

**LUZ E
SAÚDE**

O PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA TRABALHADORES DO TURNO NOTURNO



TFG - Trabalho Final de Graduação
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo

LUZ E SAÚDE | O PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA TRABALHADORES DO TURNO NOTURNO

Aluna: Rose Raad
Orientador: Leonardo Marques Monteiro

São Paulo
Dez/2019



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente ao professor Leonardo Marques Monteiro pela orientação, incentivo e paciência comigo não só durante o desenvolvimento deste trabalho mas desde os primeiros contatos que tive com o tema luz e saúde, ao final do meu primeiro ano de graduação e ao longo da iniciação científica, concluída em 2018.

À professora Claudia Roberta de Castro Moreno e ao professor Mario Pedrazzoli Neto pelos ensinamentos e aprendizados durante a iniciação científica, cujo conhecimento me deu subsídios para este trabalho. Também não poderia esquecer do Dr. Geraldo Lorenzi Filho, que me apresentou à professora Claudia e ao professor Mario e por ter recebido tão gentilmente minha pesquisa.

Ao Ricardo e a Jayne por me ajudarem nos contatos para o estudo de caso deste projeto.

Ao Gerson e Vandair pela atenção com que me receberam e por autorizarem a realização das medições na sala de atendimento, escolhida para ser o estudo de caso.

Ao Ranieri, por ser tão solícito quando precisei de ajuda e pelo suporte com os equipamentos que usei nas medições.

Ao Ruy, por sua amizade, pela ajuda e conselhos neste trabalho.

Ao Daniel, pela força que me deu desde meu primeiro ano na FAU e socorro nos momentos finais da conclusão do tfg.

À todos os amigos que fiz na FAU, pelo companheirismo e por tornarem meus dias mais leves ao longo dos anos de graduação.

À Rita por me inspirar força.

Aos meus pais, por me apoiarem, por sempre terem priorizado minha formação (e da minha irmã), por todos os valores transmitidos e por serem as pessoas que mais incentivam meus estudos.

SUMÁRIO

CAPÍTULOS

01	Introdução	08
02	Luz e Saúde	12
03	Luz e LED	26
04	Luz e Trabalho	39
05	Iluminação no século XXI	69
06	Projeto	78
07	Considerações Finais	104
08	Anexos	108

01.

INTRODUÇÃO



01. INTRODUÇÃO

Apesar de estudos sobre a relação da iluminação na regulação circadiana serem desenvolvidos há décadas, a preocupação com condições de iluminação que possam atender não apenas as exigências visuais, mas também satisfazer as necessidades do sistema não visual é mais recente e tornou-se essencial haja vista a mudança dos hábitos humanos e exposição a espectros de luz diferentes do homem primitivo. Hoje, o uso da iluminação artificial faz com que a sociedade se mantenha desperta em horários onde a inexistência de luz natural indicaria o início de um momento de maior relaxamento e produção do hormônio melatonina (NEGRÃO, 2013).

É conhecido que a luz natural e a artificial apresentam respostas diferentes, tanto em relação à percepção visual quanto do ponto de vista fisiológico. Com o surgimento de novas fontes de luz artificiais, após a invenção da lâmpada de Argand, o homem aumentou sua exposição à luz no período noturno e prolongou o período em que se mantém desperto, com isso alterações são provocadas nos ritmos circadianos humanos.

O aumento da permanência em locais mais fechados tornou-se mais evidente a partir do século XIX, com a intensa migração da mão-de-obra do campo para os centros urbanos. Com isso, a relação do homem com o trabalho sofreu constantes mudanças e isso trouxe consequências na apropriação do espaço para a realização das tarefas. As pessoas que antes trabalhavam no campo, passaram em muitos casos a trabalhar dentro de escritórios.

Desde o aparecimento das edificações destinadas à ocupação corporativa, após a Revolução Industrial, várias tipologias de plantas de escritórios foram implantadas, cada qual com uma organização física interna e mobiliários específicos, em sintonia com as necessidades e tecnologias disponíveis em cada época. Nos últimos 50 anos, o escritório tem sido um dos principais locais de trabalho do homem, sendo o local onde um número crescente de pessoas passa boa parte de suas vidas profissionais (BOYCE, 2003).

Assim, atividades que antes eram exercidas ao ar livre e requeriam o uso da força e movimentação física passaram a ser executadas de maneira sedentária, restringindo-se a longas horas de trabalho contínuo em espaços fechados e com a diminuição da exposição à luz natural. (ANDRADE, 2007). A exposição a fontes de luz cujo espectro de cores não é tão equilibrado quanto o da luz natural, vai contra os padrões de iluminação do homem e certamente acarreta impactos nos ritmos circadianos humanos e com isso, alterações na saúde (MARTAU, 2009).

É imprescindível que o sistema de iluminação num escritório seja adequado, portanto, para atender tanto às demandas visuais, como também às biológicas. Outro aspecto de um bom sistema de iluminação refere-se à sua capacidade de poupar gastos na matriz energética. No Brasil a iluminação artificial está entre os principais usos finais no consumo de energia elétrica em edificações comerciais, representando 22% do seu consumo total (Eletrobrás, 2007). Nesse sentido, a instalação de um sistema de iluminação energeticamente eficiente é essencial para que haja redução do consumo

de energia, razão que tem estimulado o uso do LED nos projetos luminotécnicos.

Hoje sabe-se que os LEDs possuem uma eficiência superior quando comparados a outras fontes luminosas e com o avanço das pesquisas, espera-se que em poucos anos a iluminação por LED seja mais eficiente do que qualquer outra fonte de luz artificial. No entanto, os LEDs estão entre as fontes luminosas com maior impacto sobre a supressão de melatonina (hormônio secretado pela glândula pineal e responsável pelo sono), o que evidencia a necessidade de se compreender o impacto causado pelo LED em alguns dos ritmos circadianos do ser humano.

Em 2011, numa entrevista ao jornal americano “The New York Times” George C. Brainard, professor de neurologia da Faculdade de Medicina Jefferson College, afirmou que uma das principais características que serão avaliadas nas lâmpadas nos próximos anos, além do consumo de energia, estética e brilho, serão os benefícios para a saúde (KANELLOS, 2011). Isso reforça a necessidade de revisão dos parâmetros de qualidade de um sistema de iluminação, que devem incluir o impacto sobre os ritmos biológicos.

A grande migração de pessoas do ambiente rural para os grandes centros urbanos também aumentou a demanda por serviços e produtos e isso exige a manutenção contínua de várias atividades ininterruptamente, ao longo das 24 horas do dia. Embora há muito tempo já se tenha o registro de atividades urbanas que aconteciam no período noturno, a ocupação pública e

uso democrático do meio urbano à noite é um fenômeno recente, mais observado a partir da segunda metade do século XIX (GOIS, 2014).

Em 2017, a prefeitura da cidade de Londres anunciou uma proposta que busca ampliar e diversificar a oferta de atividades e serviços no período noturno. Esse plano estimulará não somente o crescimento da economia local, como também do lazer noturno e, portanto, mais pessoas estenderão seu período de atividade e consequentemente, a exposição à luz. Se este cenário se mostrar como uma tendência, em poucos anos esta pode ser uma realidade em muitas cidades do mundo. Fica clara a importância em se dedicar um olhar mais atento aos possíveis impactos que o trabalho noturno e em turnos pode trazer, principalmente à saúde das pessoas.

As considerações feitas acima justificam o propósito deste trabalho final de graduação, que é o de colocar em discussão o projeto de iluminação voltado às tarefas visuais e à saúde do trabalhador do turno noturno, para diminuir os impactos negativos de sua rotina sobre seus ritmos endógenos¹. Os próximos capítulos estão estruturados em dois segmentos: o teórico e o de projeto. A parte teórica é composta pelos capítulos 2, 3, 4 e 5, cujo assunto comum é a iluminação. Esses capítulos fornecerão subsídios para compreensão do tema abordado e das decisões adotadas na parte de projeto, apresentada no capítulo 6.

O capítulo 2 esclarece algumas definições da Cronobiologia² e a relação da iluminação com o sistema

1 - endógeno: formado no interior do organismo / 2 - ciência que estuda os fenômenos biológicos recorrentes os quais sofrem variações regulares de estado

de sincronização circadiano. No capítulo 3 é apresentado um breve histórico da iluminação artificial, com ênfase para o LED e sua relação nos impactos sobre os ritmos endógenos. O capítulo 4 aborda as transformações nos espaços de trabalho de escritório no decorrer da história do homem e as mudanças na iluminação desses ambientes, além de uma abordagem sobre o trabalho por turnos e o noturno, sua importância e apresentação do exemplo de Londres, como cidade com tendência de crescimento da vida noturna. A seguir, o capítulo 5 trata da evolução dos critérios de qualidade de um sistema de iluminação e apresenta algumas métricas desenvolvidas para a quantificação do impacto sobre os ritmos circadianos.

O projeto é desenvolvido no capítulo 6, que inicia uma apresentação inicial do estudo de caso escolhido para este trabalho e em seguida exibe os resultados da intervenção proposta no sistema de iluminação para que esteja em equilíbrio com as necessidades visuais e biológicas dos trabalhadores locais.

O encerramento deste trabalho é feito no capítulo 7 com algumas reflexões decorrentes de todo material apresentado e algumas sugestões de possíveis encaminhamentos para futuros estudos na área. O capítulo 8 possui anexado material para eventual consulta das características das fontes de luz usadas no projeto.

02.

LUZ E SAÚDE

2.1 - Cronobiologia e ritmos biológicos	13
2.2 - Cronotipos	18
2.3 - O mecanismo da visão e a descoberta de um novo fotoreceptor	19



2.1 - Cronobiologia e Ritmos Biológicos

A iluminação além de influenciar e contribuir para o conforto, bem-estar e humor do ser humano também sinaliza a passagem do tempo e determina o ritmo da vida (NEGRÃO, 2013). Desde o processo de evolução da vida na Terra, a luz solar foi essencial para a adaptação dos seres vivos ao meio.

Ao longo da evolução biológica, a alternância contínua entre a luz e o escuro, determinou uma periodicidade constante em aspectos ambientais como temperatura, luz, disponibilidade de alimento e determinou o tempo biológico (SILVÉRIO, 2003). Assim num meio marcado pela regularidade dos eventos naturais, a presença de ritmicidade no comportamento e na fisiologia do organismo apresentava-se como uma exigência para a sobrevivência, além de ser um exemplo da organização temporal da matéria viva (SILVÉRIO, 2003). O estudo da organização temporal dos seres vivos e o impacto da ritmicidade exógena nos ritmos biológicos endógenos são tratados pela Cronobiologia (ROTENBERG et al, 2003).

A existência da ritmicidade biológica é tão remota que registros sobre a ocorrência de atividades biológicas de caráter cíclico podem ser encontradas no livro do Gênesis e de Eclesiastes, nos relatos de Hipócrates e de Aristóteles (LIMA e VARGAS, 2014). Sabe-se que o relato mais aprofundado e com viés científico que se tem registro caracteriza os movimentos foliares da planta *Tamarindus indicus* por Andróstenes de Thasos em 325 a.C. (SCHILDKNECHT, 1983, apud LIMA e VAR-

GAS, 2014, p.1).

Segundo Marques e Menna-Barreto (1997, apud SILVÉRIO, 2003, p.17), a compreensão da origem desses fenômenos pode ser sintetizada basicamente em duas vertentes: a primeira defende que o aparecimento da estrutura temporal é uma resposta da adaptação a um meio marcado por eventos periódicos, já a segunda trata a ritmicidade interna como um processo endógeno isento da influência do ambiente. Thasos baseou-se na primeira hipótese para explicar o comportamento das folhas da planta *Tamarindus indicus*, segundo o qual a variação dos movimentos foliares dessa planta é influenciada pelo meio.

No início do século XVIII, o astrônomo francês De Mairan concluiu num estudo, que a planta *Mimosa pudica* não apresentava interferência nos movimentos de abertura e fechamento mesmo quando submetida a condições de escuridão (DEL VECCHIO e MIRANDA-NETO, 1997). De Mairan acreditava que os movimentos da planta eram consequência da quantidade de iluminação solar recebida e que permitia a realização dos movimentos mesmo na escuridão (BEAR et al, 2017). Esse experimento reforça a segunda hipótese e como contrariava o pensamento vigente na época (primeira hipótese) foi muito criticado. Alguns críticos argumentaram que no experimento de De Mairan os fatores ambientais não foram bem controlados.

Outro estudo em 1835, do botânico suíço Candolle, também com a planta *Mimosa pudica* obteve os mesmos resultados encontrados por De Mairan. Nesse experimento além da confirmação da persistência

dos movimentos foliares na ausência de luz, Candolle percebeu que na escuridão o ritmo foliar variava de 22 a 23 horas enquanto que em condições habituais de iluminação o ritmo foliar era de 24 horas. Com isso é possível inferir que a ocorrência do ritmo é resultado da manifestação da ritmicidade endógena da planta, mas a duração do seu ritmo pode ser sincronizada, principalmente pelas condições de luminosidade (LIMA e VARGAS, 2014). É interessante notar que a presença de um relógio endógeno comprova que a planta não estaria realizando os movimentos foliares sensibilizada pela quantidade de iluminação natural que havia recebido (BEAR et al, 2017).

Anos mais tarde, em 1935, estudando as folhas em *Phaseolus multiflorus*, BUNNING percebeu que a duração de seus movimentos foliares varia de acordo com a espécie da planta. Essa constatação explicita a influência genética na manifestação fenotípica³ do relógio biológico (DEL VECCHIO e MIRANDA-NETO, 1997).

Hoje sabe-se que a codificação de algumas proteínas no decorrer do dia por certos genes é responsável pela ritmicidade nos seres vivos. A influência genética nos ritmos biológicos diários é muito importante pois permite a perpetuação da ritmicidade endógena e mostra como o movimento de rotação da Terra e os ciclos de claro/escuro, a ela associados, foram determinantes no processo de evolução dos seres vivos (LIMA e VARGAS, 2014).

A ritmicidade é, portanto, intrínseca da condição de matéria viva e crucial para a existência do ser huma-

no (ROTENBERG et al., 2003). Está presente nas diversas categorias de organização, seja nas formas mais simples de vida, como as cianobactérias, até os organismos mais complexos, como os mamíferos (MOURA e SILVA, 2010).

Como ser vivo, o homem também é dotado de ritmos e por meio deles pôde perpetuar sua existência, mesmo sob as mais adversas condições, uma vez que teve seu organismo regulado biológica e quimicamente ao longo de sua evolução (SILVÉRIO, 2003). Essa regulação se deu a partir de um processo seletivo no momento da organização primária do material biológico do homem, na qual fatores ambientais recorrentes e periódicos, entre eles a variação luminosa e climática, atuaram como elementos selecionadores (DEL VECCHIO e MIRANDA-NETO, 1997).

Como resposta da adaptação aos eventos cíclicos do meio, os seres vivos passaram a organizar suas funções biológicas numa distribuição temporal que varia com os ciclos de claro/escuro, os meses e os anos. A regularidade da organização temporal dos fenômenos biológicos é conhecida como ritmos biológicos (DEL VECCHIO e MIRANDA-NETO, 1997).

A ocorrência dos ritmos biológicos permitiu que os seres vivos pudessem habitar o planeta Terra em agrupamentos espaciais temporalmente sincronizados com as alterações que se sucedem a cada 24 horas no meio ambiente. A existência de ritmos biológicos nos humanos é muito importante pois contribui para a manutenção do equilíbrio do organismo através de uma

3 - determinada pelos genes, resulta em características visíveis

alternância de estados que se repetem de forma cíclica e que está em consonância com as mudanças do meio físico. Isso constitui um avanço evolutivo e permite a sobrevivência já que o organismo é capaz de prever com sucesso eventos periódicos da natureza, como a variação de iluminação, a disponibilidade de alimento, entre outros (MOURA e SILVA, 2010).

O simples ajuste com as condições do meio sem a existência de uma ritmicidade biológica endógena é uma desvantagem, já que é o caráter endógeno que possibilita a adaptação e antecipação frente ao meio (MOURA e SILVA, 2010). É importante ressaltar que a periodicidade de um ritmo endógeno não depende dos fatores externos para se manifestar, embora seja sincronizado pela ritmicidade externa (PEDRAZZOLI NETO, 2015).

A ocorrência dos ritmos biológicos caracteriza-se por apresentar, num intervalo de um ciclo, valores máximos (pico), mínimos (vale) e intermediários ajustados numa curva senoidal (PEDRAZZOLI NETO, 2015). Como os ritmos biológicos apresentam caráter oscilatório a utilização de parâmetros da física torna-se necessária para a compreensão da periodicidade dos ritmos. Entre os parâmetros utilizados na leitura da curva de um ritmo biológico estão:

- Período: duração de um ciclo
- Mesor: é a média, expressa numa reta, dos valores de uma variável
- Acrofase: valor máximo alcançado pela variável ao longo de um ciclo

- Amplitude: distância do mesor até o valor máximo alcançado pela variável

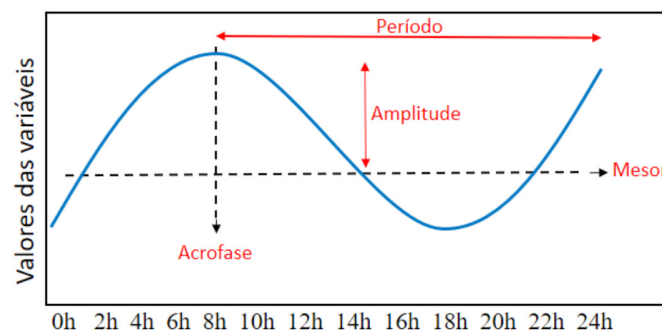


Figura 1 – Diagrama representativo dos movimentos oscilatórios dos ritmos biológicos. Fonte: FIGUEREDO, 2018.

