



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

COMPARATIVO ENTRE VARIÁVEIS LUMINOTÉCNICAS E PERCEPÇÃO SUBJETIVA DA LUZ: EXPERIMENTO EM CÂMARA CLIMÁTICA¹

TAMURA, Cintia (1); KRÜGER, Eduardo (2)

(1) UTFPR, e-mail: cintiatamura@gmail.com; (2) UTFPR, e-mail: ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

Relações entre iluminação e regulação de funções orgânicas e bem estar ultrapassam as já reconhecidas (salubridade e conforto visual ambiental). Estas incluem alterações hormonais, de sono, stress, ansiedade e depressão. Apresentam-se resultados parciais de experimento realizado em câmara climática giratória localizada em Karlsruhe, Alemanha (49°N, 8,5°E). Esta possui dois escritórios-teste, cada qual com duas estações de trabalho com acesso à internet. Foram monitoradas/controladas as condições dos ambientes como temperatura do ar, de superfície, velocidade do ar e umidade relativa. As aberturas envidraçadas dos ambientes-teste foram dispostas em diferentes orientações cardeais, durante inverno, primavera e verão em 2015. Contou-se com 16 participantes homens; com coleta de dados objetivos e subjetivos, nos quais os sujeitos foram mantidos em conforto térmico, porém sob diferentes orientações solares. Analisou-se a percepção subjetiva comparativamente às condições de iluminação, obtidas no inverno. Os resultados contemplam dados objetivos (iluminância nas superfícies de trabalho, à altura dos olhos, espectro de cor) e subjetivos (condições de sono, ansiedade, estados depressivos, stress e percepção da luz no ambiente). Resultados sugerem correlações discretas entre características da iluminação e dados subjetivos. Entretanto, alguns questionários não foram satisfatoriamente sensíveis no registro de alterações de natureza sutil, indicando a necessidade de validação de ferramentas mais apropriadas para investigações relacionadas ao tema.

Palavras-chave: Luz natural. Aspectos não visuais da luz. Percepção subjetiva da luz.

ABSTRACT

Relations between daylighting and regulation of body functions and well-being go beyond the already recognized (health and environmental visual comfort). These include hormonal changes, sleep, stress, anxiety and depression. We present partial results of experiments performed in a climatic chamber located in Karlsruhe, Germany (49 ° N, 8.5 ° E). This has two test offices, each one with two workstations with internet access. Environmental conditions such as air temperature, surface, air velocity and relative humidity were monitored / controlled. The glazed openings of the test environments were positioned in different cardinal orientations during winter, spring and summer 2015. Sample size was 16 males; the method involved collecting objective and subjective data, the subjects kept in thermal comfort, but under different solar orientations. We analyzed subjective perception compared to lighting conditions, obtained in the winter. The results include objective data (illuminance at work surfaces, measured at the eye level, color spectrum) and subjective data (sleep conditions, anxiety, depressive states, stress and perception of light in the environment). The results

¹ TAMURA, Cintia; KRÜGER, Eduardo. Comparativo entre variáveis luminotécnicas e percepção subjetiva da luz: experimento em câmara climática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

suggest correlations between discrete lighting features and subjective data. However, some questionnaires were not satisfactorily sensitive in recording the subtle nature changes, indicating the need to validate more appropriate tools for investigations related to the topic.

Keywords: Daylight. Light aspects not related to vision. Subjective perception of light.

1 INTRODUÇÃO

Interações Homem/ambiente são mediadas por estímulos diversos, que interferem na percepção de variáveis de conforto ambiental. Quanto à percepção visual, características da luz (variação de intensidade, espectro e distribuição), e possibilidade ou não de contato visual com o exterior podem afetar humor, stress, ansiedade e depressão, entre outros (BOUBEKRI, 2008). Tendo evoluído sob a influência do Sol, apreciamos instintivamente espaços abertos e luz natural, necessária não somente à visão, mas também para a regulação circadiana (BEUTE, F.; DE KORT, 2013). Esta ocorre pela exposição de fotorreceptores específicos da retina às alterações intrínsecas do espectro visível da luz natural, que modificam respostas fisiológicas via produção hormonal, mecanismos que não funcionam adequadamente quando se expõe somente à luz artificial (CABALLERO-ARCE; VIGIL-DE INSAUSTI; BENLLOCH-MARCO, 2012; HECHT, 2012). Objetivando explorar relações entre tipo de iluminação de ambientes e impactos em aspectos de bem estar não relacionados à visão em humanos, realizou-se experimento em câmara climática giratória, cujos dados para o período de inverno em localidade do hemisfério norte são apresentados.

2 MATERIAIS E MÉTODO

O estudo é experimental; a análise é descritiva e correlacional, estruturada em: (a) descrição das configurações dos ambientes-teste e protocolos aplicados aos participantes; (b) descrição das variáveis objetivas monitoradas e equipamentos utilizados; (c) caracterização da amostra, descrição das variáveis subjetivas avaliadas e ferramentas de mensuração; (d) apresentação e discussão dos resultados.

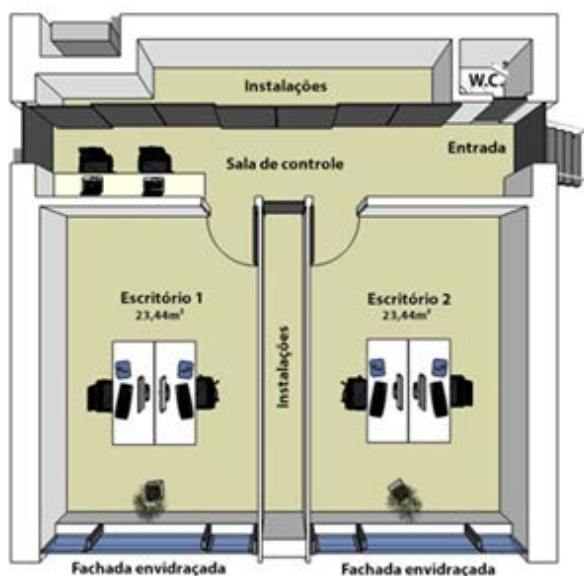
2.1 Caracterização do ambiente teste e configurações gerais

