles que consideraram a sala como "Muito_Claro", a maioria (14%) preferiu fechar as persianas (ver Tabela 8).

Tabela 8 – Grupo 1: Percepção visual em P2 e o acionamento das lâmpadas

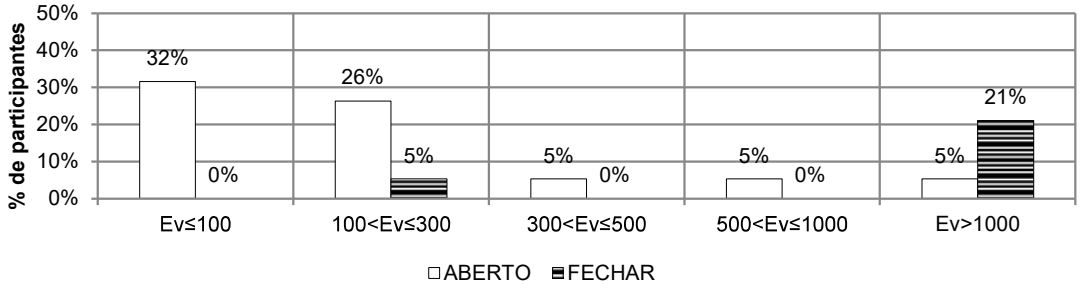
Grupo 1	Acionamento das lâmpadas

Percepção	Aberto	Fechar	Total
"N_E/N_C"	33%	0%	
"Claro"	38%	10%	
"Muito_Claro"	5%	14%	
Total	76%	24%	100%

Fonte: Os autores

A preferência pelas persianas abertas ocorreu quando as iluminâncias verticais em P2 (Ev-P2) foram inferiores a 1.000 lux; e a maioria fechou as persianas (21%) quando Ev-P2 foram superiores a 1.000 lux (ver Figura 03).

Figura 3 - Grupo 1: Acionamento das persianas e a iluminância vertical em P2



Fonte: Os autores

Para o Grupo 2, a maioria daqueles que consideraram a sala como "Claro" preferiu deixar as persianas abertas (40%). Por outro lado, a maioria (25%) dos que consideraram como "Muito_Claro" fechou as persianas (ver Tabela 9).

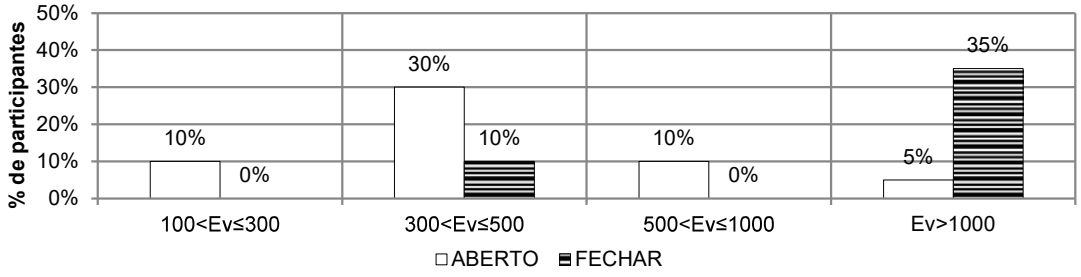
Tabela 9 – Grupo 2: Percepção visual em P2 e o acionamento das persianas

GRUPO 2	ACIONAMENTO - PORTA		
Percepção	ABERTO	FECHAR	Total
"Claro"	40%	20%	
"Muito_Claro"	15%	25%	
Total	55%	45%	100%

Fonte: Os autores

Semelhante ao Grupo 1, a maioria (50%) deixou as persianas abertas quando Ev_P2 ficou abaixo de 1.000 lux, e a maioria (35%) fechou as persianas quando Ev_P2 foi superior a 1.000 lux (ver Figura 04).

Figura 04 – Grupo 2: Acionamento das persianas e Iluminância vertical em P2



Fonte: Os autores

Dessa forma, os resultados reforçam o fato do acionamento das lâmpadas ser ocasionado pelo fechamento das persianas. A causa do fechamento

das persianas pode ser explicada parcialmente pela elevada iluminância vertical observada em P2, conforme indicam as Figuras 03 e 04.

5 CONCLUSÕES

Os resultados relativos ao acionamento do sistema de iluminação artificial em função da percepção visual em P2 indicaram a tendência de ligar as lâmpadas para a percepção "Nem_Escuro/Nem_Claro" e, de deixar as lâmpadas desligadas para "Muito_Claro".

A percepção visual em P2 evidenciou a relação com o acionamento do sistema de iluminação natural, sendo que na maioria das situações, para a percepção de "Escuro" e "Claro", as persianas permaneceram abertas, enquanto que para "Muito_Claro", fechadas.

Conclui-se que a iluminância vertical em P2 (Ev_P2) parece explicar melhor o uso dos sistemas de iluminação artificial e natural, pois representa a densidade de luz na face do observador.

É possível destacar os intervalos de Ev_P2 para descrever o acionamento da iluminação artificial de modo que no intervalo entre 250 lux e 1.000 lux, houve uma tendência de deixar as lâmpadas desligadas e, abaixo de 250 lux e acima de 1.000 lux, de ligar as lâmpadas.

Para o uso das persianas, quando Ev_P2 abaixo de 1.000 lux, houve maior ocorrência de manter as persianas abertas e, acima desse valor, de fechar as persianas.

REFERÊNCIAS

HARA, A. H.; PEREIRA, F. O. R.; ALVES, F. B. A atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial e natural nos espaços interiores: revisão e proposta de pesquisa. In: Pluris (Org.); 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. **Anais...** , 2016. Maceió.

HUNT, D. R. G. The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy. **Building and Environment**, v. 14, n. 1, p. 21–33, 1979. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0360132379900258>. .

INKAROJRIT, V. Developing Predictive Venetian Blinds Control Models using Visual Comfort Predictors. PLEA. **Anais...** . p.6–8, 2006. Geneva, Switzerland.

LYNES, J. A; LITTLEFAIR, P. J.; SLATER, A I. Preadaptation and manual switching. **Right Light 4**, 1997.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5º ed. São Paulo, SP.: Editora Altas S. A., 2003.

SILVA, P. C.; LEAL, V.; ANDERSEN, M. 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, 2013. Elsevier Ltd.