Apesar de cada processo fisiológico expressar uma ritmicidade própria, todos oscilam mantendo relações temporais entre si (relações de fase). Na figura abaixo, por exemplo, no início da fase escura (período noturno) percebe-se a elevação da secreção de melatonina ao mesmo tempo em que ocorre a diminuição dos níveis de cortisol e esses dois eventos estão associados ao nível de luminosidade. A manutenção dessas relações harmônicas e da expressão endógenas frente

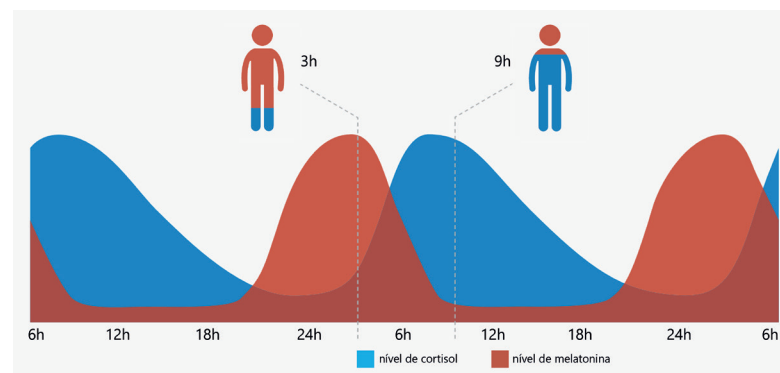


Figura 2 – Curva da variação dos níveis de cortisol e melatonina. Fonte: Adaptado de Licht.wissen 19 - Impact of Light on Human Beings

ao estímulo ambiental é o que determina um estado de boa saúde nos seres (PEDRAZZOLI NETO, 2015).

Os ritmos biológicos endógenos oscilam dentro de uma ampla diversidade de períodos, de acordo com o período, os ritmos biológicos podem ser classificados em: ultradianos, quando possuem duração inferior a 24 horas; infradianos, quando apresentam duração superior a 24 horas; e circadianos, quando a duração é de aproximadamente de 24 horas (SILVÉRIO, 2003).

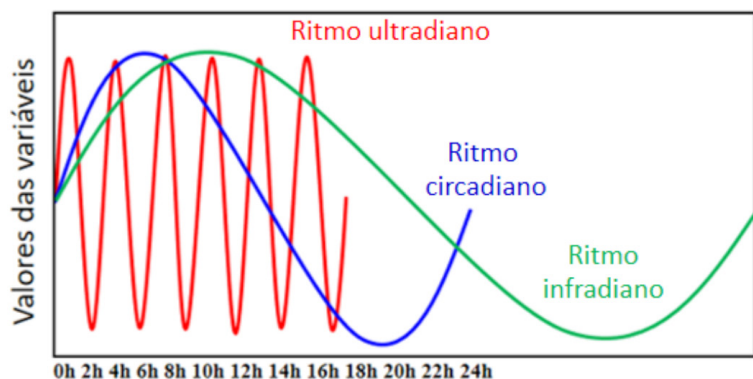


Figura 3 – Variedade de ritmos biológicos. Fonte: FIGUEREDO, 2018.

Apresentado pela primeira vez em 1959, por Halberg, o termo circadiano origina-se da expressão em latim “circa diem”, que significa “cerca de um dia” e define todos os ritmos que possuem temporalidade endógena e com período de aproximadamente 24 horas que são sincronizados com os ritmos ambientais que também possuem periodicidade de 24 horas (TUFIK, 2008).

Nos humanos, grande parte das funções biológicas e comportamentos seguem ritmos circadianos, tais como a temperatura corporal, sono-vigília, cortisol

plasmático, melatonina, excreção urinária de potássio e sódio, entre outros. Algumas funções psicológicas, como a memória de curto-prazo, o raciocínio lógico, o estado de humor, também possuem ritmicidade circadiana (SILVÉRIO, 2003).

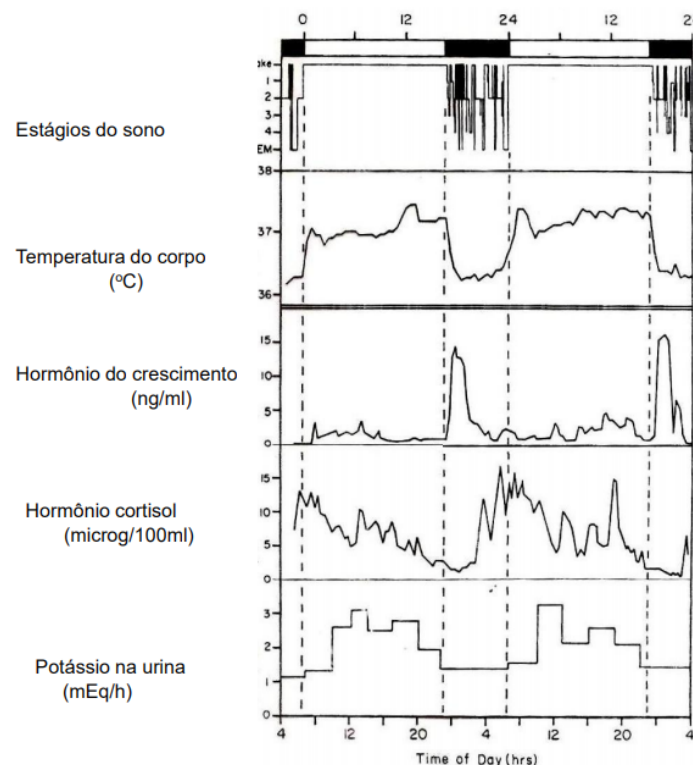


Figura 4 – Exemplos de ritmos circadianos. Fonte: Adaptado de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3604546/mod_resource/content/1/AULA4NEURO2017.pdf (acesso em 15/06/2019).

O ritmo de temperatura corpórea é um dos principais ritmos circadianos e apresenta oscilações conhecidas e estáveis com período próximo a 24 horas. É predominantemente modulado pelo marcapasso circadiano, o núcleo supraquiasmático (NSQ), e por atvida-

des que mascaram o ritmo de temperatura endógeno, como o sono, atividades físicas, mudanças posturais, temperatura ambiental, refeições, ciclo claro-escuro ambiental. Outro exemplo de ritmo circadiano é o ritmo de atividade e repouso, considerado um ótimo marcador circadiano já que interfere e é afetado por mudanças fisiológicas periféricas (MORAES, 2011).

Os ritmos que apresentam uma frequência circadiana são gerados e sincronizados pelo Sistema de Temporização Circadiana (STC). O STC apresenta como principal componente e oscilador central, o núcleo supraquiasmático (LIMA e VARGAS, 2014). Situado no hipotálamo ele atua de maneira conjunta a uma série de osciladores periféricos, identificados em locais como fígado, sistema respiratório, tireoide, tecido adiposo, sistema gastrointestinal, adrenais, e assim é capaz de sincronizar o ritmo das outras células do corpo conferindo ao organismo a capacidade de antever as mudanças externas (MORAES, 2011). Fatores genéticos ou ambientais que prejudiquem a sincronia podem originar uma série de distúrbios fisiológicos, inclusive algumas formas de câncer (LIMA e VARGAS, 2014).

Os ritmos biológicos podem ser afetados por uma variedade de indicadores externos, sejam eles sociais, culturais, climáticos. Há, porém, alguns marcadores externos que são capazes de sincronizar os ritmos biológicos, dada sua recorrência e periodicidade. Esses marcadores são denominados zeitgebers (ou sincronizadores). Dentre todos esses elementos externos, a luz é o fator de maior impacto na sincronização dos ritmos e, portanto, o zeitgeber mais influente (GRONFIER et al., 2008 apud MARTAU, 2009, p.130).

A resposta a um zeitgeber (claro/escuro) resulta no arrastamento dos ritmos, isto é, no ajuste temporal do dia interior (ritmos endógenos) ao dia exterior (ritmos exógenos). Dependendo da intensidade e do momento do dia em que se deu o estímulo por um zeitgeber, os ritmos endógenos podem expressar um efeito de encurtamento dos períodos (avanço de fase), de alongamento (atraso da fase) ou não impactar a manifestação de um ritmo (FOSTER; KREITZMAN, 2004 apud PEDRAZZOLI NETO, 2015, p.6). Na ausência de um zeitgeber, o ritmo ocorre em curso livre, num período que difere das 24 horas (MOTA, 2010).

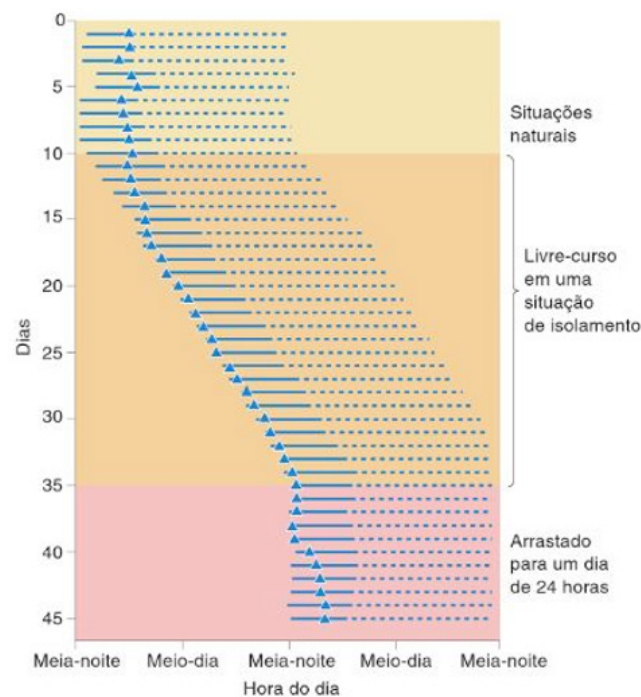


Figura 5 - Representação de um ritmo em livre-curso: o diagrama acima representa o ciclo de sono (linhas cheias) e vigília (linhas tracejadas). Cada linha equivale a um dia e os triângulos correspondem ao momento de menor temperatura corpórea. Fonte: JANSEN, J.M. et al., 2007.

A persistência da ritmicidade biológica na ausência de pistas temporais foi demonstrada em vários estudos que comprovaram seu caráter endógeno. Em um deles, 50 pessoas foram mantidas, sem contato umas com as outras, num espaço subterrâneo com isolamento acústico e sem contato com qualquer marcador temporal, inclusive relógios. Durante o confinamento a temperatura retal foi registrada constantemente e amostras de urina colhidas periodicamente. Percebeu-se que após 23 dias nessas condições, todos os indivíduos apresentaram seus ritmos circadianos em livre curso, sendo a média para o ciclo de sono/vigília variando entre 23,9h e 50h (ASCHOFF et al, 1967).

A variação da luminosidade é, portanto, um estímulo essencial de ajuste dos ritmos biológicos endógenos dos seres vivos e tão poderoso que mesmo em alguns seres congenitamente cegos ainda se percebe uma resposta circadiana pelo estímulo da luz. Quando há um quadro de cegueira completa geralmente observa-se o comprometimento da sincronização circadiana além da manifestação recorrente de insônia.

Um estudo, entretanto, mostrou que alguns pacientes cegos são capazes de manifestar resposta ao estímulo luminoso. Nesse estudo, 11 pacientes sem percepção visual da luz e 6 indivíduos com visão normal foram submetidos à exposição de luz branca na tentativa de entender o que acontecia com a concentração plasmática de melatonina e a periodicidade circadiana. Percebeu-se que 3 dos 11 pacientes cegos apresentaram supressão na secreção de melatonina quando expostos à luz branca, expressão da ritmicidade circadiana preservada além de não relatarem dificuldades para

dormir. Isso mostra que em alguns casos de cegueira as vias responsáveis por enviar os estímulos visuais luminosos permanecem íntegras (CZEISLER et al, 1995).

O que não se compreendia era como em alguns casos de cegueira os seres continuavam a expressar ritmicidade circadiana mesmo na ausência de cones e bastonetes, as únicas células fotorreceptoras da retina conhecidas até então (BEAR et al, 2017). A resposta para essa dúvida veio com o entendimento dos mecanismos de controle do ritmo claro/escuro pela captação da luz na retina, através da descoberta de um terceiro tipo de fotorreceptor por David Berson, em 2002 (MARTAU, 2009).

2.2 - Cronotipos

Apesar de todos os seres humanos serem dotados de ritmicidade endógena a compreensão da organização temporal dos mecanismos que regulam as diversas funções no organismo apresenta diferenças individuais de fase circadiana, que caracteriza o cronotipo. A fase circadiana pode ser analisada em relação aos níveis de hormônio no sangue, temperatura corporal, padrões de sono e revela em que momento do dia a fase é ativa (LEVANDOVSKI et al, 2013).

Na literatura há diversos conceitos atribuídos a cronotipo. Normalmente sua definição é meramente reduzida aos hábitos de sono, mas além da organização temporal do ciclo sono/vigília, o que inclui os horários de início do sono e despertar, sua análise também compreende o momento, durante o dia, de maior disposi-

ção física e mental.

A partir da definição de cronotipos, a população pode ser classificada em indivíduos matutinos, intermediários ou vespertinos. Pessoas com perfil matutino tem preferência em dormir e acordar cedo e apresentam níveis de alerta mais elevados pela manhã, enquanto que os vespertinos exibem tendência à horários de início do sono e despertar mais tardios e maior alerta e disposição no período da tarde e noite. Indivíduos intermediários possuem maior flexibilidade para os hábitos de sono e estado de alerta (MARTINO E BASTO, 2009).

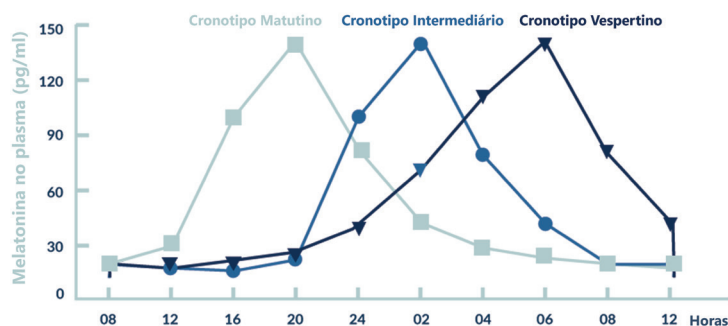


Figura 6 – Cronotipos humanos. Fonte: Adaptado de Instituto Internacional de la Melatonina (disponível em: <https://sub-z.com.mx/el-cronotipo-y-su-importancia>, acesso em 30/09/2019).

A identificação e classificação de acordo com o tipo de cronotipo é feita por meio de diversos questionários, cada um deles com uma abordagem específica. As escalas mais comumente utilizadas na literatura são o Questionário de Cronotipo (Morningness-Eveningness Questionnaire – MEQ), estabelecido por Horne & Ösberg em 1976 e Questionário de Cronotipo de Munique (Munich Chronotype Questionnaire – MCTQ) definido por Roenneberg e outros pesquisadores em 2004 (KIVELÄ et al, 2018).

O cronotipo é uma característica que pode influenciar na adaptação ao trabalho em turnos e noturno e deveria ser levado em consideração na elaboração e distribuição das jornadas de trabalho. Estudos mostraram que pessoas com perfil matutino apresentam regularidade e maior dificuldade em prorrogar os horários de sono, enquanto os vespertinos possuem maior adaptabilidade às variações no ciclo sono/vigília (DUFFY et al., 1999; VIDACEK et al., 1995; HARMA, 1993 apud VASCONCELOS, 2014).

A expressão dos diferentes cronotipos varia entre os indivíduos e depende de fatores como hereditariedade, influências ambientais, idade, sexo. No entanto, ainda não se sabe se a manifestação do cronotipo é resultado da influência direta do ritmo endógeno ou fruto de interferência de pistas externas, como interações e horários sociais (LEVANDOVSKI et al, 2013).

2.3 - O mecanismo da visão e a descoberta de um novo fotorreceptor

Para que se entenda melhor como se dá a influência da iluminação nos ritmos biológicos é necessário que se tenha uma compreensão básica da fisiologia da visão. Sabe-se que a visão não ocorre nos olhos, mas sim no cérebro, no entanto é nos olhos que o processo visual se inicia. A luz e as imagens que se fazem presentes no cotidiano do homem são captadas pelos olhos e chegam invertidas até a retina.

Uma vez na retina, a luz se depara com uma disposição de células em camadas. Primeiramente percorre

a camada das células ganglionares, passa para a camada das células bipolares e finalmente atinge os fotorreceptores, cones e bastonetes. Na retina os fotorreceptores (células sensíveis à iluminação) são estimulados e através de impulsos nervosos as mensagens visuais são enviadas pelo nervo óptico e atingem o córtex visual do cérebro (BEAR et al., 2017).

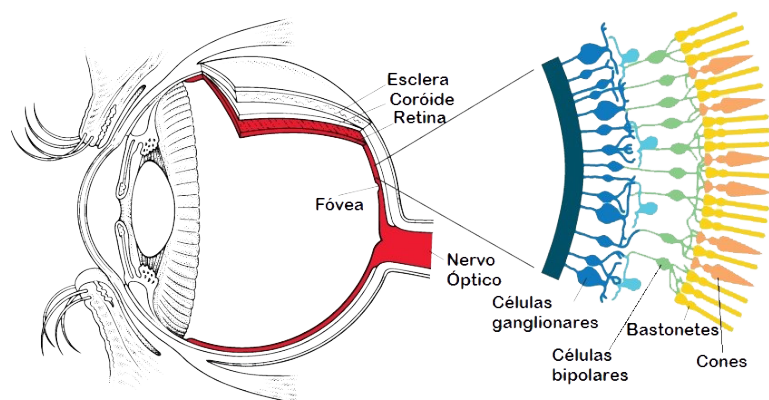


Figura 7 - Representação das camadas de células da retina, entre elas os cones e bastonetes. Fonte: <http://www.inled.ind.br/luminaria-led-alto-brilho-x-vapor-de-sodio> (acesso em 05/06/2019).

Sabia-se que existiam dois tipos de fotorreceptores, responsáveis pela resposta visual à luz: os cones, sensíveis à iluminação alta e responsáveis pela visão fotópica; e os bastonetes, sensíveis à iluminação baixa e responsáveis pela visão escotópica. A luz captada pelos fotorreceptores estimula seus fotopigmentos: no cone são as opsinas e nos bastonetes, as rodopsinas.