2.1.1 LOBSTER

O estudo ocorreu na câmara climática LOBSTER (*Laboratory for Occupant Behaviour, Satisfaction, Thermal Comfort and Environmental Research*), propriedade do *Karlsruher Institut für Technologie*, localizado em Karlsruhe, Alemanha (49°N, 8,5°E). Desenvolvido pelo *Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau* (fbta/KIT), LOBSTER possui dois ambientes contíguos configurados à maneira de escritórios com aproximadamente 24 m² cada, recebendo até dois indivíduos simultaneamente. Variáveis ambientais como temperatura do ar, de superfície, velocidade do ar, umidade relativa, dentre outras, podem ser monitoradas e/ou controladas. Complementarmente, variáveis climáticas são continuamente registradas por uma estação meteorológica localizada na cobertura da câmara. As aberturas

envidraçadas, com $w_{wr}=75\%$ possuem painel triplo (*Visible Light Transmittance* – VLT) de 70 nas janelas operáveis, e VLT 72 para as partes fixas, podendo ser orientadas em diversas posições cardeais, graças ao sistema giratório onde a câmara se apoia, possibilitando giros de até 355° . Maiores detalhes são descritos por Schweiker et al., (2014); a Figura 1 (a) e (b) apresentam a planta e a fachada envidraçada.

Figura 1 – (a) Planta do LOBSTER; (b) Fachada envidraçada



(a)



(b)

Fonte: pesquisa

2.1.2 Configurações dos escritórios

Realizaram-se três sessões de experimentos (inverno, primavera e verão de 2015), de 12 dias cada; os resultados apresentados são os de inverno. Testaram-se diferentes combinações de variáveis, tal como apresentadas na Tabela 1: (1) orientação da fachada com janela para SO (255°) ou N/NO (335°); (2) persiana externa (aberta ou fechada) e (3) fonte de luz disponível (natural, ou artificial indireta). Adicionalmente, registraram-se as condições climáticas diárias.

Definiram-se as orientações de fachada a serem testadas após realização de simulações computacionais de iluminação natural, identificando-se as orientações que apresentassem máxima diferenciação entre possibilidades de acesso à luz natural, porém sem ofuscamento direto no campo de trabalho. Como resultado, obtiveram-se condições exposição da janela ao céu, representadas por imagens realizadas com lente olho de peixe, que se mostraram equivalentes durante o inverno (Figura 2 a e b). A quantificação da porcentagem da abóbada visível foi feita por meio da ferramenta Rayman (MATZARAKIS et al. 2010).

Tabela 1 – Configurações adotadas – inverno

Data	13/jan	14/jan	15/jan	20/jan	21/jan	22/jan
Orientação	SO (225°)	N/NO (335°)	N/NO (335°)	N/NO (335°)	N/NO (335°)	SO (225°)
Iluminação	Nat.	Art.	Nat.	Art.	Nat.	Nat.
Tempo	Ensolarado	Tempestuoso	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado
Data	27/jan	28/jan	29/jan	03/fev	04/fev	05/fev
Orientação	SO (225°)	N/NO (335°)	N/NO (335°)	N/NO (335°)	SO (225°)	SO (225°)
Iluminação	Nat.	Nat.	Art.	Nat.	Nat.	Art.
Tempo	Ensolarado	Nublado	Tempestuoso	Ensolarado	Nublado	Nublado

Fonte: Pesquisa

Figura 2 – Vista das fachadas selecionadas para os dias de experimento com luz natural no período de inverno e com valores estimados de visão do céu: (a) N/NO (335°) e (b) SO (225°)



(a) N/NO (335°) - fator de visão do céu (na vertical) = 0,230

(b) SO (225°) - fator de visão do céu (na vertical) = 0,234

Fonte: Pesquisa

Nos dias de experimento com iluminação artificial, utilizaram-se quatro lâmpadas fluorescentes OSRAM L40 W 765 (TCC=6500K e IRC= ≥ 70), índice satisfatório para atividades gerais de escritório, conforme norma DIN 6169-2 (1976-2002). As luminárias foram direcionadas para o teto, resultando em luz difusa no plano de trabalho. A Figura 3 demonstra (a) configuração do ambiente teste para a condição de iluminação natural e (b) situação com luz natural.

Figura 3 – (a) Janelas cerradas, iluminação natural e persiana externa abaixada; (b) Janelas cerradas, iluminação natural e persiana externa recolhida



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa

2.1.3 Configurações adotadas para os sujeitos

Os ambientes-teste foram ocupados cada um por dois indivíduos, por cinco horas (8h00 – 13h00, horário local), três dias a cada estação. Todos utilizaram vestimenta padrão, (jeans, camiseta manga curta e tênis), minimizando variações ligadas a aspectos térmicos. Durante o período de experimento, controlou-se a alimentação; a ingestão de substâncias com potencial influência no bem estar (como cafeína ou glicose) foi significativamente reduzida; disponibilizaram-se alimentos neutros (água desgaseificada, torradas, bolachas e frutas). Vetaram-se alterações nas configurações pré-definidas no ambiente, como abertura de janelas, movimentação das persianas externas, ou acionamento de luz artificial. Além disso, os participantes foram orientados a não trazer notebooks, ou quaisquer equipamentos que emitissem luz, alterando as configurações de iluminação pré-estabelecidas. Pelo mesmo motivo, uniformizaram-se as configurações de brilho dos monitores. Na necessidade de ausentar-se dos ambientes-teste, (utilização do toalete), era solicitada a utilização de óculos escuros com proteção UV (fornecido), para minimizar variações de intensidade e fonte luminosa.

2.2 Descrição das variáveis ambientais monitoradas e equipamentos utilizados

2.2.1 Condições térmicas nos ambientes teste

Para excluir o efeito de variações térmicas, as condições dos ambientes teste foram monitoradas e reguladas continuamente. Os indivíduos foram expostos a condições térmicas estáveis no interior da câmara ao longo do experimento, com uma fase de discreto aquecimento na primeira hora, porém sem alterações significativas no voto predito médio (PMV) ao longo das quatro horas restantes. Ao final dos experimentos, o valor médio de PMV sempre estava próximo à condição térmica de neutralidade ($PMV=0$), entre -0,5 a +0,2. Como o preenchimento dos questionários subjetivos momentâneos ocorreu após 12h00, assumiu-se que variações térmicas ocorridas entre 8h00 e 9h00 exerceram pouca influência nas respostas.