Cones e bastonetes possuem sua estrutura dividida em quatro zonas compostas por: um segmento externo, outro interno, um corpo celular e terminais sinápticos. No segmento externo ambos os fotorreceptores

apresentam discos, muito mais numerosos nos bastonetes, e que contém em sua membrana fotopigmentos sensíveis à luz. A maior sensibilidade dos bastonetes à luz explica sua capacidade de permitir a visão mesmo sob baixas intensidades luminosas, diferente dos cones que favorecem a visão que aproveita a luz do dia (BEAR et al 2017).

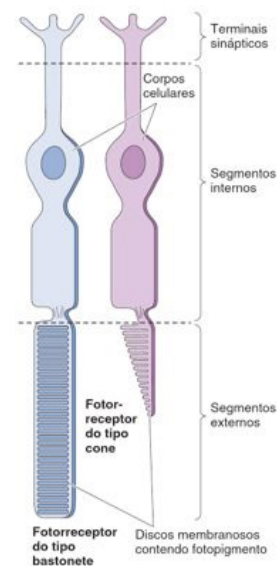


Figura 8 - Representação da estrutura de bastonetes (esquerda) e cones (direita). Fonte: BEAR et al, 2017.

Embora os bastonetes sejam mais eficientes para a captação de luminosidade, a adaptação ao claro/escuro é mais rápida nos cones. Além disso, a percepção das cores é mais eficientemente distinguida pelos cones, compostos por três tipos de células fotorreceptoras, cada uma com pico sensibilidade para um determinado comprimento de onda: cones S, possuem pico no comprimento de 437nm, correspondente à cor azul; cones M, para a cor verde no comprimento de 535nm

e cones L, para a cor vermelha de comprimento 570nm. Os bastonetes possuem apenas um tipo de célula cujo pico de resposta está no comprimento de 507nm (DIAS, 2016).

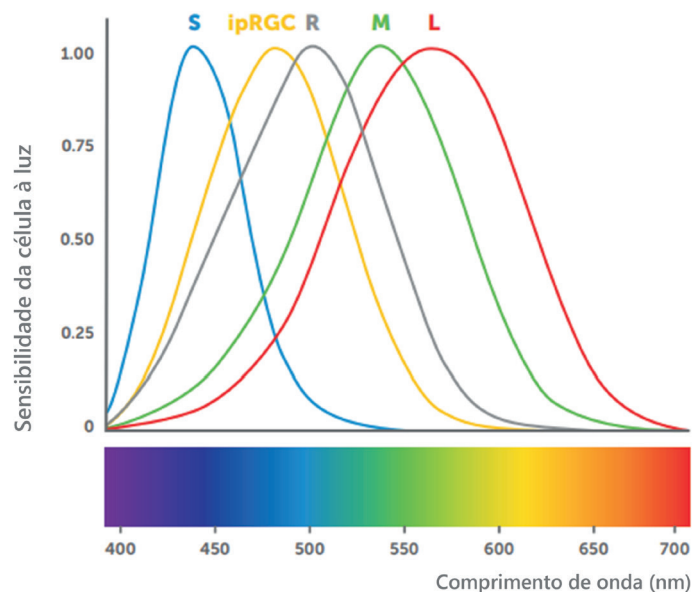


Figura 9 – Curvas de sensibilidade dos 3 tipos de fotoreceptores (cones, bastonetes e ipRGC). Fonte: Blue Light Aoteaora - Impacts of artificial blue light on health and the environment, 2018.

Os bastonetes são mais numerosos que os cones. Estima-se uma quantidade de 5 milhões de cones para 92 milhões de bastonetes (BEAR et al 2017). Dentre os 5 milhões de cones a proporção que existe entre cones para os comprimentos amarelo, verde e azul é de respectivamente 32:16:1 (BOYCE, 2014 apud SOARES, 2017, p.74).

A sensibilidade humana para os diversos comprimentos de onda da luz depende da adaptação da retina às diferentes condições de luminosidade e da faixa de

absorção de cada fotopigmento. Quando em ambientes escuros a curva de sensibilidade espectral da visão é deslocada para comprimentos de onda mais curtos. Essa condição é chamada de visão escotópica. A adaptação a ambientes mais claros, visão fotópica, resulta da ação integrada dos fotopigmentos presentes nos três tipos de cones. Como a proporção de cones com sensibilidade para a cor amarela predomina, a curva da visão fotópica tende a manifestar um pico em torno de 560nm, enquanto que o pico da curva para a visão escotópica é semelhante ao da curva de bastonetes, com pico de 500 nm (BORON e BOULPAEP, 2015).

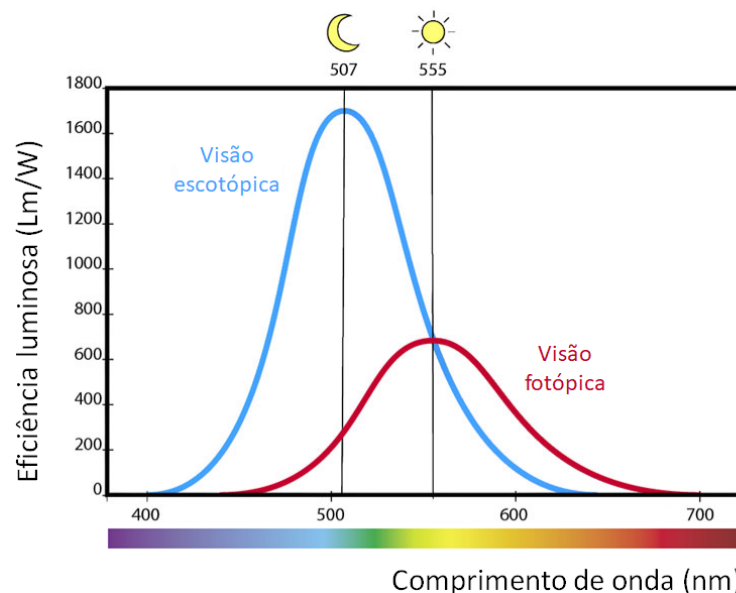


Figura 10 - Gráfico da visão escotópica e fotópica. Fonte: Adaptado de http://www.primalenceuk.com/image_display?ppid=936&ccid=1174&blid=6&k=1 (acesso em 15/06/2019).

A influência da luz nos mecanismos de controle dos ritmos biológicos tornou-se melhor compreendida

com a descoberta de um terceiro tipo de fotorreceptor na retina de mamíferos em 2002, por David Berson (BERSON et al, 2002). Trata-se das “células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis” (ipRGCs), um tipo fotorreceptor incomum pois, diferentemente dos cones e bastonetes, não é responsável pela percepção visual, além disso são um tipo de células ganglionares sensíveis à luz (por isso também são fotorreceptoras) e que apresentam um fotopigmento, a melanopsina, que não se encontra nos cones e bastonetes (BEAR et al, 2017). A descoberta dessas células fotorreceptoras foi extremamente impactante nas pesquisas que buscavam entender as características da luz que influenciam a ativação das respostas biológicas no organismo (EDELSTEIN et al., 2008, apud MARTAU, 2009, p.128).

Inicialmente descoberta na retina de ratos, essas células fotorreceptoras fazem parte do caminho biológico pelo qual os efeitos não visuais da luz são interpretados (MARTAU, 2009). Diferente dos cones e bastonetes que são responsáveis pela visão formadora de imagens, o novo tipo de célula fotorreceptora detectada por Berson está relacionado com a fotorrecepção sem imagens e regula a sincronização fótica circadiana, além de chegar a outras regiões cérebro, como os núcleos supraquiasmáticos (BOMMEL e BELD, 2004).

Esse novo tipo celular recebe o nome de células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs). Trata-se de um tipo de células ganglionares da retina que representam aproximadamente 2% do total dessa camada de células. Sabe-se que existem pelo menos 5 subtipos de células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis, que atingem diversas regiões no cérebro. Seu

pigmento fotossensível é a melanopsina, cujo pico de absorção está na faixa dos comprimentos de onda curtos de 460 a 480 nm, correspondente à cor azul (DIAS, 2016).

Apesar de fundamentais na sincronização circadiana, as células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis não são as únicas responsáveis pela resposta não visual da luz. Cones e bastonetes também colaboram no processo de sincronização (DIAS, 2016). Em um experimento realizado em ratos, descobriu-se que cones e bastonetes foram capazes de enviar sinais ao núcleo supraquiasmático (NSQ), já que foram captados sinais de atividade elétrica pelos neurônios do NSQ com limiares espectrais que correspondiam aos picos de sensibilidade de cones e bastonetes (AGGELOPOULOS e MEISSL, 2000 apud DIAS, 2016, p.17).

Em outro experimento, foi registrado o ajuste circadiano ao ciclo claro/escuro bem como ritmos em livre curso na presença da escuridão constante, em camundongos transgênicos com ausência de melanopsina (PANDA et al, 2002 apud DIAS, 2016, p.17). Assim cones, bastonetes e ipRGCs formam um sistema associado e que possui funções complementares (TOSINI, 2016).

Diferente do mecanismo de funcionamento da resposta visual da luz, a informação codificada na retina pode percorrer outro caminho e gerar respostas não visuais, resultando na sincronização dos ritmos biológicos endógenos. No caminho não visual a luz, após passar pela retina, percorre por fibras nervosas conhecidas como trato retino-hipotalâmico (TRH), que ligam neurônios da retina ao núcleo supraquiasmático, no

hipotálamo. Essas fibras nervosas são consideradas a principal via de sincronização ao ciclo claro-escuro ambiental (DUARTE, 2008). Ao atingir o núcleo supraquiasmático (NSQ), a luz segue por uma via que se projeta até o gânglio cervical superior da coluna vertebral e que conduzirá a luz até a glândula pineal (SOARES, 2017). Além desses dois caminhos, o estímulo luminoso ainda pode induzir respostas do reflexo visuopostural, após alcançar a região do mesoencéfalo (FEITOSA-SANTANA e MENNA-BARRETO, 2007).

Assim como o núcleo supraquiasmático, a glândula pineal faz parte do sistema de temporização circadiano, sendo o NSQ o mais importante sincronizador endógeno. É na glândula pineal que ocorre a secreção do hormônio melatonina (MARTAU, 2009).

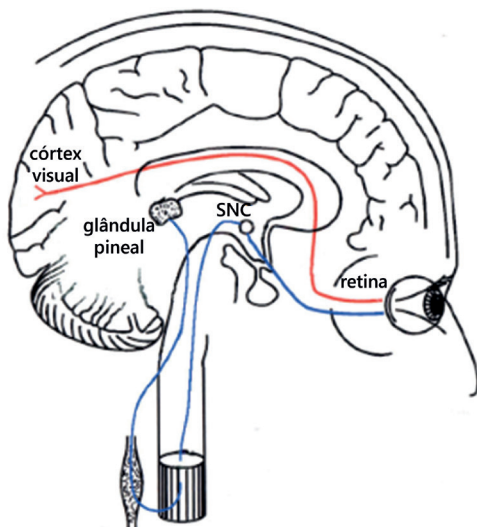


Figura 11 - Caminhos biológicos e visuais da luz no cérebro: a linha vermelha representa a conexão nervosa entre retina e córtex visual enquanto que a linha azul mostra a conexão entre a retina, o núcleo supraquiasmático (NSQ) e a glândula pineal. Fonte: Adaptado de BOMMEL, 2004.

A melatonina tem aumento da sua síntese à noite, na ausência de luz e está associada ao ciclo claro/escuro. Sua secreção desencadeia o aumento do estado de sonolência e por isso é considerada um “facilitador do sono”, sendo sua administração recomendada para casos de distúrbios do sono e desregulação dos ritmos circadianos. A liberação de melatonina é tão sensível à luz que a exposição luminosa à noite é capaz de inibir instantaneamente sua síntese e em poucos minutos sua concentração no plasma sanguíneo é reduzida a um valor mínimo (TUFIK, 2008).

Referências Bibliográficas - introdução e capítulo 02

ASCHOFF, J.; GERECHE, U.; WEVER, R. Desynchronization of human circadian rhythms. *The Japanese Journal of Physiology*. v.17, n.4, p. 450 - 457, 1967.

ANDRADE, C. A História do Ambiente de Trabalho em Edifícios de Escritórios - Um Século de Transformações. São Paulo: C4 Editora, 2007. 96 p.

BEAR, M. F., CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. 4ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1016 p.

BOMMEL, W. J. M. VAN; BELD, G. J. VAN DE, A iluminação no trabalho: efeitos visuais e biológicos. Philips Lighting. Holanda. 2004.

BORON, W.; BOULPAEP, E. L. Fisiologia Médica. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 1352 p.

BOYCE, P. R. Human Factors in Lighting. 2ª ed. London and New York: Taylor & Francis, 2003. 602 p.

CZEISLER, C. A.; SHANAHAN, T. L.; KLERMAN, E. B.; MARTENS, H.; BROTMAN, D.J.; EMENS, J. S.; KLEIN, T.; RIZZO, J. F. Suppression of melatonin secretion in some blind patients by exposure to bright light. *The New England Journal of Medicine*. v. 332, n. 1, p. 6 - 11, 1995.

DEL VECCHIO, L.H.G.; MIRANDA-NETO, M.H. Fundamentos de cronobiologia como base para compreensão dos três eixos que norteiam o programa de ciências do currículo básico para as escolas públicas do Paraná. *Arq Apadec*, v.1, n.1, p. 17 - 27, 1997.

DIAS, R. M. S. L. Efeito do comprimento de onda e da intensidade de luz sobre o ritmo circadiano de atividade motora em saguis (*Callithrix jacchus*). 2016. 107p. Tese (Doutorado em Psicobiologia) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2016.

FEITOSA-SANTANA, C.; MENNA-BARRETO, L. Os Três Caminhos da Luz. In: Simpósio Visão Humana: Fundamentos Básicos; Eletrofisiologia, Psicofísica e Interfaces Clínico-Científicos, 2007, São Paulo (2006). *Cadernos da Primeira Oficina de Estudos da Visão*. São Paulo: IP-USP (NeC), 2007. v. 1. p. 36-39.

KIVELÄ, L., PAPADOPOULOS, M.R., ANTYPÄ, N. Chronotype and Psychiatric Disorders. *Current Sleep Medicine Reports*. v. 4, n. 2, p. 94 - 103, 2018.

LEVANDOVSKI, R.; SASSO, E.; HIDALGO, M. P. Chronotype: a review of the advances, limits and applicability of the main instruments used in the literature to assess human phenotype. *Trends Psychiatry Psychother*. Porto Alegre, v. 35, n. 1, p. 3 - 11, 2013.

LIMA, L. E. B. L.; VARGAS, N. N. G., O Relógio Biológico e os ritmos circadianos de mamíferos: uma contextualização histórica. *Revista da Biologia*, v.12, n. 2, p. 1 - 7, 2014.

MARTAU, B.T. A luz além da visão: iluminação e sua influência na

saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.

MARTINO, M.; BASTO, M.M. Qualidade do sono, cronotipos e estado emocional, o caso de enfermeiros portugueses que trabalham por turnos. *Pensar em Enfermagem*, v. 13, n. 1, p. 49 - 60, 2009.

MORAES, C. A. Avaliação do acoplamento entre ritmos atividade-reposo e temperatura cutânea em uma amostra de pacientes deprimidas. 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

MOTA, D. P. N. Importância dos ritmos circadianos na nutrição e metabolismo. 2010. 57 p. Monografia – Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto, Porto. 2010.

MOURA, L. N. de; SILVA, M. L. Fundamentos evolutivos da ritmicidade biológica. In: Grauben Assis, Regina Brito e William Lee Martin. (Org.). *Estudos do Comportamento II*. Belém: EDUFPA, 2010, v. II, p. 157-176.

NEGRÃO, A. T. L. O impacto da luz artificial nos espaços arquitectónicos para uma metodologia de projecto de iluminação integrada na concepção arquitectónica. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Instituto Superior Técnico. Lisboa. 2013.

PEDRAZZOLI NETO, M. A ilusão dos relógios: uma ameaça à saúde. *Revista de Estudos Culturais*, n. 2, p. 1 - 5, 2015.

ROTENBERG, L; MARQUES, N. e MENNA-BARRETO, L. História e perspectivas da Cronobiologia. In: MARQUES N. e MENNA-BARRETO L. (org) *Cronobiologia: princípios e aplicações*. 3 ed. São Paulo: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2003, p. 31-53.

SILVÉRIO, J. M. A., Factores psicológicos e cronobiológicos do rendimento desportivo. 2003. 231p. Tese (Doutorado em Psicologia) - Universidade do Minho, Braga. 2003.

SOARES, R. Efeitos da luz na saúde humana. Revista *Lumière Electric*, n. 228, p. 74 – 78, 2017.

TOSINI, G., FERGUSON, I.; TSUBOTA, K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Molecular Vision*, v. 22, p. 61-72, 2016.

TUFIK, S. *Medicina e Biologia do Sono*. Barueri: Manole, 2008. 508p.

VASCONCELOS, S. P. Organização temporal do trabalho e exposição à luz e suas repercussões no ciclo vigília-sono e secreção de melatonina de trabalhadores de uma reserva extrativista amazônica. 2014. 166p. Tese (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.

03.

LUZ E LED

3.1 - História da iluminação artificial	27
3.2 - O LED como fonte de luz artificial	31
3.3 - LED e ritmos circadianos	34

3.1 - História da iluminação artificial

O termo “iluminação artificial” faz alusão a toda fonte de iluminação fruto da intervenção humana e sua origem é tão remota quanto à própria história da humanidade. Com a descoberta e controle do fogo pelo homem primitivo, a luz artificial além de viabilizar a iluminação no período noturno era uma fonte de calor.

Em princípio, a dificuldade na obtenção de fogo criou a necessidade de prolongar a duração da chama. Mais tarde, a dissociação da produção de calor e luz aliada a necessidade de obter uma iluminação constante e durável resultou na produção de luz e sua conservação em lâmpadas de pedra, barro e metal, a partir da queima de óleo vegetal e animal.

O formato das lâmpadas de barro e metal variou e num dado momento surgiram lâmpadas com um pequeno orifício para introdução de graveto ou um pedaço de tripa. A utilização desses materiais, embebidos em óleo, funcionava de maneira similar a um pavio e além de direcionar as chamas, sua queima permitia que o óleo do interior da lâmpada conservasse sua pureza (DERZE, 2014).

A invenção do pavio abriu caminho para sua utilização em velas. Em uso desde o século I d.C., as velas eram produzidas a partir da gordura animal e seu pavio era composto por gravetos de pinheiro. Em comparação às tochas, a chama das velas permitia um tempo de iluminação maior, no entanto seu elevado valor a tornou inacessível para as classes mais pobres da sociedade, que continuaram a utilizar as lâmpadas à óleo

(DERZE, 2014).

Por muito tempo a iluminação esteve limitada à luz solar ou à chama proveniente do fogo. Até a descoberta e disseminação da lâmpada incandescente foram desenvolvidos muitos tipos de luminárias, especialmente lanternas, castiçais, lustre e arandelas, o que resultou em fontes artificiais mais compactas e de fácil transporte e manuseio, que o homem poderia ter à sua disposição.



Figura 12 - Luminárias com chama pela queima de óleo ou vela. Fonte: Adaptado de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eclairage.png> (acesso em 30/10/2019).

No entanto, apesar de muitas luminárias possuírem um grande valor estético seu poder luminoso permaneceu inalterado, já que sua iluminação era proveniente da chama do fogo, que apresenta um brilho mais fraco quando comparada com a iluminação solar, mais potente e de alta qualidade. Assim, as pessoas se posicionavam próximas às fontes de luz ou as posicionavam diretamente ao objeto que se pretendia iluminar. Para obter ambientes bem iluminados, após o entardecer, eram necessárias várias luminárias, o que era inviável para a maior parte da população, dado seu alto custo.



Figura 13 (acima) e Figura 14 (à esquerda) - Ilustrações que representam a utilização de luminárias pela chama do fogo no ambiente doméstico. Fonte: The History of Light and Lighting, Philips Lighting.

Se no ambiente doméstico as lamparinas à óleo já tinham se estabelecido, no espaço público a iluminação artificial foi introduzida tardiamente, de modo que somente no século 16 o compromisso com a iluminação das vias públicas passou a ser responsabilidade dos governantes. Assim, a partir de um plano de iluminação dos espaços públicos, luminárias alimentadas por óleos foram instaladas nos cantos das casas por pequenas treliças metálicas ou suspensas por cabos que cruzavam as ruas (FILHO, 2010).

O óleo utilizado para a iluminação pública era derivado da baleia e conhecido como espermacete. Seu emprego foi consequência do aumento da caça das baleias para fins de consumo, com o aumento das navegações no Atlântico. Assim descobriu-se que seu óleo produzia um brilho superior ao das outras substâncias já usadas além da possibilidade de ser usado em larga escala, já que cada baleia oferece em média sete mil litros de óleo (DERZE, 2014). Infelizmente essa descoberta provocou o aumento da caça de baleias.

A iluminação a gás surgiu no final do século 18, na Inglaterra, quando William Murdoch descobriu uma forma para armazenamento do gás em reservatório, o que se tornou o grande diferencial da iluminação a gás. No entanto, apesar da possibilidade de ser encanada, o grande risco de vazamentos e alto custo na implantação deste sistema limitou fornecimento às residências (FILHO, 2010).

Apesar disso, a iluminação a gás teve amplo alcance e seu uso estendeu-se para países fora do continente europeu, onde substituiu o antigo sistema que



Figura 15 - Iluminação pública com luminária à óleo. Fonte: <http://reficio.cc/publicacoes/rio-antigo/iluminacao-a-gas/> (acesso em 30/10/2019).



Figura 16 - Iluminação pública com luminária à óleo. Fonte: <https://martaiansen.blogspot.com/2015/08/iluminacao-noturna-das-lampadas-a-oleo-a-luz-eletrica.html> (acesso em 30/10/2019).

se baseava na utilização de óleos vegetais e animais. Os lampiões a gás eram instalados em postes, presos a hastes metálicas nas esquinas ou suspensos no meio da rua (FILHO, 2010).

As mudanças decorrentes da iluminação artificial se estabeleceram de maneira diferente entre as classes sociais e por vezes até mesmo acentuou a já existente diferença entre as classes. A iluminação a gás e posteriormente a elétrica se espalharam primeiramente entre as classes mais abastadas para só depois alcançar as classes mais baixas da sociedade. Isto, aliado ao alto custo do gás e da eletricidade no começo do século 20 tornaram a presença da luz artificial um símbolo de status (Mark, 2017)

Um grande avanço no desenvolvimento de fontes de luz artificiais ocorreu quando foram dados os primeiros passos bem-sucedidos para aumentar a emissão de luz da chama. Isso ocorreu em 1783, paralelamente aos avanços com a iluminação a gás, quando Ami Argand, um físico suíço, inventou uma lâmpada capaz de enviar mais oxigênio para a chama do fogo, resultando no aumento da luminosidade. Outra inovação introduzida pela lâmpada de Argand foi um regulador que possibilitava o controle da intensidade da chama.

Ao longo do século 18, uma série de experimentos tentaram explorar a criação de luz sem combustão bem como compreender melhor a produção de corrente elétrica e formas para seu armazenamento. Em 1745, Pieter Van Musschenbroek, professor na Universidade de Leiden (Holanda), produziu descarga elétrica ao encostar uma haste de metal na tampa metálica de uma

garrafa de vidro, que continha um pouco de água e fios de metal conectados a uma esfera de enxofre. Essa descoberta ficou conhecida como jarra de Leiden e resultou no armazenamento de eletricidade (DERZE, 2014).

No século 19 ocorreram vários estudos envolvendo a eletricidade e a concepção de lâmpadas de filamento. Num deles, em 1802, o químico inglês Humphry Davy obteve uma descarga elétrica azulada entre duas hastes de carvão associadas a fios e conectados a uma enorme pilha composta por 150 blocos de metal com placas de zinco e cobre mergulhadas numa solução de água e ácido nítrico. Esse sistema recebeu o nome de arco voltaico. As lâmpadas de arco voltaico emitiam um brilho equivalente a oitocentas velas acesas (DERZE, 2014).

Em 1808, Davy percebeu que quando inseridas num bulbo à vácuo, o arco luminoso formado entre as hastes de carvão passava de 10cm (ao ar livre) para 18cm (DERZE, 2014, apud ALGLAVE E BOULARD, 1882). Mais tarde, em 1876, com o russo Paul Jablochhoff, as hastes deixaram de ser posicionadas verticalmente uma de frente para a outra para passarem a ser organizadas paralelamente, resultando na formação de dois arcos voltaicos, cada um numa extremidade das hastes (DERZE, 2014).

Ainda no século 19 outro tipo de lâmpada elétrica foi criado. Em 1820, Warren de la Rue inseriu um filamento de platina dentro de um tubo de vidro e observou que quando submetido à eletricidade, o metal aquecia até incandescer e emitir luz. Esse ensaio resultou na criação da lâmpada elétrica incandescente (WA-

NDERLEY, 2014). No entanto, como a platina derretia com a passagem de corrente elétrica, seu uso em larga escala não foi viável. Ainda assim sua descoberta foi muito importante pois abriu caminho para outros experimentos envolvendo outros tipos de filamentos e que culminaram, em 1879, na lâmpada elétrica incandescente desenvolvida por Thomas Edison.

A lâmpada de Thomas Edison consistia num filamento de algodão envolto numa camada de querosene carbonizado, tornando o fio de algodão mais espesso e rico em carbono, motivo que originou o nome lâmpada com filamento de carbono. A iluminação resultante dessa lâmpada teve duração de 40 horas. No ano seguinte, Thomas Edison substituiu o algodão por bambu e obteve uma lâmpada cuja luz durava seiscentas horas. Em 1909, a General Electric, empresa criada por Thomas Edison, descobriu que o tungstênio era capaz de resistir a elevadas temperaturas e resultar numa iluminação de maior intensidade com o mesmo consumo energético dos materiais utilizados anteriormente (DERZE, 2014).

Após o surgimento da lâmpada incandescente de Edison outros estudos levaram ao aparecimento de novos tipos de lâmpadas elétricas como a lâmpada de vapor de mercúrio, em 1892, que chegou a produção industrial por meio do americano Peter Cooper Hewitt, conhecida como lâmpada fluorescente tubular, pois consiste num tubo com interior revestido com tinta fluorescente à base de fósforo, que torna visível a radiação ultravioleta produzida a partir do aquecimento de uma porção de mercúrio pela passagem de corrente elétrica. Seu uso tornou-se amplamente disseminado a partir da década de 30 (DERZE, 2014).

Em 1910, foi criada a lâmpada de neon, também conhecida como lâmpada de cátodo frio, a partir da combinação de diversos gases pelo químico francês Georges Claude, o que resultou na possibilidade de emissão de luz de diferentes cores. Essa característica foi amplamente explorada como ferramenta de marketing e comunicação visual, motivo pelo qual essa lâmpada foi muito utilizada nas fachadas de muitos estabelecimentos comerciais. No entanto, essas lâmpadas possuíam uma alta depreciação num curto período, além de operar com uma tensão de partida alta e exibir baixa reprodução de cores (DERZE, 2014).

Nos anos de 1930 apareceram as lâmpadas de mercúrio de alta pressão e mais tarde nas décadas de 1950 e 1960, as lâmpadas de vapor metálico e de vapor de sódio, cujo uso se deu principalmente na iluminação das vias públicas. Ainda na década de 60, Nick Holoniack Jr. produziu o LED (Lighting Emitting Diode), uma inovação na iluminação artificial a partir de estudos sobre eletroluminescência, fenômeno descoberto em 1907 (DERZE, 2014).

3.2 - O LED como fonte de luz artificial

Uma das fontes de maior impacto no sistema de sincronização circadiana e um exemplo do que há de mais promissor em tecnologia de iluminação, a utilização dos diodos emissores de luz, conhecidos como LEDs hoje está em ascensão. Nos últimos anos, o aprimoramento das características do LED, tornou esta uma fonte cada vez mais vantajosa, contribuindo para au-

mentar seu uso nos projetos luminotécnicos. (MOURA et al, 2015). Apesar do recente aumento no emprego do LED, sua origem remonta à década de 60.

O LED é um componente que está classificado na família dos dispositivos semicondutores e tem como princípio de funcionamento a eletroluminescência, isto é, a conversão de energia elétrica em luz. Outros exemplos de dispositivos dessa família são diodos, painéis eletroluminescentes, diodos à laser, infravermelhos e painéis de LED (LOPES, 2014). Sua emissão de luz ocorre numa determinada faixa do espectro visível, principalmente nas cores azul, vermelho, verde e branco e suas combinações.

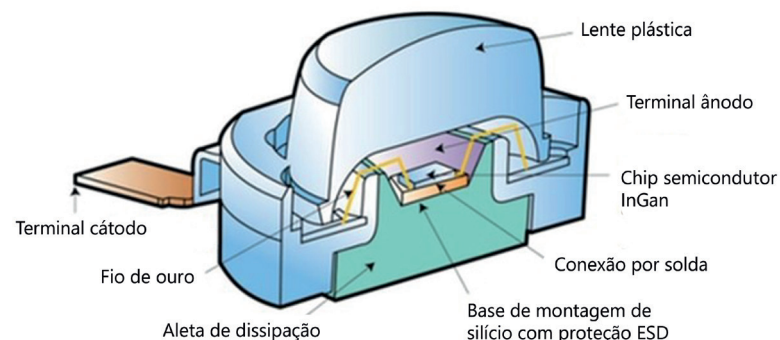


Figura 17 - Corte representativo de um LED de alta potência. Fonte: <http://www.federalux.com.br/blog/category/tecnologia/esquema-do-led> (acesso em 07/07/2019)

O LED é um tipo de diodo semicondutor em estado sólido. A luz é gerada dentro de um chip, um cristal em estado sólido. Essa configuração do LED permite um melhor aproveitamento da luz já que ela é emitida em um ângulo de abertura menor que 180° e concentrada em uma direção específica com o auxílio de lentes, di-

recionando o fecho de luz num ângulo específico, exatamente para a área que se deseja iluminar conforme a necessidade, evitando-se perdas. Ainda, devido às pequenas dimensões dessa fonte de luz, diversos arranjos são possíveis, o que permite uma melhor distribuição da luz (CASTRO, 2013).

Não possui filamento, eletrodos, gás ou tubo de descarga. Além disso não necessita de aquecimento especial ou tensão elevada para iniciar o funcionamento e, o processo elétrico de ligar e desligar a corrente elétrica não tem qualquer efeito na vida útil ou na produção do fluxo luminoso. Os diodos emissores de luz, conhecidos como LEDs, foram inicialmente usados para a sinalização em aparelhos eletroeletrônicos, pois não tinham fluxo luminoso suficiente para iluminar ambientes (SALES, 2011). Este tipo de LED ficou conhecido como LED DIP (Dual In-line Package).

Atualmente além do LED para sinalização há outras duas tecnologias para produção do LED. Uma delas, o LED SMD (Surface Mounted Device), é soldado sobre uma base condutora de calor e possui conexões individuais para cada LED. Seu tamanho reduzido permite as mais diversas aplicações. Geralmente apresentam baixa potência e baixa emissão de calor, entretanto quando possuem potência superior a 1W tornam-se LEDs de alta potência (High Power), com maior eficiência energética e por consequência, maior liberação de calor (BOUTS, 2016)

O outro tipo que pode ser encontrado hoje é o LED CoB (Chip on Board). Semelhante ao LED SMD, o LED CoB também possui vários diodos no mesmo chip,

a diferença é que permite maiores quantidades. Outra diferença está no fato de não precisar de um circuito para cada diodo, apenas um circuito e dois contatos são necessários. Além disso sua eficiência é maior e menos propensos a falhas quando operam em ambientes quentes (BOUTS, 2016).



Figura 18 - Diferentes tipos de LED. Fonte: https://gaplighting.co.uk/project_item/led-technology/ (acesso em 28/08/2019).

Quando formados por materiais como o silício e o germânio, uma pequena parte da energia se converte em luz, enquanto a maior parte se transforma em calor, como ocorre com as fluorescentes. Por isso, precisam de dissipadores de calor para manter a temperatura em índices compatíveis com a operação. Já os compostos por arseneto de gálio ou fosforeto de gálio são capazes de emitir ainda luz (GOEKING, 2009).

Os LEDs que usam gálio em sua composição emitem raios infravermelhos, mas quando adicionado fósforo a luz emitida pode ser amarela ou vermelha, variando conforme a concentração da substância. A luz verde é obtida adicionando-se nitrogênio (GOEKING, 2009). A luz branca produzida pelos LEDs atuais é resultado do somatório em proporção adequada de todas as cores, possibilitou obter comprimentos de onda mais

próximos do limite da visão humana e pode ser obtida através de três técnicas distintas como mostrado a seguir:

- Mistura as luzes de três fontes monocromáticas, a vermelha, verde e azul, processo conhecido como RGB que produz uma fonte de luz branca sensível ao olho humano.
- LED ultravioleta (UV) que excita o fósforo amarelo e faz a conversão da luz UV para luz branca, semelhante a uma lâmpada fluorescente comum.
- LED azul para excitar um ou mais fósforos emissores de luz visível, assim a combinação da cor azul com a amarela produz a luz branca (SALES, 2011).

Como já foi mencionado, como consequência da emissão de luz, o LED dissipa calor. No entanto esse calor não provém de radiação infravermelha, mas sim da parcela de potência elétrica que é transformada em energia calorífica e deve ser dissipada por convecção ou condução (SALES, 2011). Esta é uma característica muito importante nos LEDs, de modo que seu rendimento está associado a um bom dissipador de calor, que possa evitar o aumento da temperatura na junção do semicondutor.

A tecnologia utilizada em sua produção tem resultado num material cada vez mais econômico, eficiente e de baixo impacto ambiental, além de proporcionar aos arquitetos ampla flexibilidade e facilidade de aplicação e maiores possibilidades estéticas. Seu tamanho reduzido torna seu uso ideal em aparelhos como celu-

lares, devido ao tamanho limitado das telas. Televisões e notebook também são beneficiados com a incorporação da tecnologia LED, já que permite o desenvolvimento de telas cada vez mais leves e de menor espessura (TOSINI et al, 2016).

Cada material emite um comprimento de onda que gera um tipo e uma cor de luz. A combinação de diferentes materiais semicondutores utilizados na construção do LED influencia na produção de diferentes cores (comprimento de onda) e na eficiência do dispositivo.

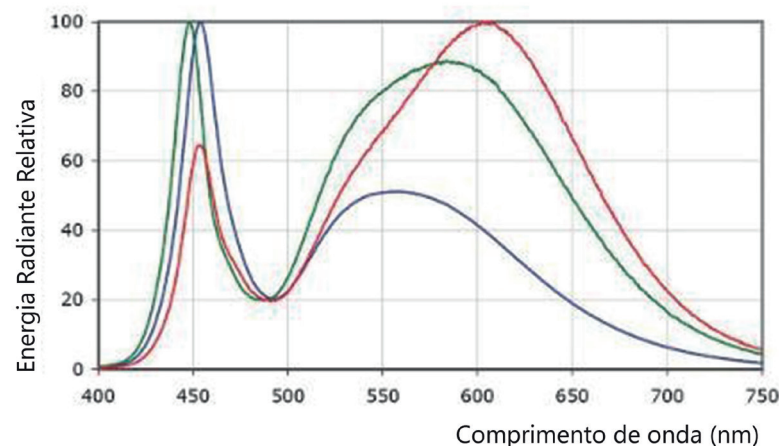


Figura 19 - Espectro do LED para três temperaturas de cor: maior que 5000K (linha azul), 4100K (linha verde) e 3100K (linha vermelha). Fonte: <https://www.electronicweekly.com/news/products/led/ensuring-safety-in-led-lighting-2012-11> (acesso em 02/07/2019).