2.2.2 Iluminância na superfície de trabalho

No monitoramento das variáveis objetivas relacionadas à iluminação, utilizaram-se dois equipamentos. Para valores de iluminância (lux) e espectro dominante (nm) na superfície de trabalho (mesas dos participantes, $h=0,75m$), utilizaram-se espectralradiômetros JETI modelo Specbos 1201 (Figura 4a); a frequência de coleta de dados foi configurada para 5 minutos. Entretanto, dado o processo de integração realizado pelo equipamento, este intervalo de tempo mostrou-se variável, oscilando entre 5 a 7 minutos, conforme condições de céu e disponibilidade de luz a cada período.

2.2.3 Iluminância e espectro de luz na altura dos olhos dos participantes

No monitoramento da iluminância (lux) à altura dos olhos dos participantes, utilizou-se um actímetro com luxímetro acoplado (Actiwatch da Phillips Respironics - Figura 4b). Originalmente projetado para uso no pulso, como um relógio, o equipamento foi adaptado, substituindo-se a pulseira por velcro, fixado a uma bandana, vestida pelos indivíduos. Viabilizou-se assim o registro de dados de iluminância à altura dos olhos, órgãos da percepção da luz em humanos. A frequência de registro foi 60 segundos. Eventuais períodos de ausência do ambiente foram registrados em um diário de bordo, assim os dados registrados pelos actímetros nestes períodos foram posteriormente excluídos da avaliação.

2.3 Caracterização da amostra, descrição das variáveis subjetivas monitoradas e instrumentos de coleta

A amostra ($n=16$), remunerada, compôs-se por estudantes alemães do sexo masculino. Estes, codificados de 1 a 16, possuem os seguintes valores médios: altura 1,80m ($SD=0,06$); peso 80 kg ($SD=8,9$) e idade 24,9 anos ($SD=3,6$).

Levantaram-se variáveis subjetivas por meio de questionários, selecionados por: (1) serem traduzidos e validados para o idioma alemão; (2) serem autoaplicáveis; (3) produzirem um escore de classificação, evitando a necessidade de acompanhamento direto de profissional da área de psicologia na aplicação e avaliação dos resultados. As variáveis subjetivas avaliadas relacionam-se às condições de sono (cronotipo, sonolência diurna e qualidade do sono), bem-estar (ansiedade, estresse), suscetibilidade a desordens afetivas sazonais e avaliação do ambiente. Os testes Cronotipo,

Sonolência Diurna, Qualidade de Sono, Ansiedade-Traço (tendência à ansiedade), Desordem Afetiva Sazonal e Stress objetivam caracterizar indivíduos; já o teste para Percepção da Situação de Luz no Ambiente avalia a relação entre dados subjetivos momentâneos versus condições de luz. O preenchimento online dos questionários em plataforma web desenvolvida para este fim seguiu a sequência demonstrada na Figura 5.

Figura 4 – (a) Espectroradiômetro JETI Specbos 1201; (b) Actímetro com luxímetro Actiwatch Spectrum Respirationics adaptado



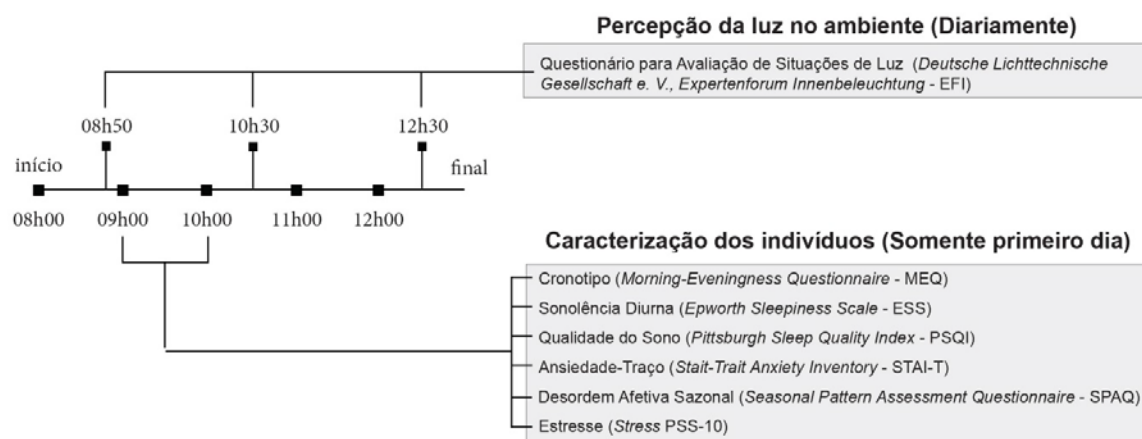
(a)



(b)

Fonte: Pesquisa

Figura 5 – Fluxograma com rotina de preenchimento dos questionários



Fonte: Pesquisa

2.3.1 Cronotipo

À apresentação de períodos de maior e menor atividade em horários específicos, dá-se o nome de cronotipo. Ainda que atividades físicas, mentais e sociais possam agir como fatores de mascaramento, o cronotipo é

uma característica endógena, não sendo, portanto, passível de controle ou manipulação pelo indivíduo (REILLY; WATERHOUSE; ATKINSON, 1997). Utilizou-se o Questionário de Identificação de Matutinos e Vespertinos - MEQ (ou *Morningness-eveningness questionnaire*) de Horne e Östberg (1975).

2.3.2 Sonolência diurna

Sonolência Excessiva Diurna (SED) é a incapacidade de manter-se acordado e alerta durante o dia (GIORELLI et al., 2012) e pode ser decorrente de transtornos do sono relacionados ao ritmo circadiano (BITTENCOURT, 2005). É uma condição crônica, em que o ritmo circadiano de sono e vigília está fora de fase em relação aos padrões ambientais convencionais; o desajuste do ciclo dia-noite é persistente ou periódico, e o ajuste é difícil ou inexistente (ZISAPEL, 2001). Os distúrbios do ritmo circadiano podem levar à SED especialmente em casos em que os indivíduos acometidos são forçados a sincronizar-se ao ambiente (BITTENCOURT, 2005). Utilizou-se a escala de sonolência de Epworth (ESS) desenvolvida por Johns et al. (1991).