Muitas são as vantagens proporcionadas pelo LED, entre as quais estão: longo tempo de vida útil, excelente saturação de cor, elevada eficiência energética, eficiência de iluminação imediata ao ligar a luz, possibilidade de direcionamento do fecho de luz do LED, o ato de ligar e desligar não interfere em sua vida útil, durabi-

lidade, ausência de radiação infravermelha e ultravioleta, possibilidade de dimerização, ausência de mercúrio e outros elementos agressivos ao meio ambiente, não poluindo a natureza no seu descarte (SALES, 2011).

Apesar das inúmeras vantagens proporcionadas, os LEDs ainda apresentam alguns pontos que necessitam maior cuidado e que em muitos casos podem ser um fator restritivo ao seu uso. Merecem destaque:

- Alto custo inicial (tecnologia nova no mercado, necessidade de mão de obra especializada).
- Disparidade na qualidade dos dispositivos fabricados.
- Necessidade de se utilizar elementos auxiliares como drivers e dissipadores (estes dois essenciais ao funcionamento do LED), ótica, controle e software.
- Necessidade de uma corrente contínua estável e constante, que impeça alterações no comprimento de onda (sabe-se que a rede elétrica é vulnerável a alterações no sistema como picos de alta tensão). Dessa forma garante-se uma operação segura.
- Geração de uma grande quantidade de calor na parte de trás do LED (ainda que não emita calor na faixa de luz), o que torna imprescindível um dissipador que possa eliminar ou reduzir esse efeito.
- Cuidado com o sistema ótico, pois a luz do LED é pontual e demanda lentes especiais

acopladas para fazer um melhor direcionamento da luz, a fim de reduzir os efeitos com ofuscamento

3.3 - LED e ritmos circadianos

Além dos aspectos destacados, estudos têm revelado que a exposição prolongada ao LED pode impactar as respostas fisiológicas, alterando os ritmos circadianos do organismo. Considerando o atual crescimento do uso do LED, o homem fica cada vez mais exposto a espectros não homogêneos de luz, o que implica em impactos no sistema de temporização humano (BOURGIN e HUBBARD, 2016).

Outro fato a ser considerado é o branqueamento do fósforo do LED como consequência da sua depreciação. Como resultado, o fósforo não consegue mais absorver eficientemente o comprimento de onda da luz azul e com isso mais luz azul passa a ser emitida pela fonte luminosa. No decorrer deste processo, o LED sofrerá alteração na temperatura de cor e também no índice de reprodução de cor (TOSINI et al, 2016).

A exposição contínua ao LED pode atrasar a secreção do hormônio melatonina e consequentemente prolongar o estado de alerta. Assim o ser humano desenvolve estados de hiperatividade e distúrbios comportamentais, comprometendo o ritmo de sono/vigília (GEIB, 2003). A supressão da melatonina ainda foi apontada como uma das causas do desenvolvimento do câncer de mama em mulheres no período que antecede à menopausa. Também foram apontadas altera-

ções como elevação da temperatura corpórea central e da frequência cardíaca (VIOLA et al, 2008).

No caso do LED branco, a influência sobre os ritmos circadianos é ainda mais notável. Isso porque o LED branco apresenta um elevado pico do seu espectro de cor na faixa correspondente à luz azul, justamente a cor que apresenta maior impacto para o sistema não visual, já que as células ganglionares fotorreceptoras identificadas por Berson possuem um fotopigmento, a melanopsina, que é altamente sensível à luz azul e cujo pico de sensibilidade corresponde à uma faixa de comprimento de onda entre 460 nm e 480 nm (BEAVEN e EKSTRÖM, 2013).

Por meio de diversos estudos, descobriu-se que

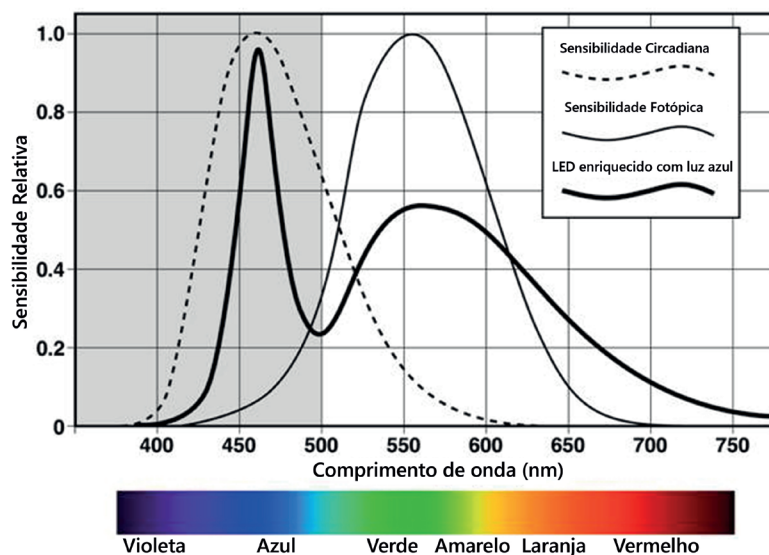


Figura 20 - Sensibilidade humana fotópica e circadiana em comparação com a curva de sensibilidade do LED enriquecido com luz azul. Fonte: IDA, 2010.

os comprimentos de onda curtos no espectro do LED

podem afetar diversas funções do organismo como redução da sonolência, melhora no desempenho cognitivo e estado de alerta, favorecendo atividades que exigem alta concentração (TOSINI et al, 2016). Os comprimentos de onda curtos da luz têm um poder tão alto sobre os ritmos endógenos que podem competir com a luz natural como zeitgeber.

Essa propriedade foi confirmada num experimento em 27 pessoas permaneceram trabalhando num ambiente iluminado com uma luz de 4000 K enquanto que outras 27 pessoas foram transferidas de uma iluminação com 4000 K para um ambiente com fontes de 8000 K. Através de actimetria foram avaliados o ciclo de sono/vigília bem como os ritmos de atividade e repouso. Após um período de 5 semanas, o grupo de pessoas que permaneceu exposto à iluminação de 4000 K teve um arrastamento (sincronização) de seus ritmos de acordo com a luz natural, de modo que nos dias livres o período de sono e os ritmos de atividade avançaram constantemente conforme o avanço da hora do nascer do sol, enquanto que no grupo que foi transferido à uma exposição de 8000 K, o padrão temporal de sono e atividade esteve associado ao horário de trabalho (VETTER et al, 2011).

Apesar de seus efeitos favoráveis durante o dia, a exposição à luz com alto pico no comprimento de onda curto no período noturno, como a luz emitida pelas telas de tablets, celulares e computadores pode diminuir a sonolência e com isso provocar um atraso no sono, devido a supressão da melatonina. Em adolescentes, a sensibilidade para o comprimento de onda da luz azul é ainda maior, basta 1 hora de exposição noturna aos

comprimentos de onda curtos para uma supressão de 23% da melatonina (WOOD, 2013).

Ainda que a exposição noturna aos comprimentos curtos possa comprometer o início do sono, em certas situações, como o trabalho no período noturno, a manutenção de um estado de alerta é imprescindível para a realização das tarefas com segurança e menor incidência possível de erros. Nesse caso, a iluminação com lâmpadas enriquecidas com o comprimento azul é uma medida eficaz na melhora do desempenho das atividades noturnas, especialmente em ambientes críticos, como salas de controle, já que são favorecidas as funções cognitivas com a diminuição da sonolência e níveis de melatonina, bem como da ocorrência de erros e do tempo de reação durante as tarefas (MOTAMEDZADEH et al, 2017).

Outra estratégia que pode facilitar a adaptação para o trabalho o turno noturno é a utilização de óculos bloqueadores do comprimento azul da luz. Em um experimento, trabalhadores noturnos foram avaliados por 4 semanas, sendo oito pessoas durante o verão e outras vinte durante o outono e inverno. O grupo avaliado durante o verão começou a usar os óculos bloqueadores antes de sair do trabalho e o outro grupo usava os óculos duas horas antes do final da jornada de trabalho noturna. Todos os participantes deveriam usar os óculos quando estivessem em ambiente externo e até as 16h. Ao final das 4 semanas conclui-se que os óculos bloqueadores do comprimento azul são capazes de melhorar o sono de trabalhadores do turno noturno, uma vez que foi notado um aumento do período do sono, de até 32 minutos para o grupo avaliado durante o verão e

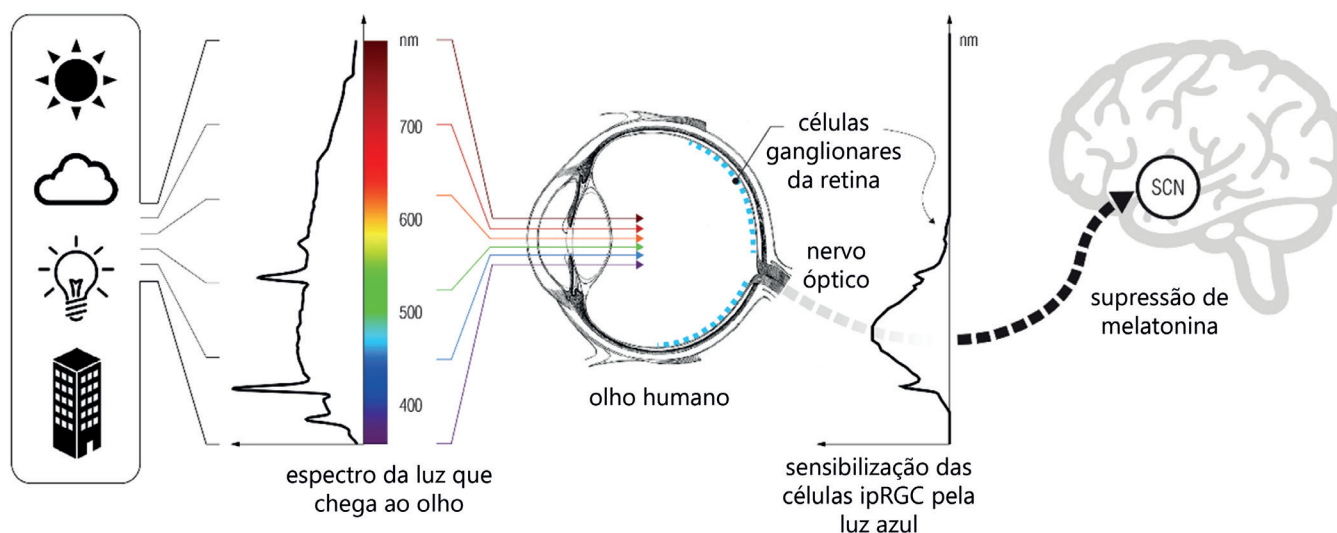


Figura 21 - Supressão da melatonina pelo comprimento de onda da luz azul proveniente de todas as fontes de luz (natural e artificial) que atingem a retina. Fonte: Adaptado de <https://www.solemma.com/Alfa.html> (acesso em 04/09/2019).

de até 60 minutos no outro grupo. Também foi registrada melhora na vigilância subjetiva, na eficácia do sono e redução da sua fragmentação (SASSEVILLE et al, 2009).

Além dos trabalhadores noturnos, idosos também apresentam problemas relacionados ao sono, uma vez que com o avanço da idade o cristalino adquire cada vez mais um tom amarelado, contribuindo para a diminuição progressiva da passagem de comprimentos de onda azuis até a retina. Se por um lado o amarelamento das lentes do cristalino é um mecanismo de proteção da retina contra os efeitos danosos do comprimento azul, por outro a sua falta à retina durante o dia prejudica a qualidade do sono noturno em idosos (TOSINI et al, 2016). Segundo estudos do Lighting Research Center, a exposição à baixos níveis de iluminação de temperatura de cor quente à noite pode ser uma medida para evitar impactos aos ritmos circadianos (FIGUEIRO, 2013).

A grande eficácia da cor azul na influência sobre os ritmos circadianos faz com que além dos níveis de irradiância, da hora do dia em que se deu a exposição à luz e sua duração, a composição espectral da fonte luminosa seja outra característica que deve ser levada em consideração na análise dos impactos da luz sobre o sistema não-visual do ser humano (BOURGIN e HUBBARD, 2016).

Referências Bibliográficas

BEAVEN, C. M., & EKSTRÖM, J. A comparison of blue light and caffeine effects on cognitive function and alertness in humans. *PloS*

One, v. 8, n. 10, p.1-7, out. 2013.

BOURGIN, P.; HUBBARD, J. Alerting or Somnogenic Light: Pick Your Color. *PLOS Biology*, v. 14, n. 8, p. 1 – 8, 2016.

BOUTS, D. D. Economia de Energia Decorrente da Inserção da Tecnologia LED na Iluminação Residencial. 2016. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2016.

CASTRO, D. B. de. Iluminação por LED. *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, v. 1, n. 5, p.1 - 13, 2013.

DERZE, F. Cidade à noite: iluminação artificial e modernidade. 2014. 360 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília. 2014.

FIGUEIRO, M. G. A 24 Hour Lighting Scheme for Older Adults. *Revista LD + A*, v. 43, n. 2, p. 46 – 50, 2013.

FILHO, E. F. M. Patrimônio cultural e iluminação urbana: diretrizes de intervenção luminotécnica no centro histórico de São Cristóvão, Sergipe. 2010. 333 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2010.

GEIB, L. T. C. et al. Sono e envelhecimento. *Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*, v. 25, n. 3, p. 453 - 465, 2003.

GOEKING, W. Lâmpadas e LED. *Revista O Setor Elétrico*, ed. 46, nov. 2009.

LOPES, L. B. Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública. 2014. 70 p. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2014.

MARK, M.VAN DER. Artificial Lighting in American Twentieth-Century Literature: A Thematic Analysis of Henry Roth's *Call It Sleep* and F. Scott Fitzgerald's *The GreatGatsby*. 2017. 48 p. Dissertação

(Mestardo) – Faculdae de Humanidades, Universidade de Utrecht, Utrecht. 2017

MOTAMEDZADEH, M.; GOLMOHAMMADI, R.; KAZEMI, R.; HEIDARIMOGHADAM, R. The effect of blue-enriched white light on cognitive performances and sleepiness of night-shift workers: A field study. *Physiology & Behavior*, v. 177, p. 208 - 214, 2017.

MOURA, M.; MOTTA, A.; NOYA, M. Considerações e análises em projetos de iluminação utilizando a tecnologia LED. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, n. XI, 2015, Rio de Janeiro.

SALES, R. P. LED, o novo paradigma da iluminação pública. 2011. 133 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento De Tecnologia) - Instituto De Tecnologia Para o Desenvolvimento – LACTEC e Instituto De Engenharia Do Paraná – IEP, Curitiba, 2011.

SASSEVILLE, A., BENHABEROU-BRUN, D., FONTAINE, C., CHARON, M. C., HEBERT, M. Wearing blue-blockers in the morning could improve sleep of workers on a permanent night schedule: a pilot study. *Chronobiology International*, v. 26, n. 5, p. 913 – 925, 2009.

TOSINI, G., FERGUSON, I.; TSUBOTA, K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Molecular Vision*, v. 22, p. 61-72, 2016.

VETTER, C., JUDA, M., LANG, D., WOJTYSAIAK, A., and ROENNEBERG, T. Blue-enriched office light competes with natural light as a zeitgeber. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, v. 37, n. 5, p. 437– 455, 2011.

VIOLA, A.; JAMES, L. M.; SCHLANGEN, L. J. M.; DIJK, D. J. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, v.34, n.4, p. 297 – 306, 2008.

WANDERLEY,T. C. A evolução das lâmpadas e a grande revolução

dos LEDs. *Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia*, v. 1, n. 9, p.1 - 17, 2014.

WOOD, B.; REA, M. S.; PLITNICK, B.; FIGUEIRO, M.G. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied Ergonomics*, v. 44, n. 2, p. 237 - 240, 2013.

04.

LUZ E TRABALHO

4.1 - Mudanças no espaço do escritório até o séc. XXI	40
4.2 - O escritório no séc. XXI	50
4.3 - Iluminação para escritórios	54
4.4 O trabalho noturno e por turnos	58
4.5 - O caso de Londres	63

4.1 - Mudanças no espaço do escritório até o séc. XXI

Apesar da construção dos primeiros edifícios de escritórios, como conhecemos hoje, ter tido início a partir do século 19, sua origem é remota e reflexo da necessidade de regular, controlar e administrar atividades ao mesmo tempo em que esteve associada ao poder centralizado de um Estado (ANTON, 2015). Desde os tempos antigos, há o registro da sua existência enquanto construção dedicada a funções administrativas, como ocorreu no Egito Antigo, Grécia e Roma. (RASSIA, 2017).

Durante a Alta Idade Média, as bibliotecas eclesiais, que ficavam nas catedrais e monastérios, eram o local onde religiosos se dedicavam diversas atividades intelectuais como leitura e escrita, além de exercerem atividades administrativas e judiciais. Esse local era o scriptorium, termo latino que também foi usado para designar o móvel utilizado para escrever (escrivania) e que deu origem à palavra escritório (FÉLIX, A.B.,2006).

No século XV, o arquiteto italiano Francesco di Giorgio, publica o tratado "Casa degli officiali", que descreve como deveriam ser os edifícios voltados às funções administrativas. Segundo este tratado, os escritórios deveriam ter apenas uma entrada e o acesso a todos os ambientes se daria por meio de uma circulação ao redor de um átrio (FÉLIX, A.B.,2006).

No século XVI, foi construído o Palazzo degli Uffizi, entre 1560 e 1574, pelo arquiteto Giorgio Vasari. Encomendada pela família Medici, a construção deste

edifício tinha como objetivo centralizar num só local as tarefas administrativas da família Medici e do Estado. O Palazzo degli Uffizi é composto por três pavimentos em formato de U, que possuem nas duas alas laterais galerias multifuncionais de várias dimensões e que abrigavam não apenas escritórios, como também amplos salões para recepção dos convidados e outras que eram destinadas a abrigar o acervo de quadros da família (CALDEIRA, 2005).

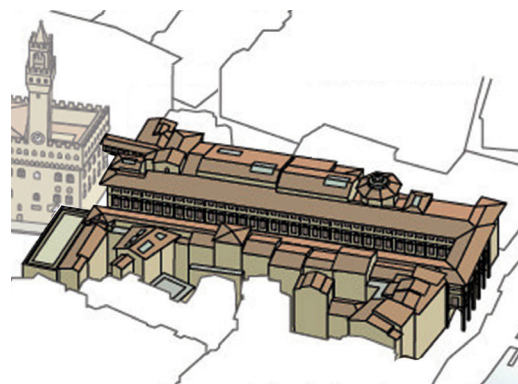


Figura 22 (à esquerda)- Representação da vista externa do Palazzo degli Uffizi. Fonte: Adaptado de <https://huguespiolet.jimdo.com/plans-plans/> (acesso em 02/11/2019).



Figura 23 (abaixo) - Vista do Palazzo degli Uffizi. Fonte: disponível em <http://www.bigliettiuffizi.com/wp-content/uploads/2018/06/BIGLIETTI-GALLERIA-DEGLI-UFFIZI-1080x675.jpg> (acesso em 02/11/2019).

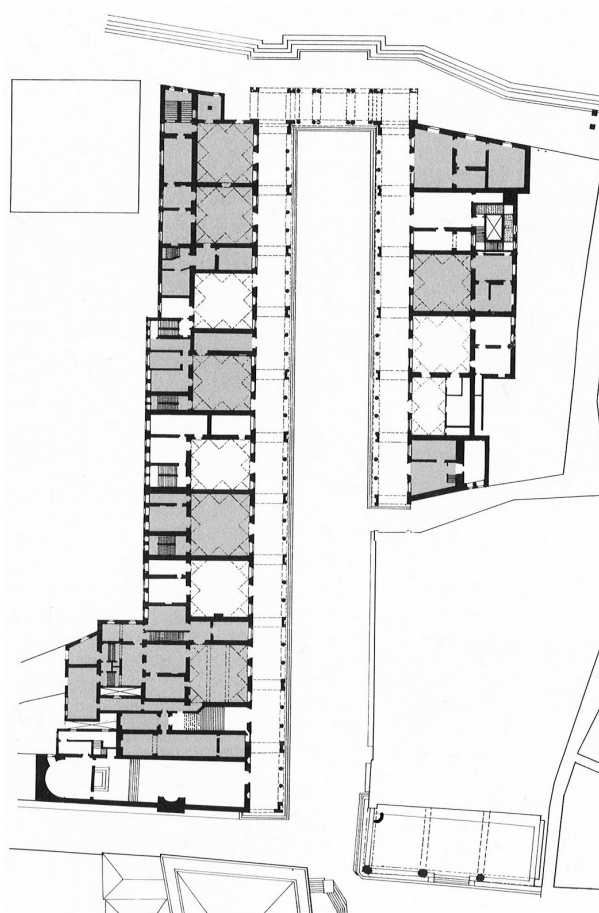


Figura 24 - Planta do pavimento térreo do Palazzo degli Uffizi. Fonte: disponível em <http://thecityasaproject.org/2012/08/the-office-and-the-loggia-giorgio-vasaris-architecture-for-bureaucracy/> (acesso em 02/11/2019).

Esta construção, que atualmente se transformou numa das mais importantes galerias de arte de Florença, é uma das precursoras do modelo de edifício de escritório como conhecemos hoje, já que a família Medici introduziu pela primeira vez um sistema financeiro que segregava o controle comercial da troca de mercadorias. Dessa maneira, a negociação dos produtos passou

a ocorrer em ambientes fechados nos pavimentos superiores, longe, portanto, da exposição dos produtos que acontecia no piso térreo, diretamente nas ruas da cidade. Além disso este edifício influenciou os futuros edifícios públicos de escritórios que começaram a ser construídos anos mais tarde no Norte da Europa, como o Town Hall, hoje Royal Palace, em Amsterdam (MAC-CORMAC, R., 1992).

Como consequência da Revolução Francesa, a gestão das cidades tornou-se mais complexa, envolvendo um grande volume de papéis que precisavam ser organizados e armazenados ao mesmo tempo em que novos cargos administrativos foram criados. Essas mudanças exigiram edifícios apropriados para atender o aumento das demandas de organização do Estado (FÉLIX, A.B., 2006).

A necessidade por espaços mais amplos também foi impulsionada pela mudança da indústria artesanal para a indústria manufatureira, após a Revolução Industrial, já que os espaços reservados nos mercados e nas casas não atendiam mais o aumento das operações corporativas, exigindo uma escala proporcional de enormes edifícios (GATTER, 1982). Também o setor privado, composto principalmente por bancários e comerciantes, viu a necessidade de organizar suas atividades em espaços mais amplos (RASSIA, 2017).

Nas últimas décadas do século XVIII, o trabalho nos escritórios foi profundamente impactado pela incorporação de novas tecnologias como, a invenção da luz elétrica, que substituiu a iluminação cara das luminárias à gás e diminuiu a dependência em relação à ilu-

minação natural, permitindo o aparecimento de plantas mais largas; o uso da máquina de escrever e calculadora trouxe maior dinamismo na administração e maior processamento de informações enquanto que; o uso do



Figura 25 - Home Insurance Company Building. Fonte: disponível em <https://www.theguardian.com/cities/2015/apr/02/worlds-first-skyscraper-chicago-home-insurance-building-history> (acesso em 05/11/2019).

telefone permitiu a comunicação à longa distância e o distanciamento dos escritórios das fábricas e casas (FERNANDES, 2016).

Do ponto de vista construtivo, a progressiva substituição da alvenaria como elemento estrutural nas fachadas pelo aço, o emprego de materiais de proteção ao fogo e a instalação de elevadores possibilitaram a construção de edifícios mais elevados e com amplas aberturas envidraçadas. A construção massiva de edifícios de escritórios ocorreu mais acentuadamente nos Estados Unidos e contribuiu para o adensamento urbano das grandes metrópoles.



Figura 26 - Wainwright Building. Fonte: disponível em https://www.archdaily.com/127393/ad-classics-wainwright-building-louis-sullivan?ad_medium=gallery (acesso em 05/11/2019).

Na Europa, a construção dos primeiros edifícios de escritórios mais imponentes ocorreu tardiamente, devido a legislação local que determinava certos critérios para insolação e ventilação ao mesmo tempo em que fixava limites mais rígidos de altura para as construções verticais (FÉLIX, 2006). Também contribuiu para isso o alto custo de energia no continente europeu e diferenças culturais na maneira como o espaço de trabalho era visto pelos europeus (GATTER, 1982).

Até o fim do século XIX, o ambiente corporativo era formado por salas individuais, separadas por um corredor individual, tipologia que ficou conhecida como "cellular office". Essa configuração permitia um melhor aproveitamento da iluminação natural e sua incidência direta sobre as salas, ao mesmo tempo em que revelava uma planta pouco profunda, já que a iluminação por fontes artificiais ainda não era muito eficiente (LOVELL, 2014 apud FERNANDES, 2016, p.28).



Figura 27 - Corredor de um edifício de escritórios da década de 1890. Fonte: GATTER, 1982.

As salas celulares, dos edifícios de escritórios do século XIX, foram uma resposta à pequena escala de atividades dos negócios da época, enquanto que a forma destas construções esteve intimamente relacionada a dependência da luz natural para o trabalho nos escritórios, de tal maneira que a profundidade máxima que a luz solar poderia penetrar era de aproximadamente 6m (GATTER, 1982).



Figura 28 - Configuração interna do Wainwright Building, exemplo de cellular office. Fonte: ANTON, 2015.

Mesmo após a invenção e emprego das lâmpadas incandescentes nos escritórios, a luz natural ainda era a principal fonte de iluminação no interior dos espaços. Isso porque estas fontes de luz artificial emitiam

uma grande quantidade de calor, tornando inviável a manutenção de altos níveis de iluminância no ambiente. Mais tarde as luminárias de mesa, presentes até o começo do século XX, foram substituídas por um sistema mais barato de iluminação geral, por meio de lumi-



Figura 29 - Iluminação geral de um escritório do início do século XX. Fonte: disponível em https://www.officemuseum.com/photo_gallery_1930s_1940s.htm (acesso em 13/10/2019).

nárias instaladas no teto (GATTER, 1982).

Diferentes níveis de abertura e controle individual marcaram a transição das salas celulares do final do século XIX para os espaços de trabalho em planta livre do século XX, com ausência quase total de divisórias. As diversas configurações espaciais que caracterizaram o ambiente de escritórios ao longo dos anos, não são resultado apenas de mudanças tecnológicas e organizacionais, mas também refletem a prevalência de certos valores que influenciaram as soluções adotadas (GATTER, 1982).

No início do século XX, a adoção das doutrinas tayloristas impactou entre outros aspectos do trabalho, na organização espacial dos locais de tarefa, introduzindo um modelo de escritórios baseado na racionalização e que se refletiu na padronização do mobiliário, na compartimentação espacial retilínea e na rigidez do layout (FONSECA, 2004). Assim como no modelo anterior, a diferença hierárquica ainda persiste, no entanto, as divisórias das salas celulares tornaram-se semi-envidraçadas, de onde um gerente poderia supervisionar o trabalho de funcionários de menor escalão, dispostos em fileiras paralelas num amplo espaço aberto (FÉLIX, 2006). A ausência quase total de divisórias também foi uma maneira de remover possíveis elementos de distração (GATTER, 1982).

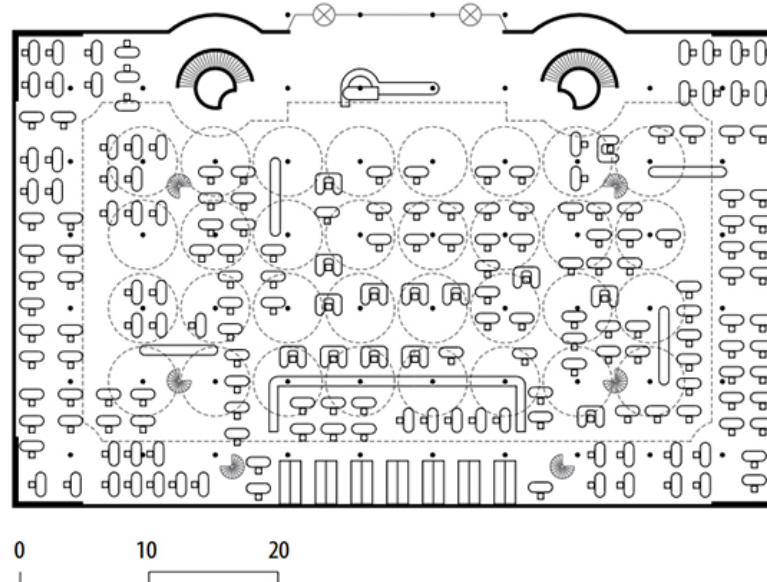


Figura 30 - Configuração interna do Johnson Wax Building, exemplo de escritório taylorista (open plan office). Fonte: ANTON, 2015.

No final da década de 1930, o uso das lâmpadas fluorescentes na composição do sistema de iluminação artificial permitiu o aprofundamento das plantas dos escritórios. Ainda assim a iluminação natural continuou a ser integrada ao sistema artificial (LOVELL, 2014 apud FERNANDES, 2016, p.31). Mais eficazes que as fontes de luz artificiais até então em uso, as lâmpadas fluorescentes sempre se mantinham acesas, mesmo com a contribuição da luz natural, o que tornava possível a ideia de ter um espaço profundo com iluminação totalmente controlada pelo homem.



Figura 31 - Iluminação por lâmpadas fluorescentes. Fonte: disponível em http://2000eastsixth.com/wp-content/uploads/2013/10/Office-Terre-Haute-IN-600dpi_BW.jpg (acesso em 16/10/2019).

Até meados da década de 1950, ainda se faziam presentes os amplos espaços abertos de trabalho, modelo conhecido como Bullpen ou American Office. Esses

espaços, livres de obstruções como colunas, permitiram a acomodação de um número maior de funcionários, que ficavam no centro do pavimento enquanto que os chefes e gerentes ficavam na periferia. Como consequência da aplicação dos conceitos tayloristas na organização do ambiente de trabalho os escritórios caracterizaram-se pela especialização, padronização do trabalho e a sistematização e otimização do processo produtivo (GATTER, 1982).

Desde a inclusão de lâmpadas fluorescentes o nível de iluminância foi gradualmente aumentando. Dos aproximados 100lux determinados para ambientes de escritórios na década de 1920 o nível de iluminância saltou para cerca de 320 lux na década de 1950. Esse aumento considerável conseguiu ser superado ao final desta década quando a Illuminating Engineering Society elevou a recomendação para os níveis de iluminação nos escritórios, que passaram para pouco mais de 1000lux nos ambientes de atividades regulares e cerca de 2150lux para as atividades de desenho, níveis que na década de 1920 eram indicados para salas de cirurgia (GATTER, 1982). Esse cenário mudou na década de 1970, quando a crise energética mundial pressionou uma forte redução dos níveis de iluminação.

O crescimento dos negócios levou a um aumento no volume de informações que precisavam ser processadas e foi possível com o uso da máquina de escrever e do telefone. Dessa maneira a quantidade de dados armazenados cresceu em grandes proporções. Em resposta à essa demanda, duas vertentes que propunham o reordenamento do espaço do escritório surgiram na década de 1960 (GATTER, 1982).

A primeira, foi formulada em 1959 pela empresa alemã Quickborner Team e introduziu um novo modelo para o layout interno dos edifícios corporativos, conhecido como Bürolandschaft ou Landscape Office. Baseado na valorização da comunicação interna e maior participação do funcionário nas decisões da empresa, esse novo sistema caracterizou-se pelo arranjo em planta livre, com layout mais dinâmico e completamente integrado, o que permitiu uma comunicação horizontal entre cada um dos funcionários, diferente da relação vertical e hierarquizada dos espaços tayloristas (FIALHO, 2007).



Figura 32 - Configuração interna do escritório da Osram, em Munique, exemplo de Bürolandschaft. Fonte: ANTON, 2015.

No escritório Bürolandschaft, trabalhadores dos mais diversos cargos são organizados num espaço amplo e profundo e dispostos de modo a facilitar o maior contato possível entre eles, que se estende em círculos concêntricos. Cada funcionário encontra-se paralelo ou perpendicular em relação aos outros membros de seu grupo, enquanto que os diversos grupos estão alinhados em diferentes sentidos. Uma solução para o grande acúmulo de arquivo "morto" foi a substituição das antigas mesas compartimentadas por mesas mais simples e sem capacidade de armazenamento, transferindo para um local centralizado os arquivos que não eram mais úteis (GATTER, 1982).

Outro modelo da década de 1960 foi o Action Office, desenvolvido por Robert Probst, funcionário da empresa Herman Miller. Este sistema foi apresentado em 1964, fruto de pesquisas sobre os problemas derivados do tipo de mobiliário usado nos escritórios.

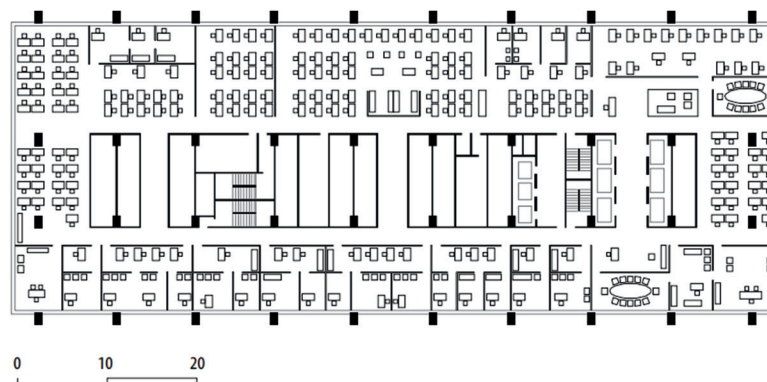


Figura 33 - Configuração interna do Chase Manhattan Bank, em Nova York, exemplo de action office. Fonte: ANTON, 2015.

Prezando pela funcionalidade e flexibilidade no layout, o action office consistiu num modelo de escritó-



Figura 34 - Configuração interna de um action office. Fonte: disponível em https://www.hermanmiller.com/pt_br/products/workspaces/workstations/action-office-system/design-story/ (acesso em 21/10/2019).

rio panorâmico composto por um conjunto modular de mobiliário, compondo uma espécie de kit (CALDEIRA, 2005). Assim como o modelo Bürolandschaft, o Action Office também apresentou uma solução para evitar o acúmulo de arquivos ultrapassados, na qual foram concebidas pequenas gavetas e uma forma de exibição dos documentos para que o material obsoleto fosse rapidamente removido (GATTER, 1982).

Um ponto interessante está no fato de que os componentes desse conjunto levavam em consideração a diversidade de tarefas e posições físicas em que o ser

humano é exigido em sua jornada de trabalho (GATTER, 1982). A interação desses elementos foi pensada para que todas as ferramentas de trabalho estivessem prontamente disponíveis ao trabalhador (CALDEIRA, 2005). Esses elementos combinados conseguiram conciliar a necessidade por privacidade e comunicação ao atribuir maior responsabilidade ao usuário (GATTER, 1982).

A sensação de territorialidade foi enfatizada pela presença de iluminação ambiente. Na década de 60 a iluminação no ambiente de escritórios não somente apresentava altos níveis de iluminância como também

uma distribuição uniforme e constante, o que levou ao direcionamento da luz de forma indireta para o teto, resultando numa enorme superfície difusa de luz. No entanto, pequenas fontes de luz brilhantes poderiam distrair menos a atenção dos trabalhadores quando comparadas a grandes superfícies iluminadas (ainda que menos brilhantes). Por isso, no Action Office, cada módulo de trabalho também contava com uma iluminação de mesa complementar à iluminação geral, que permitiria que as tarefas fossem executadas com mais atenção (GATTER, 1982).