2.3.3 Ansiedade-Traço

A falta de luz natural e longas permanências sob luz artificial podem causar tensão, desordens alimentares e ansiedade; esta última é considerada um estado afetivo, fisiológico, cognitivo e comportamental (BOUBEKRI, 2008). Conforme Dobson (1985), ansiedade é um estado de excitação sem foco, desconfortável e a ser evitado, e parece relacionar-se a outros desequilíbrios como depressão e SAD. Segundo Scott et al. (2007), existem associações entre comorbidades de desordens mentais, em particular desordens de humor e condições físicas crônicas. Neste contexto, desordens depressivas e ansiedade ocorrem simultaneamente em 50% dos indivíduos (KESSLER et al., 1996; SCOTT et al., 2007). Entre as origens desta desordem, há evidências de estreitas relações entre produção hormonal, sincronização circadiana e atrasos de fase (AVERY; DAHL, 2012; MAGNUSSON; BOIVIN, 2003); condições relacionadas a curtas ou inexistentes exposições à luz natural (BOUBEKRI, 2008). Distingue-se ansiedade traço (a tendência à ansiedade, sem, no entanto, estar ansioso no momento) da ansiedade estado (a experiência da ansiedade) (DOBSON, 1985). Nesta pesquisa, utilizou-se o Inventário de Ansiedade Estado-Traço (STAI-T). Utilizou-se a versão em alemão de Laux et al. (1981).

2.3.4 Desordem afetiva sazonal

SAD é uma condição caracterizada por episódios depressivos sazonais anuais (ROSENTHAL; BRADT; WEHR, 1984). Subtipo de desordem bipolar ou depressiva, é marcada por episódios recorrentes de depressão. Para a avaliação da ocorrência de SAD, utilizou-se o Seasonal Pattern Assessment Questionnaire (SPAQ), criado por Rosenthal, Bradt e Wehr (1984), instrumento mais utilizado para mensurar alterações sazonais; avalia duração do sono, atividade social, humor, peso, apetite e energia.

2.3.5 Estresse

Estresse é causado por reações psicológicas e fisiológicas que prejudicam a homeostase, como uma resposta adaptativa do corpo humano, que por vezes exige considerável desgaste e consumo de energia física e mental (LIPP, 1999). Quanto às fontes de estresse ambientais, Rashid e Zimring (2008) dividem-nas em duas categorias: variáveis de design do ambiente e variáveis ambientais. A primeira inclui uso do espaço, mobília, dispositivos elétricos e equipamentos, acabamentos, cores e acesso à paisagem natural. A segunda inclui ruídos, temperatura, qualidade do ar e iluminação. Luz inadequada provoca desconforto visual, traduzido em sintomas físicos (inconvenientes visuais, dores musculares, de cabeça, dificuldade de concentração), fatores que, isoladamente ou conjuntamente, podem causar estresse (VEITCH, 2001). Para avaliação do estresse nos participantes, utilizou-se a versão em língua alemã do Perceived Stress Scale (PSS-10), desenvolvido por Cohen, Kamarck e Mermelstein (1983).

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

3.1 Classificação dos indivíduos

Procedeu-se inicialmente à tabulação dos resultados obtidos com os dados biométricos coletados e os questionários para avaliação das condições de sono (cronotipo, sonolência diurna, qualidade do sono) e relacionadas às condições de bem estar (ansiedade-traço, SAD e estresse) (Quadro 1). Estas classificações foram posteriormente cruzadas com os dados objetivos de iluminância e com a percepção do ambiente; estas informações são descritas na seção 3.3.

Quadro 1 – Classificação dos indivíduos

Cód. Indiv.	Massa corporal		MEQ		SED		PSQI		STAI-T		SPAQ		PSS-10	
	Peso		Cronotipo		Sonolência excessiva diurna		Qualidade sono		Ansiedade-Traço		Desordem afetiva sazonal		Estresse	
	IMC	Classificação	Escore	Classe	Escore	Classe	Escore	Classe	Escore	Classificação	GSS	Classificação	Escore	Classificação
1	22,53	Normal	34	Mod. vespert.	10	Normal	6	Ruim	38	9 °	11	Normal	26	1 °
2	19,92	Normal	36	Mod. vespert.	8	Normal	7	Ruim	37	10 °	8	Normal	25	2 °
3	29,71	Acima do peso	55	Indiferente	5	Normal	3	Bom	38	9 °	11	Normal	16	6 °
4	30,07	Obesidade I	69	Mod. vespert.	4	Normal	3	Bom	36	11 °	13	Normal	11	12 °
5	23,20	Normal	47	Indiferente	5	Normal	7	Ruim	42	6 °	11	SAD	23	3 °
6	23,82	Normal	56	Indiferente	7	Normal	6	Ruim	39	8 °	10	Normal	16	6 °
7	24,62	Normal	48	Indiferente	4	Normal	4	Bom	46	4 °	12	Normal	15	7 °
8	23,89	Normal	53	Indiferente	6	Normal	2	Bom	41	7 °	7	Normal	21	5 °
9	21,91	Normal	48	Indiferente	6	Normal	5	Ruim	41	7 °	10	Normal	12	10 °
10	27,47	Acima do peso	63	Mod. vespert.	8	Normal	5	Ruim	41	7 °	20	Normal	14	8 °
11	24,21	Normal	31	Mod. vespert.	4	Normal	3	Bom	44	5 °	13	Normal	12	11 °
12	31,20	Obesidade I	55	Indiferente	2	Normal	4	Bom	50	1 °	18	SAD	22	4 °
13	26,20	Acima do peso	44	Indiferente	10	Normal	3	Bom	38	9 °	13	Normal	9	13 °
14	22,88	Normal	47	Indiferente	4	Normal	5	Ruim	41	7 °	6	Normal	3	14 °
15	24,57	Normal	42	Indiferente	7	Normal	8	Ruim	47	3 °	15	Normal	21	5 °
16	22,10	Normal	50	Indiferente	8	Normal	5	Ruim	48	2 °	4	Normal	13	9 °