O espaço de trabalho em forma de cubículo originada do sistema Action Office persistiu até o fim da década de 1970. A partir da década de 1980 as grandes empresas viram a necessidade de se tornarem mais

ágeis e competitivas, dada a crescente globalização da economia, e passaram a investir massivamente em tecnologia. Muitos postos foram automatizados e a parte operacional passou a ser terceirizada, o que tornou o trabalho no escritório cada vez mais intelectual.

Neste cenário, o layout dos escritórios retomou os arranjos celulares em torno de um corredor central. No entanto, diferente do modelo do início do século XX, os espaços de trabalho ofereciam ao usuário maior autonomia e senso de propriedade. Surgiu dessa forma um modelo sueco de escritório, conhecido como Combi Office ou Espaço Combinado, que associou módulos celulares particulares com um espaço central compartilhado (RASSIA, 2017).

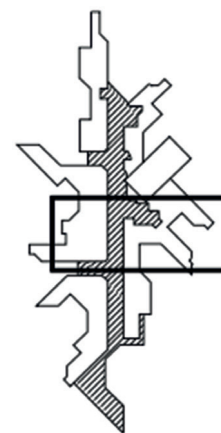
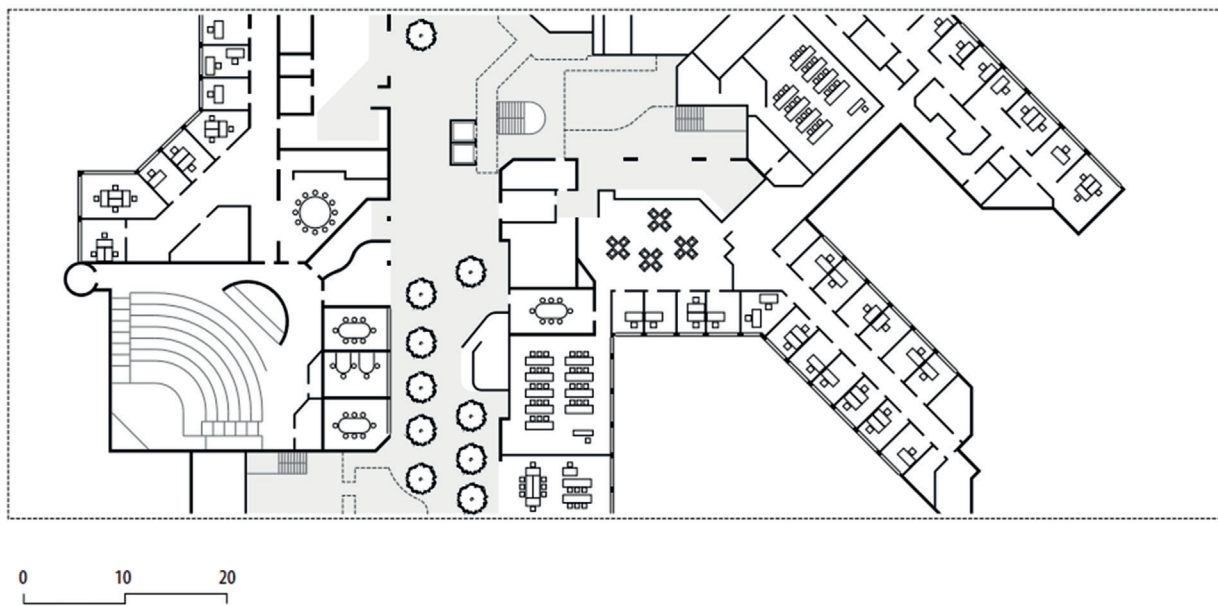


Figura 35 - Representação de parte da configuração interna do SAS offices, em Estocolmo, exemplo de combi office. Fonte: ANTON, 2015.

Na década de 1990, tornou-se evidente que a saúde, bem-estar e satisfação do usuário foram afetados pela configuração do espaço de trabalho e consequentemente o ambiente do escritório foi relacionado à incidência da chamada “Síndrome do Edifício Doente” - Sick Building Syndrome/ SBS (RASSIA, 2017). Ainda na década de 1990, a simplificação e padronização de dimensões e componentes do espaço interno e do edifício de escritório permitiu maior flexibilidade de produtos que passaram a ser fabricados obedecendo modulações específicas. Isso abriu caminho para uma variedade maior de produtos oferecidos pelo mercado com custos e prazos menores (HORSCHUTZ, 2007).



Figura 36 - Escritório da década de 1990 com utilização do computador para o desempenho de boa parte das atividades. Fonte: disponível em <https://k2space.co.uk/knowledge/history-office-furniture-design/> (acesso em 23/10/2019).

O emprego crescente dos computadores na realização de grande parte das tarefas de um escritório,

desencadeou profundas alterações na concepção do projeto luminotécnicos para espaços corporativos (DILLOUÏE, 2009 apud FERNANDES, 2016, p.34). Com isso a iluminação passa a ser um dos fatores mais críticos no ambiente de trabalho, uma vez que num escritório com terminais de vídeo (VDT) o risco de ofuscamento é maior comparado a um escritório sem computadores.

Percebendo a ocorrência de ofuscamento nas telas dos computadores, em decorrência da alta luminosidade das fontes fluorescentes, o desenho das luminárias foi reformulado de modo a oferecer uma proteção em ângulos maiores, caracterizando as chamadas luminárias parabólicas com difusores. Essa modificação contribuiu com a evolução nas condições de saúde e produtividade dentro do ambiente de trabalho em escritórios (DILLOUÏE, 2009 apud FERNANDES, 2016, p.34).

A complexidade em se adequar a iluminação a um ambiente com terminais de vídeo instigou o desenvolvimento de estudos com essa temática. Em um deles, o objetivo foi compreender melhor o fenômeno de ofuscamento em telas de computadores pela luz natural. Através do desenvolvimento de uma metodologia de medição de luminâncias e iluminâncias em três estações de trabalho próximas à janela, todas posicionadas de maneira diferente, conclui-se que as regiões que apresentaram maior ofuscamento foram aquelas iluminadas somente pela luz natural, enquanto que as regiões em que houve integração do sistema artificial e natural mostraram menor ofuscamento já que o contraste entre a iluminância do plano de fundo e a da tela do computador era menor (NISSOLA, 2015).

4.2 - O escritório no séc.XXI

Influências do passado podem ser encontradas nos modelos de escritórios contemporâneos. As condições políticas e sociais bem como o desenvolvimento e aplicação de tecnologias podem explicar mudanças que ocorreram na forma e uso dos escritórios.



Figura 37 - Interior do RocketSpace, coworking voltado a empresas de alta tecnologia, em São Francisco (EUA). Fonte: Revista 360°, edição 63.

O movimento humano foi levado em consideração na maior parte das alterações no layout dos escritórios e refletem a preocupação em minimizar a atividade física em benefício da produtividade. O conceito para o projeto dos espaços de trabalho ainda continua mudando e o escritório está se tornando um ambiente

definido para induzir a interação e troca de informações e conhecimentos face-a-face (RASSIA, 2017).

Hoje, o papel do escritório vai muito além do espaço físico que abriga as diversas atividades de trabalho. No século XXI, ele pode ser visto sob a ótica de três diferentes perspectivas, são elas: o escritório como um produto, cuja área e locação do espaço se convertem em renda; o escritório como um serviço, que oferece a infraestrutura necessária para a empresa, à exemplo do coworking, e ainda, o escritório pode ser visto como uma experiência, já que as novas configurações do espaço de trabalho e serviços oferecidos proporcionam uma vivência diferenciada ao usuário (CARDER, 2015).

Diante do atual contexto social, econômico e tecnológico, a ideia de postos de trabalho fixos, destinados a cada usuário, além de se mostrar muito onerosa para as empresas não faz mais sentido hoje, considerando que nem todas as estações de trabalho são ocupadas, seja porque o trabalhador está numa reunião externa ou ainda porque está em trabalho remoto. Assim, passa a ser mais frequente que as atividades laborais ocorram em cafés, restaurantes e até em casa (CARDER, 2015).

Assim, passa a ser mais frequente que as atividades laborais ocorram em cafés, restaurantes e até em casa (CARDER, 2015). Diante da possibilidade de se transpor as atividades para ambientes mais descontraídos, a existência de diferentes graus de mobilidade já é percebida em muitas empresas e varia dos postos fixos à mobilidade total, conforme se observa a seguir:

- Postos fixos: trabalho na estação, full time
- Mobilidade interna: dentro do prédio/ escri-

tório

- Mobilidade externa: em vários prédios/ locais da empresa
- Mobilidade total: trabalho em qualquer lugar/ a qualquer hora

No entanto, a possibilidade de se trabalhar fora do ambiente corporativo, inclusive em regime de home office, não anula, tão pouco sinaliza, o fim dos escritórios. Aliás, a execução das tarefas em ambiente doméstico, com afastamento total das empresas, pode acarretar uma série de problemas aos trabalhadores. Isso pois em muitos casos não há a infraestrutura adequada, o que leva à problemas de saúde ocupacional, além da transferência das atividades para o turno noturno, ocasionando conflitos conjugais e de convívio social. Em última instância, o afastamento permanente do ambiente corporativo gera o distanciamento da cultura da empresa, e às vezes a prestação de serviços para outras empresas, mostrando a quebra do vínculo patrão x trabalhador (ZANUTO, 2017).

Apesar da possibilidade de execução das atividades de trabalho fora do ambiente de escritório, sua existência e necessidade é consequência de uma questão cultural. O convívio no escritório tem o propósito de diminuir o foco no trabalho individual e tornar os processos mais interativos, estabelecendo conexões com outros funcionários (WORKPLACE STANDARDS BENCHMARKING – GSA, 2016).

Cada vez mais a configuração dos espaços de trabalho assume um papel fundamental no desempenho das empresas e progressivamente são estruturados

ambientes mais dinâmicos e colaborativos. A maior flexibilidade das relações de trabalho e a adoção de modelos de negócios mais dinâmicos exigem novas formas e estratégias de ocupação do espaço dos escritórios no século XXI (BADIGLIAN, 2010).

A criação de ambientes compartilhados tem sido uma estratégia adotada não somente para aumentar a interação entre os funcionários, mas também para redução dos custos com instalação e otimização da funcionalidade dos espaços internos, além da redução da taxa de vacância dos postos de trabalho. Nos espaços compartilhados os postos de trabalho são ocupados, em momentos distintos, por vários trabalhadores, que idealmente apresentam certa mobilidade, utilizam as dependências da empresa parcialmente ou ainda trabalham em regime temporário. É importante destacar que esse modelo de utilização dos espaços depende fortemente da instalação de uma rede wireless que garanta excelente conectividade não apenas entre os funcionários, mas também com os meios digitais (HORSCHUTZ, 2007).

Hoje existem diversos modelos de espaços compartilhados, cada um com suas especificidades, principalmente no que se refere ao gerenciamento do uso das bases de trabalho. Entre as opções de ocupação num escritório, temos:

- HOTELING = “baseados nos serviços oferecidos em hotéis. Atende as necessidades da alta e média gerência. Os espaços são montados com foco no recebimento de clientes e visitantes, para que os funcionários os aten-

dam com todo o suporte e conforto necessários. Para sua utilização é preciso reservar a sala com antecedência” (HORSCHUTZ, 2007 apud ANDRADE, 2000, p.50-51).

- FREE ADDRESS = “atende a gerência e o restante dos funcionários, que realizam boa parte do trabalho fora da empresa. Caracteriza-se por ser uma área repleta de estações de trabalho abertas para o uso eventual. Ao chegar o funcionário dirige-se a um computador que representa a planta do pavimento com as estações disponíveis. Através de um sistema touch screen, o funcionário informa qual a estação de trabalho que irá ocupar. Automaticamente o sistema de voz e dados é ativado para que o funcionário possa realizar suas atividades o tempo que for necessário” (HORSCHUTZ, 2007 apud ANDRADE, 2000, p.53).
- RED CARPET CLUB = “agrega componentes dos dois últimos conceitos – hoteling e free address – conjugados com uma área de convívio social intenso. (...) Haverá espaços compartilháveis para trabalhos privados, tais como salas fechadas do conceito do hoteling, espaços abertos do tipo free address e espaços para reuniões e conferências (HORSCHUTZ, 2007 apud ANDRADE, 2000, p.54-54).
- MODELING = “(...) esse conceito consiste na implantação de um grupo de estações de trabalho que podem ser compartilhadas em um

dia por até quatro funcionários diferentes em horários alternados. Para isso o funcionário que for “elegível” à utilização do espaço mobility deve exercer uma função de consultoria ou vendas e que requeira que ele permaneça apenas 25% do seu tempo de trabalho na empresa” (HORSCHUTZ, 2007).

Antes de adotar qualquer um dos modelos citados uma organização deve desenvolver e considerar a viabilidade de uma estratégia de mobilidade. Existem muitos outros fatores que devem ser abordados para que seja efetivamente implementado um sistema de compartilhamento de espaços numa empresa, como padrões de trabalho dos funcionários, níveis de mobilidade adotados e projetados e critérios de prontidão para mobilidade, que incluem fatores como cultura organizacional, tecnologia, trabalho, funções, processos, políticas e protocolos.

A preocupação com o bem-estar no trabalho se reflete na diversidade de ambientes numa empresa, cada um responsável por fornecer o suporte físico e social necessários à manutenção de um estado físico e mental saudável ao longo do tempo. Enquanto algumas áreas promovem a interação entre os trabalhadores, como os estúdios de projeto e as salas de inovação, outras fornecem zonas de decompressão e relaxamento como o pátio, o café e as áreas de retiro.

Há ainda espaços que permitem o trabalho individual, alguns com postos fixos de trabalho (os escritórios abertos) e outros que permitem certo grau de mobilidade (o campo nômade e os enclaves). Ainda é

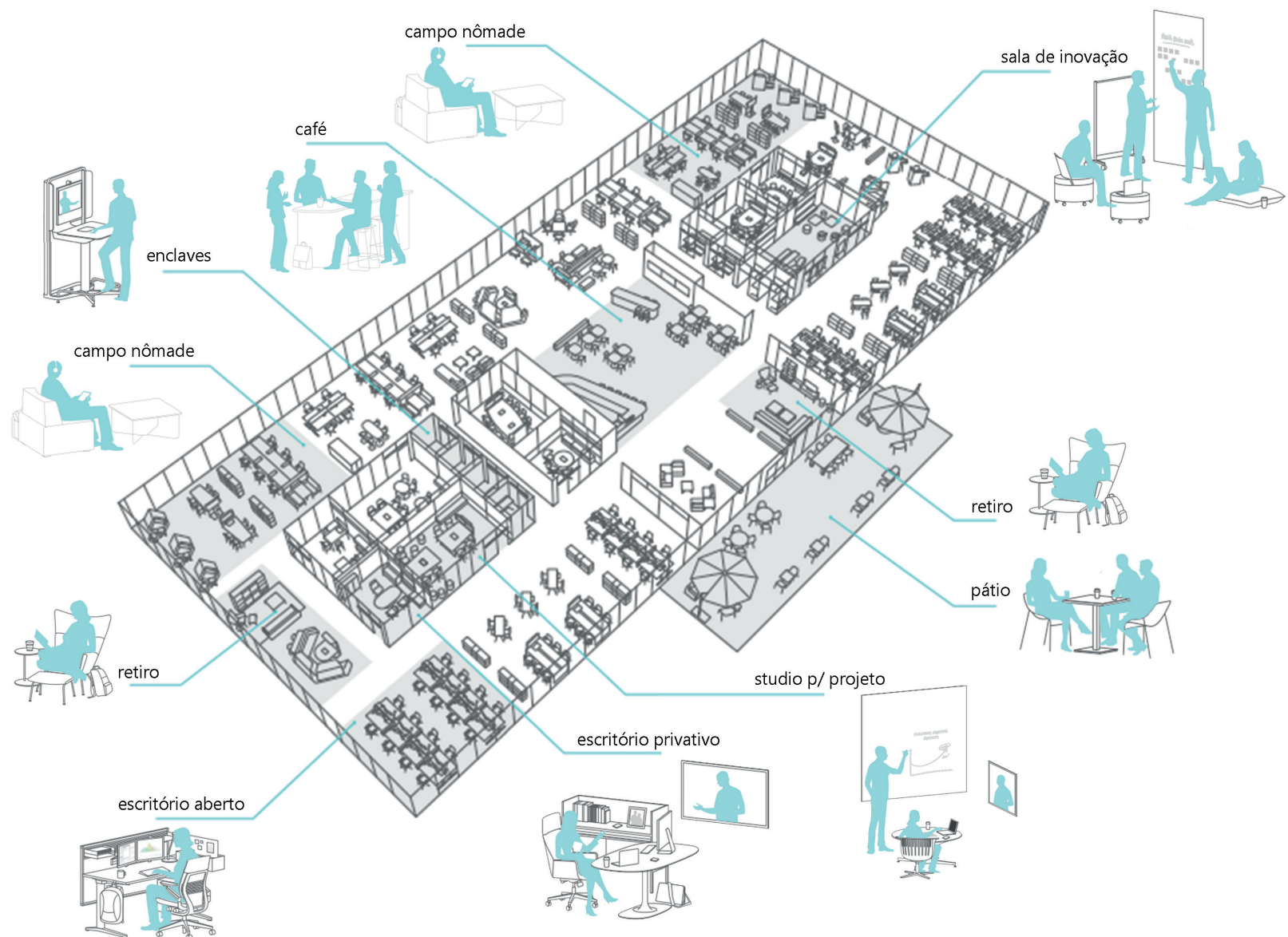


Figura 38 - Representação dos diversos ambientes encontrados no escritório do séc.XXI. Fonte: Adaptado de Revista 360°, edição 67.

possível encontrar salas fechadas, os escritórios privativos, que oferecem silêncio para atividades que exigem maior grau de concentração.

Além da variedade de espaços no ambiente corporativo, hoje as empresas vivem um grande desafio: graças aos avanços na saúde, é cada vez mais frequente a convivência de várias gerações no mesmo espaço. Conciliar demandas de grupos tão diversos torna-se imprescindível para garantir a diversidade e a capacidade de inovar numa corporação.