Fonte: Pesquisa

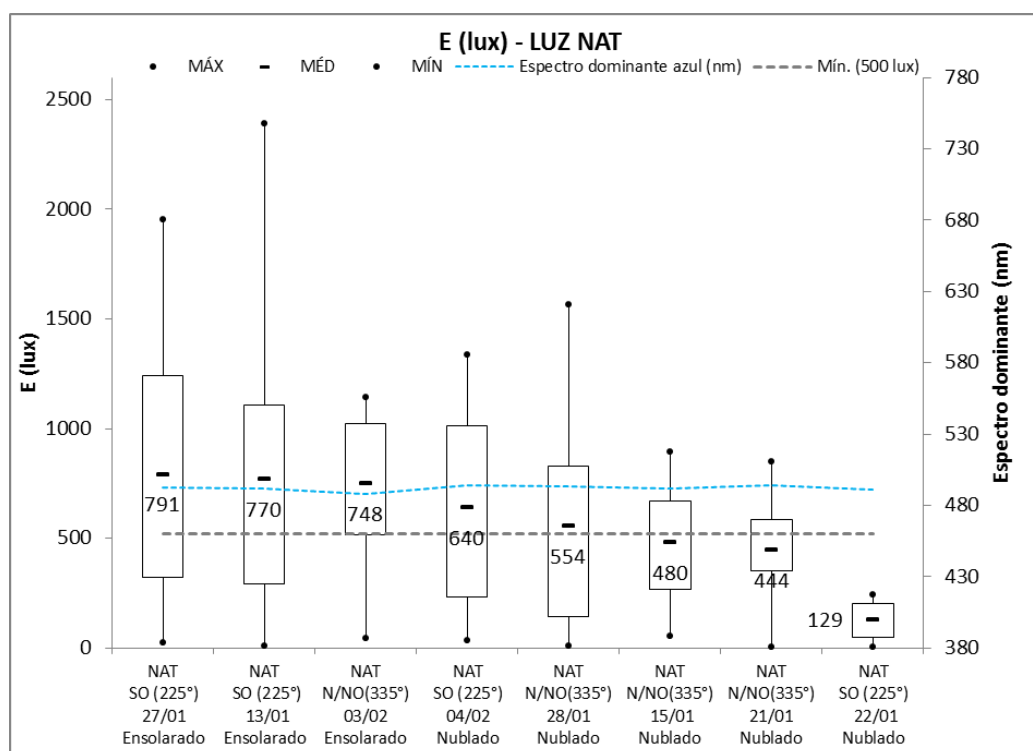
3.2 Caracterização das condições de iluminação

Para caracterização do tipo de luz dos ambientes-teste conforme a orientação solar das aberturas e /ou da fonte de iluminação adotada organizaram-se os resultados de iluminância (E) em ordem decrescente, juntamente com o espectro dominante (Figuras 6 a e b).

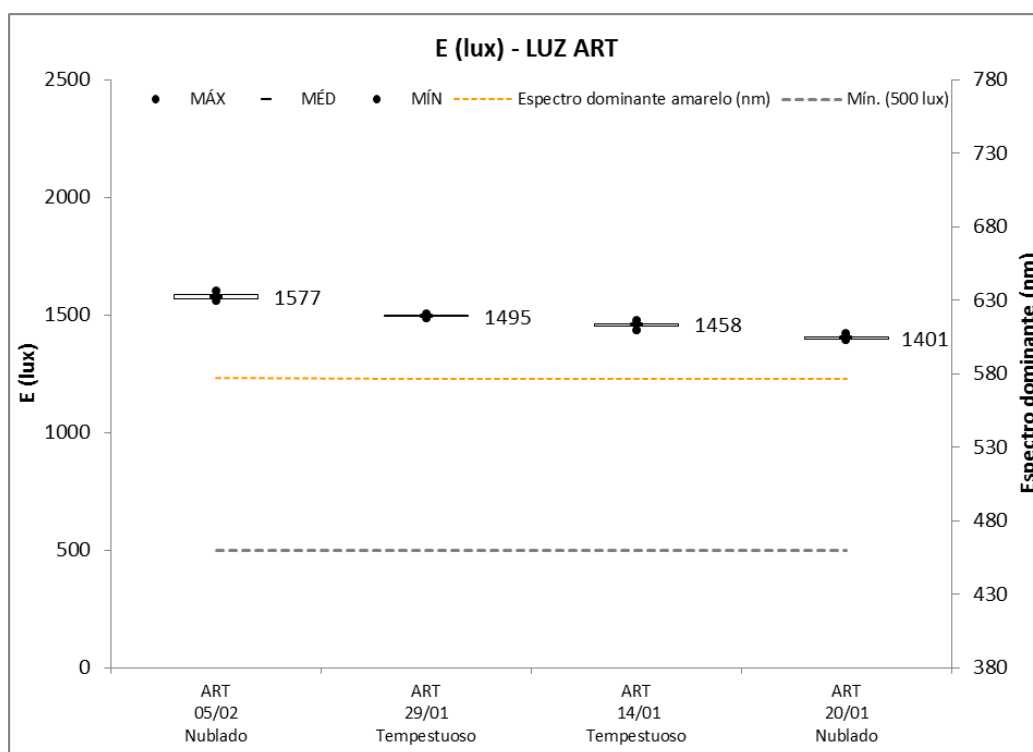
Como esperado, houve maior diferenciação entre a iluminância média ($E_{méd}$) nos dias com iluminação natural. Os dias com orientação SO – face equatorial – foram os que registraram maiores valores de iluminância (máximo 1952 lux, e média geral de 582 lux). Com a orientação N/NO, o máximo alcançou 1565 lux, com média geral de 471 lux.

Para luz artificial, a amplitude dos valores permaneceu baixa, oscilando entre 1602 a 1392 lux, com média geral de 1483 lux. Em todas as configurações, alcançou-se predominantemente a média mínima de 500 lux, valor de referência definido pela norma alemã DIN 5034 (1997) para escritórios. As exceções foram dois dias com iluminação natural N/NO e um dia SO, quando o céu permaneceu nublado. Assim, quanto a demandas visuais, a iluminância nos ambientes-teste manteve-se adequada em todos os dias e situações de iluminação.

Figura 6 – (a) Valores de iluminância (E) do espectraloradiômetro organizados em ordem decrescente e espectro dominante para: (a) iluminação natural; (b) iluminação artificial



(a)



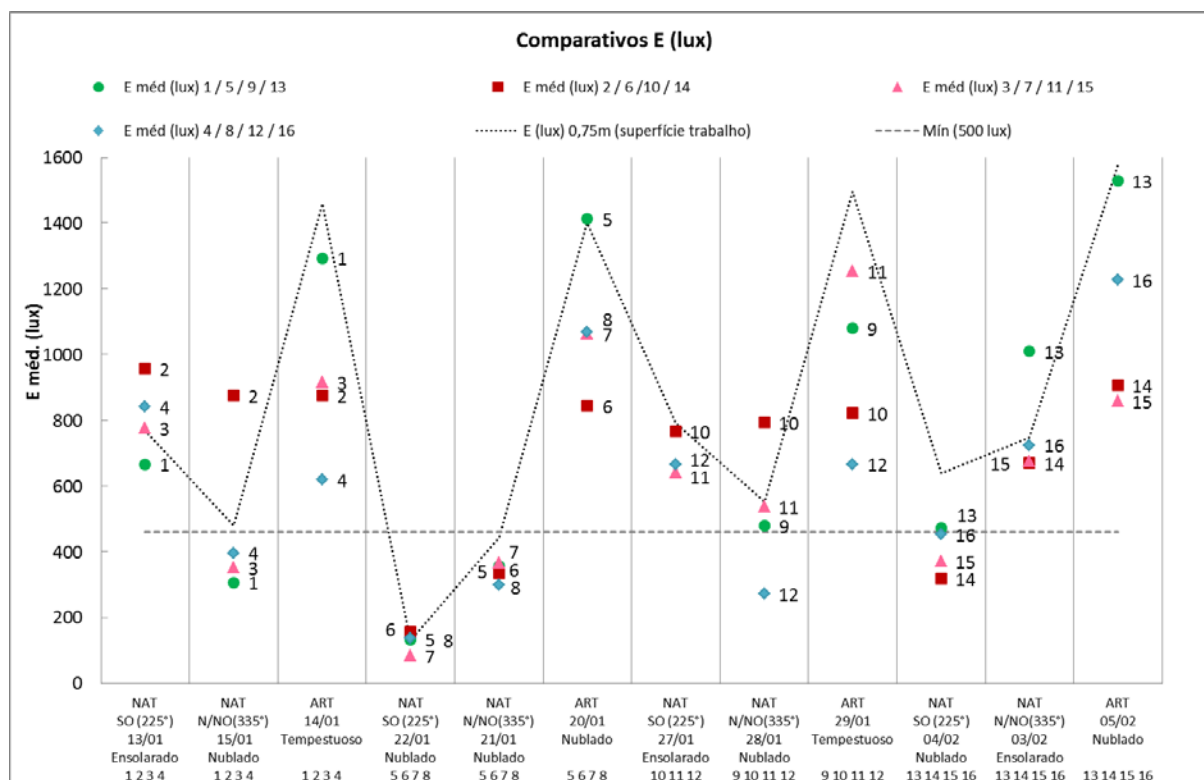
(b)

Fonte: Pesquisa

Quanto ao espectro dominante, nos dias de experimento com luz natural para as duas orientações, os valores máximos, médios e mínimos apresentaram pouca variação (480 a 512 nm), coincidindo com a faixa de comprimento azul do espectro, a mais indicada para a estimulação das funções circadianas no período da manhã (ANDERSEN et al., 2012). Para a iluminação artificial, verificou-se estreitamento da amplitude dos valores, que se mantiveram praticamente estáticos (576 a 577 nm), com predominância do espectro amarelo, cuja exposição prolongada ao longo do dia pode causar atrasos de fase no ciclo circadiano (HECHT, 2012).

A fim de diferenciar a $E_{méd}$ na superfície de trabalho e $E_{méd}$ registrada com os actímetros ao nível dos olhos, organizaram-se os dados na Figura 7.

Figura 7 – Comparativo entre Eméd registrada pelo espectroradiômetro e Eméd registrada pelo actímetro



Fonte: Pesquisa

Ainda que valores de Eméd para espectroradiômetro e actímetros não sejam numericamente equivalentes, apresentaram tendência similar. Com exceção dos valores médios registrados em 13/1(225°, ensolarado), os demais valores para actímetros permaneceram predominantemente abaixo dos valores médios do espectroradiômetro. Verifica-se que, da mesma forma que os resultados obtidos com o espectroradiômetro, os valores médios dos actímetros mantiveram-se acima do valor de referência (500 lux), à exceção dos dias 15, 22, 21/1 e 4/2, com luz natural proveniente de orientações distintas, porém sempre com céu nublado.

3.3 Comparativo entre condições de iluminação e avaliação subjetiva momentânea

3.3.1 Percepção da luz no ambiente

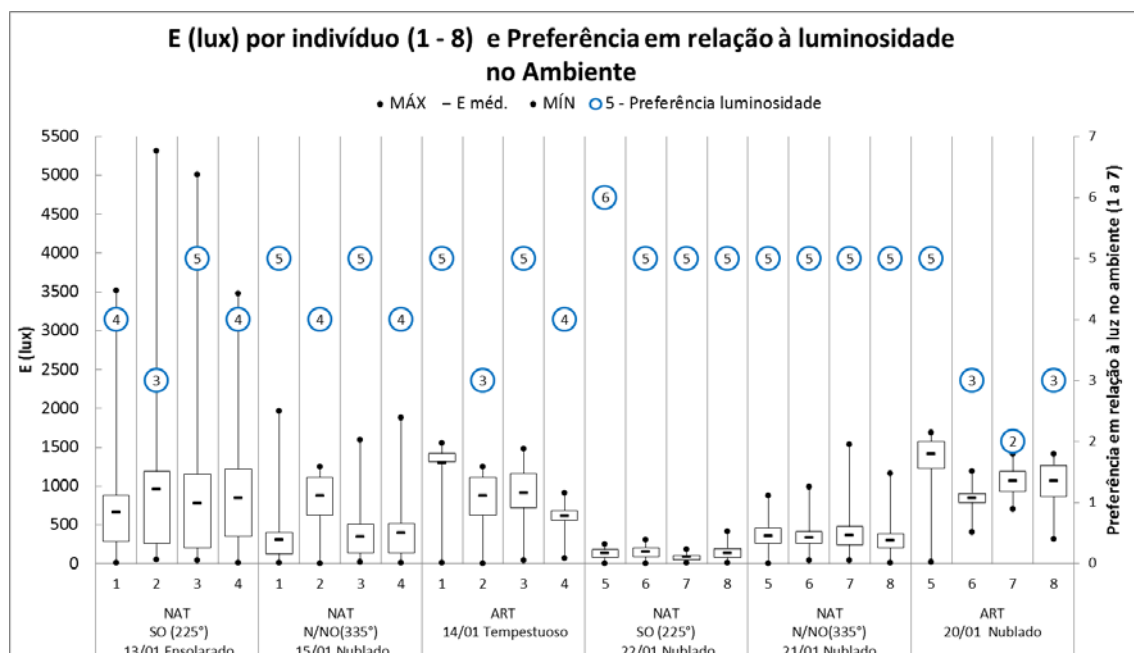
Para quantificar a percepção do ambiente em função das condições de conforto lumínico, utilizou-se o questionário EFI – Questionário para Avaliação de Situações de Luz. Este contém nove questões sobre percepção do ambiente, e pontuação em escala Likert de sete pontos. Avaliou-se somente o quesito preferência: “Preferia que a luz no ambiente fosse:”. As opções de resposta são apresentados no Quadro 2, e os resultados obtidos estão na Figura 8 (a e b).

Quadro 2: Escala Likert

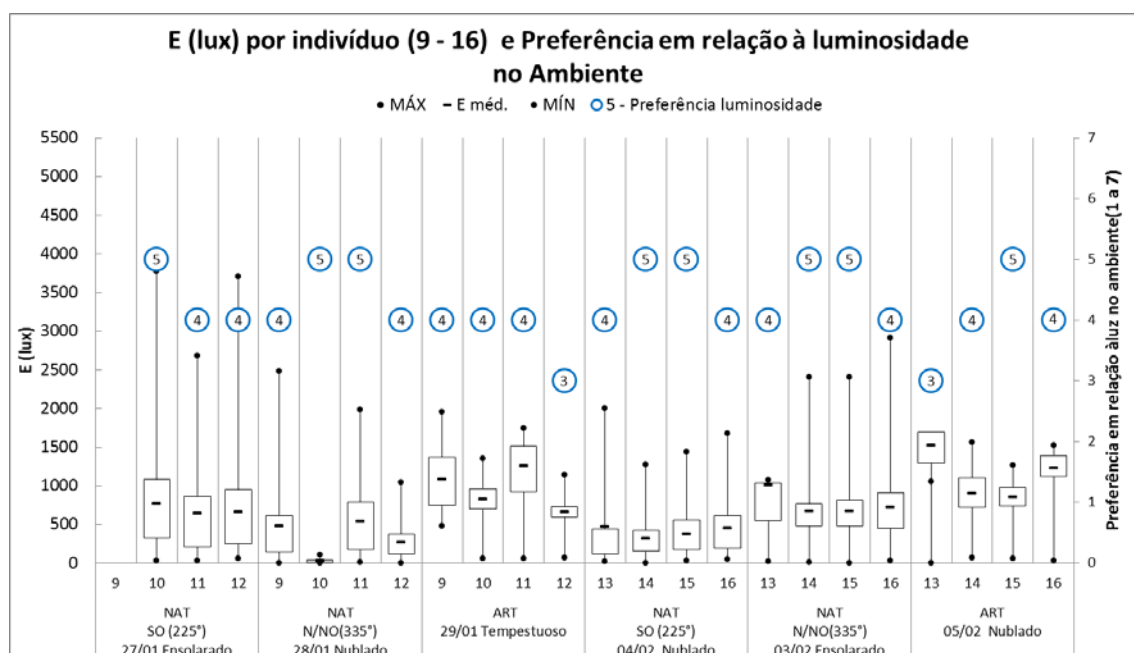
1	2	3	4	5	6	7
Extremamente menos intensa	Muito menos intensa	Pouco menos intensa	Nem mais nem menos intensa	Pouco mais intensa	Muito mais intensa	Extremamente mais intensa

Fonte: Pesquisa

Figura 8 – (a) Comparativo entre Eméd dos actímetros e preferência em relação à luz do ambiente - Indivíduos 1 a 8 e (b) – Indivíduos 9 a 16



(a)



(b)

Fonte: Pesquisa

Os votos subjetivos momentâneos quanto à preferência em relação à luz ambiente revelam que, independentemente do tipo de iluminação ambiente (natural ou artificial), 38,3% estiveram satisfeitos (4) ou desejando que a luz fosse somente um pouco mais intensa (5) – 44,7%; a ocorrência da segunda condição é mais frequente em situações de Eméd baixa (casos dos dias 21 e 22/1). Nota-se também a maior presença do voto 3 (preferência por luz pouco menos intensa) nos dias com iluminação artificial (dias 14/1, 20/1, 29/1 e 5/2).

A seguir, relacionam-se resultados obtidos pela caracterização dos indivíduos versus preferência por diferentes configurações de iluminação.

Quanto às diferentes configurações de luz utilizadas, verificou-se que, apesar do comprimento de onda dominante azul observado nos dias de iluminação natural ser o mais adequado para a regulação circadiana, para o período avaliado (inverno), haveria a necessidade de complementação da luz natural por uma fonte artificial, de forma a aumentar a iluminância incidente e conseqüentemente o grau de satisfação dos indivíduos relacionada à percepção do ambiente. A fonte de luz artificial, por sua vez, deveria possuir menor intensidade para 6 indivíduos (37,5% da amostra) que declararam preferência por menor intensidade (3) quando sob luz artificial.

4 indivíduos (25%) declararam-se satisfeitos, (4) independente do tipo de iluminação; outros 25% prefeririam a luz natural um pouco mais intensa (5). Somente um indivíduo declarou insatisfação com a iluminação sob qualquer tipo de iluminação, desejando sempre luz pouco (5) ou muito mais intensa (6).

Por fim, quanto a correlações entre as diversas caracterizações realizadas, verificou-se apenas uma discreta relação direta entre a existência de desordens afetivas sazonais e maiores escores para estresse (indivíduos 5 e 12, com terceiro e quarto maiores escores, respectivamente).

Como limitações, cita-se a amostra reduzida, seleção não probabilística (inviabilizando a generalização dos resultados), e poucos dias de experimento por indivíduo. Também a impossibilidade de apresentação de outros dados subjetivos levantados (como estados de humor, ansiedade-estado e resultados relacionados à percepção da luz no ambiente, dada a restrição de tamanho imposta pelo formato do artigo). Além disso, espera-se que a análise dos dados de primavera e verão, próxima etapa da pesquisa, resulte em maior diferenciação de condições de iluminação natural, possibilitando o aprofundamento das análises e a corroboração/refutação dos resultados até aqui obtidos. Objetiva-se assim contribuir com estudos correlatos às respostas biológicas humanas ao estímulo fótico, que apontam para a possibilidade de aplicação clínica da luz no tratamento de distúrbios e patologias, que vão das condições de sono e alerta ao desempenho cognitivo, à memória e ao humor.

Finalmente, a dificuldade em correlacionar dados de iluminação objetivos e relacionados às condições de iluminação e o bem-estar dos indivíduos pode ser um indício de que, dada a natureza sutil e interdisciplinar das emoções e percepções humanas, haja a necessidade de mais estudos que produzam

ferramentas mais sensíveis para este registro, bem como a complementação dos dados com ferramentas e metodologias de pesquisa mista.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsas Doutorado-Sanduiche e Estágio Sênior, aos colegas do KIT (Alemanha) e aos participantes da pesquisa que compuseram nossa amostra.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, M.; MARDALJEVIC, J.; LOCKLEY, S. W. A framework for predicting the non-visual effects of daylight–Part I: photobiology-based model. **Lighting Research and Technology**, v. 44, n. 1, p. 37-53, 2012.

AVERY, D.; DAHL, K. Bright Light Therapy and Circadian Neuroendocrine Function in Seasonal Affective Disorder. In: SCHULKIN, J. (Ed.). **Hormonally Induced Changes in Mind and Brain**. San Diego, CA: Academic Press, 1993.

BEUTE, F.; DE KORT. Let the sun shine! Measuring explicit and implicit preference for environments differing in naturalness, weather type and brightness. **Journal of Environmental Psychology**, v. 36, p. 162-178, 2013.

BITTENCOURT, L. R. A. *et al.* Excessive Daytime Sleepiness. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 27, supl. 1, p. 16-21, 2005.

BOUBEKRI, M. **Daylighting, Architecture and Health**. Routledge, 2008.

CABALLERO-ARCE, C.; VIGIL-DE INSAUSTI, A.; BENLLOCH-MARCO, J. Lighting of space habitats: Influence of color temperature on a crew's physical and mental health. In: **42nd International Conference on Environmental Systems**. 2012. p. 15-19.

COHEN, S.; KAMARCK, T.; MERMELSTEIN, R. A global measure of perceived stress. **Journal of Health and Social Behavior**, v. 24, n. 4, p. 385-396, 1983.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 6169-2**: Farbwiedergabe: Teil 2: Farbwiedergabe-Eigenschaften von Lichtquellen in der Beleuchtungstechnik. Berlin, 1976.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 5034**: Tageslicht in Innenräumen. Berlin, 1997.

DOBSON, K. S. The Relationship Between Anxiety and Depression. **Clinical Psychology Review**, v. 5, n. 4, p. 307-324, 1985.

GIORELLI, A. S. *et al.* Sonolência Excessiva Diurna: aspectos clínicos, diagnósticos e terapêuticos. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 48, n. 3, p. 17-24, 2012.

HECHT, J. Better than sunshine: see life in an improvement light. **New Scientist**, 06 jul. 2012. Source: <<http://www.newscientist.com/article/mg21428710.300-better-than-sunshine-see-life-in-an-improved-light.html>>. Acesso em: 13 ago. 2013.

HORNE, J. A.; ÖSTBERG, O. A Self-Assessment Questionnaire to Determine Morningness-Eveningness in Human Circadian Rhythms. **International Journal of Chronobiology**, v. 4, n. 2, p. 97-110, 1975.

JOHNS, M. W. *et al.* A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: the Epworth sleepiness scale. **Sleep**, v. 14, n. 6, p. 540-545, 1991.

KESSLER, R. C. *et al.* Comorbidity of DSM-III—R Major Depressive Disorder in the General Population: results from the US National Comorbidity Survey. **The British Journal of Psychiatry**, v. 30, p. 17-30, jun. 1996.

L. Laux, P. Glanzmann, P. Schaffner, C. D. Spielberger. Das State-Trait-Angstinventar. **Theoretische Grundlagen und Handanweisungen**. Beltz, Weinheim, Alemanha, 1981.

LEHNKERING, H.; SIEGMUND, R. Influence of Chronotype, Season, and Sex of Subject on Sleep Behavior of Young adults. **Chronobiology International**, v. 24, n. 5, p. 875-888, 2007.

LIPP, M. E. N. **O Que Eu Tenho É Stress?** De onde ele vem: o stress está dentro de você. São Paulo: Contexto, 1999.

MAGNUSSON, A.; BOIVIN, D. Seasonal Affective Disorder: an overview, review. **Chronobiology International**, v. 20, n. 2, p. 189-207, 2003.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, 54(2), 131-139, 2010.

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.

REILLY, T.; WATERHOUSE, J.; ATKINSON, G. Aging, Rhythms of Physical Performance, and Adjustment to Changes in the Sleep-Activity Cycle. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 54, n. 11, p. 812-816, 1997.

ROSENTHAL, N. E.; BRADT, G. H.; WEHR, T. A. **Seasonal Pattern Assessment Questionnaire (SPAQ)**. Bethesda: National Institute of Mental Health, 1984.

SANASSI, L. A. Seasonal Affective Disorder: is there light at the end of the tunnel? **Journal of the American Academy of Physician Assistants**, v. 27, n. 2, p. 18-22, 2014.

SCHWEIKER, M. *et al.* Presenting LOBSTER, an Innovative Climate Chamber, and the Analysis of the Effect of a Ceiling Fan on the Thermal Sensation and Performance Under Summer Conditions in an Office-Like Setting. In: WINDSOR CONFERENCE: COUNTING THE COST OF COMFORT IN A CHANGING WORLD, 8., Windsor, 2014. **Proceedings...** Windsor, 2014.

SCOTT, K. M. *et al.* Depression–Anxiety Relationships With Chronic Physical Conditions: results from the World Mental Health Surveys. **Journal of Affective Disorders**, v. 103, n. 1, p. 113-120, 2007.

VEITCH, J. A. Psychological Processes Influencing Lighting Quality. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 30, n. 1, p. 124-140, 2001.

ZISAPEL, N. Circadian Rhythm Sleep Disorders. **CNS drugs**, v. 15, n. 4, p. 311-328, 2001.