4.3 - Iluminação para escritórios

Apesar de ter sido considerada um grande avanço em termos de estruturação dos espaços de trabalho de escritórios, o modelo em planta livre em muitos casos apresenta espaços isentos de luz natural. Essa condição cria um ambiente onde a iluminação artificial é constante e uniforme, com variação mínima da iluminância além da perda da percepção temporal pela observação da alternância entre os ciclos de claro e escuro/dia e noite. Na ausência do contato com a luz natural, são notadas alterações nos níveis dos hormônios cortisol e melatonina, que levam ao desenvolvimento de quadros depressivos e distúrbios do sono (MARTAU, 2009).

Pessoas que trabalham durante o dia também não estão isentas de disfunções circadianas, principalmente se suas atividades ocorrem sem contato com a luz natural. Num estudo realizado com 27 trabalhadores em ambientes sem janelas e 22 pessoas que trabalhavam com exposição à luz natural, conclui-se que o gru-

po que exercia suas atividades privados da iluminação natural apresentou limitação de suas funções cognitivas devido a problemas físicos de vitalidade e distúrbios do sono (BOUBEKRI et al, 2014). Estudos como este evidenciam a importância de um bom sistema de iluminação, capaz de integrar o sistema artificial com o natural.

A iluminação natural no interior do espaço de trabalho depende da orientação solar e das condições climáticas do local. Sua parcela no total de iluminação que é fornecido pode ser otimizado com uma escolha adequada de esquadrias, altura e tipo das aberturas, além da pintura de paredes, tetos e materiais que compõem o mobiliário do espaço. Para áreas de trabalho como escritórios, geralmente recomenda-se que a área da janela deva ser 1/5 da área do piso, a distância da janela até a estação de trabalho não deve ser maior que duas vezes a altura da janela, além da utilização de proteções que possam barrar o excesso de luz incidente nas janelas como películas nos vidros e venezianas ajustáveis (FERNANDES, 2016).

No entanto, em muitos casos a componente natural é insuficiente para prover a quantidade de iluminação necessária para a realização da atividade visual, assim complementa-se o uso com fontes artificiais. A iluminação artificial tem como vantagem a possibilidade de controle da iluminância necessária para cada trabalhador através do ajuste da quantidade, do tipo e posição das fontes luminosas em relação à disposição do mobiliário, usuários e cores das paredes e tetos.

Segundo a IESNA (Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte), a iluminação para

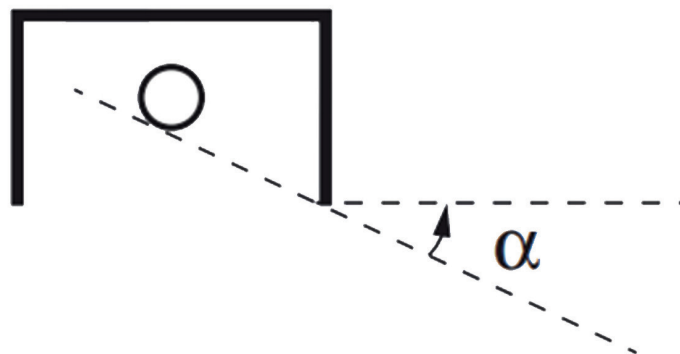
escritórios deve ser capaz de permitir boa visibilidade para a realização de tarefas intelectuais e de comunicação com eficiência. O espaço de trabalho também interfere na aparência do local e de seus ocupantes e deve ser estimulante já que afeta vários sentimentos e emoções como bem-estar, entusiasmo, interesse, humor e por consequência, a produtividade (IESNA LIGHTING HANDBOOK, 2000).

Segundo a norma brasileira de iluminação para ambientes de trabalho internos, ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1, elaborada em 2013, “uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas”. Um diferencial desta norma em relação à sua antecessora (ABNT NBR 5413:1992) é a especificação do controle do nível de desconforto por ofuscamento. Esta norma de iluminação define o ofuscamento como uma sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão humano e pode ser categorizado em:

- Desconfortável: quando é causado diretamente por luminárias ou janelas
- Refletido: ocorre pela reflexão da luz através de superfícies especulares
- Inabilitador: é produzido por fontes pontuais brilhantes intensas e geralmente é um fenômeno percebido em áreas externas.

A norma brasileira de iluminação adota o Índice de Ofuscamento Unificado (UGR), também utilizado pela ISO 8995-1 Lighting of indoor work places, para controle do ofuscamento desconfortável. De modo geral, para ambientes com atividades de leitura, escrita e presença de computadores é definido um valor de limite para o índice de ofuscamento (UGRI – Limiting Unified Glare Rating) que deve ser igual ou inferior a 19. Para evitar o ofuscamento desconfortável em ambientes de escritórios é recomendável utilizar luminárias com refletores e aletas parabólicas.

Para a proteção contra o ofuscamento de luminárias abertas por baixo ou com difusores transparentes é importante que se obedeça um ângulo de corte obtido em função da luminância da lâmpada. A norma brasileira de iluminação (ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1) define como ângulo de corte, o ângulo entre a horizontal e a linha de visão abaixo da qual as partes luminosas da lâmpada na luminária são visíveis pelo usuário.



Luminância da lâmpada em cd/m^2	Ângulo mínimo de corte
20.000 até < 50.000 Por exemplo, lâmpadas fluorescentes (alta potência) e lâmpadas fluorescentes compactas	15°
50.000 até < 500.000 Por exemplo, lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbo revestido por dentro	20°
≥ 500.000 Por exemplo, lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbos transparentes	30°

Figuras 39 (página anterior) e 40 (acima) - Ângulos de corte mínimos para luminâncias de uma lâmpada específica. Fonte: ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1.

A utilização de cores e materiais que possuam características reflexivas deve ser evitada para diminuir os riscos de ofuscamento no local, o ideal é a utilização de materiais com acabamento fosco, superfícies rugosas e difusoras, que disseminam a luz (PAIS, 2011).

No entanto, a presença de diferentes níveis de brilho nas superfícies é importante para a boa visualização do espaço. Em seu manual de iluminação, a IESNA recomenda alguns valores para refletância das superfícies no interior do espaço de escritório:

O uso de terminais de vídeo (VDT) requer cuidado quanto à iluminação, seja ela natural ou artificial. Se a iluminação for direta, recomenda-se posicionar as luminárias de modo que nenhuma fonte de luz esteja visível dentro de um campo visual de 30° acima da linha horizontal de visão, para que a luz possa ser refletida fora do alcance visual (PAIS, 2011). Pode-se recorrer ainda ao uso de camadas de materiais que impedem a reflexão na tela dos computadores. Outra solução é optar pela composição da iluminação direta e indireta através de luminárias específicas para cada um dos sistemas ou

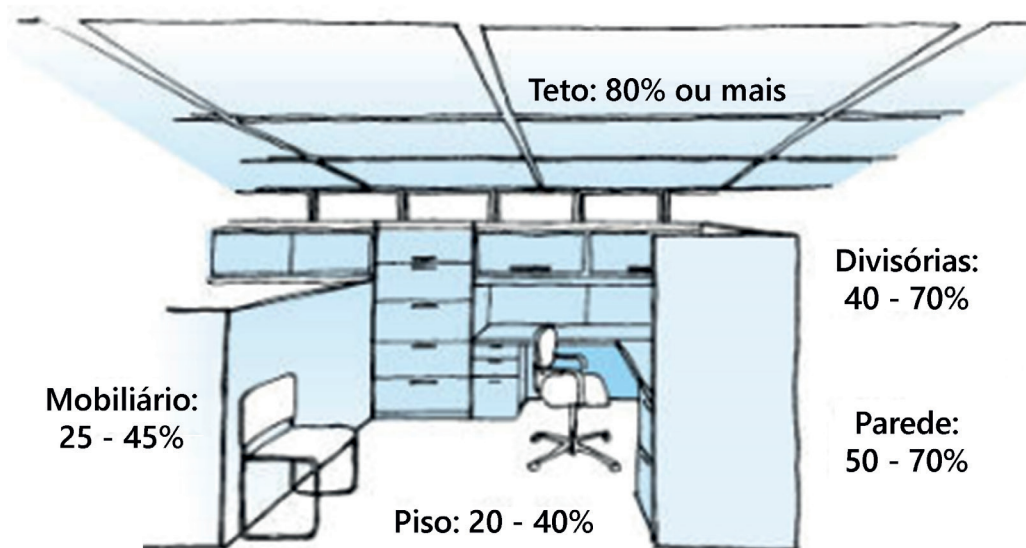


Figura 41 - Valores de refletância recomendados para o espaço e as superfícies do mobiliário. Fonte: Adaptado de IES Lighting Handbook, 10th Edition.

luminárias que apresentam os dois sistemas integrados.

Para evitar o desconforto causado pelo ofuscamento refletido na tela de computadores, a norma de iluminação brasileira sugere um ângulo máximo do plano de radiação bem como do posicionamento de monitores. Para luminárias que podem refletir ao longo da linha normal de visão de uma tela com inclinação de até 15° recomenda-se que os valores de luminâncias especificados não sejam excedidos em ângulos de elevação iguais ou superiores a 65°, a partir de uma linha vertical descendente em qualquer plano de radiação.

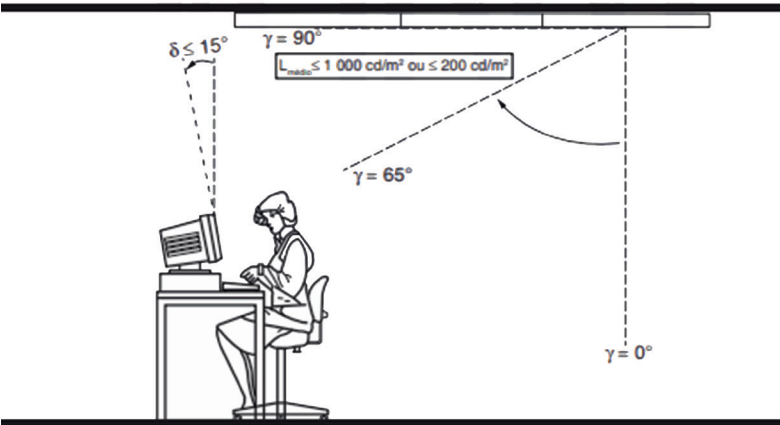


Figura 42 - Zona crítica de radiação que pode gerar ofuscamento. Fonte: ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1.

Além da preocupação com o ofuscamento a norma também determina outros parâmetros que devem ser observados a fim de satisfazer os critérios para uma boa iluminação em espaços de trabalho, entre os quais estão: direcionalidade da luz, cintilação, aspecto da cor da luz e superfícies, luz natural, iluminância, distribuição da luminância e manutenção. Para a maior parte

dos ambientes de um escritório a norma brasileira de iluminação prevê uma iluminância mínima de 500 lux, conforme tabela abaixo:

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\overline{E}_m$ lux	UGR_L	R_a
22. Escritórios			
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80
Desenho técnico	750	16	80
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80
Salas de reunião e conferência	500	19	80
Recepção	300	22	80
Arquivos	200	25	80

Figura 43 - Valores mínimos de iluminância (E_m), ofuscamento (UGR_L) e reprodução de cor (R_a) para ambientes num escritório. Fonte: ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1.

Um conceito importante presente na norma brasileira de iluminação de 2013 é o de área de tarefa e área de entorno imediato. Diferente da versão anterior (NBR 5413 – Iluminância de interiores) que considera apenas a iluminação geral, esta nova diferencia os valores de iluminância para as áreas de tarefa e entorno imediato, Entende-se como área de tarefa a região onde a atividade é executada e a área de entorno imediato como uma zona de pelo menos 0,5 metros ao redor do plano de tarefa e que pode ter valores de iluminância menores que os da área de tarefa. Entretanto, as iluminâncias das áreas de tarefa e do entorno não podem ser muito discrepantes para não causar fadiga visual e desconforto.

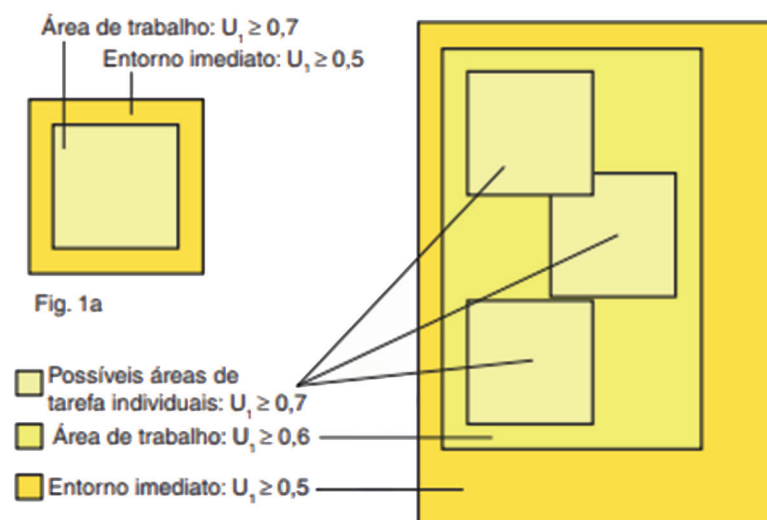


Figura 44 - Valores mínimos de uniformidade para as áreas num escritório. Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.



Figura 45 - A área de trabalho (amarelo) compreende a superfície de trabalho (tampo cinza) e o espaço do usuário (rosa). Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.

Com essa categorização das áreas espera-se uma economia tanto no custo de instalação e manutenção do sistema de iluminação artificial como no consumo energético já que é especificado um valor mínimo de uniformidade para o entorno de 0,5 e portanto, inferior a uniformidade mínima de 0,7 recomendada para a zona de tarefa. A norma ainda apresenta a área de trabalho como o espaço formado pela união de diversas áreas de tarefa, que não podem ser definidas por sua localização ser desconhecida ou por envolver um número de tarefas visuais diferentes. Nas áreas de trabalho a uniformidade pode ser maior ou igual a 0,6.

Para o projeto de iluminação de escritórios é essencial que além de favorecer o desempenho de tarefas visuais e ser estimulante seja levada em conta a eficiência energética de todo o sistema. Hoje isso é possível com o uso de tecnologias que permitem a redução dos custos operacionais e otimização do consumo energético como sensores de presença com acionamento automático, sistemas de controle e dimerização das luminárias, integração da luz artificial com a natural através da instalação de fotocélulas.

4.4 - O trabalho noturno e por turnos

O trabalho é essencial para a compreensão da formação da humanidade, já que influencia diretamente aspectos ligados à vida econômica e social do homem e é uma resposta aos desafios da natureza e luta pela sobrevivência. Sua execução pode ocorrer não só durante o dia, mas também, durante a noite e em al-

guns setores a manutenção ininterrupta das atividades exige a divisão de sua duração em turnos. A existência do trabalho noturno e em turnos não é um fenômeno recente, ao contrário, está vinculada a descoberta do fogo pelo homem, há cerca de 7000 a.C. (FISHER et al, 2004).

A descoberta do fogo permitiu ao homem estender um pouco mais sua permanência fora dos abrigos e contribuiu para as atividades de vigília do campo e rebanho. Nas antigas civilizações grega e romana a luz do fogo foi utilizada para garantir a segurança de campos militares e as atividades noturnas dos marinheiros. O crescimento das cidades fez aumentar a demanda por transporte e comunicação resultando em entregas de mercadorias no período noturno, seja pelo transporte terrestre ou marítimo (CHERES et al, 2011).

Na Idade Média houve sensível diminuição do trabalho noturno e em turnos motivada pelo aumento da população rural e consequente diminuição do comércio urbano, além da ocorrência de atividades comerciais apenas durante o dia. No entanto, essa situação foi revertida com a invenção da lâmpada elétrica por Thomas Edison, em 1879, já que viabilizou o trabalho em tempo integral bem como a oferta de bens e serviços sem interrupção (FISHER et al, 2004).

Durantes as guerras mundiais, mesmo com a proibição do trabalho noturno para menores e mulheres pela OIT (Organização Internacional do Trabalho), criada em 1918, a necessidade em atender as demandas dos militares envolvidos no conflito levou as indústrias a funcionar 24 horas por dia e a adotar o trabalho

em turnos, inclusive para mulheres e crianças. Após a 2ª Guerra Mundial, uma série de normas e instrumentos legais passam a garantir proteção e amparo ao trabalhador (ARAÚJO, 2007).

Hoje, o rápido crescimento e expansão das cidades, a emergência de novas tecnologias e os novos hábitos de consumo aumentaram a necessidade e a importância da economia noturna urbana. A oferta de vagas de trabalho no período noturno e em turnos tende a crescer, seja para manter os serviços essenciais de uma cidade em funcionamento durante as 24 horas ou simplesmente para atender vontades individuais de consumo.



Figura 46 - Festa noturna no Largo São Francisco da Parinha, no Rio de Janeiro. Fonte: disponível em <https://oglobo.globo.com/rio/com-estilos-musicais-variados-festas-tomam-conta-das-ruas-do-rio-20088590> (acesso em 27/09/2019).

O trabalho em turno consiste numa organização temporal do trabalho que garante a continuidade da produção ou prestação de serviços ininterruptamente, durante as 24 horas diárias ou não, incluindo ou não



Figura 47 - Controle do tráfego aéreo no começo do período noturno. Fonte: disponível em https://www.atcsb.com.br/wp/wp-content/uploads/2015/10/banner1_NATS.jpg (acesso em 20/10/2019).

os finais de semana. No Brasil segundo o artigo 73 da Consolidação das Leis de Trabalho – CLT, é considerado como trabalho noturno o período em que as tarefas são executadas das 22h às 5h do dia seguinte. Para atividades no meio rural esse período se estende das 21h às 5h do dia posterior. Esse regime de trabalho é adotado principalmente em empresas e indústrias de manufatura cujo processo de produção é contínuo e envolve baixo nível de customização e alto volume produzido (SILVA, M.P., 2008).

Sob o ponto de vista do número de ciclos e duração da produção, o trabalho em turnos pode ser classificado em:

- Contínuo: a produção ocorre sem interrupção ao longo das 24 horas, com jornadas divididas em turnos, geralmente de 8 ou 6 horas.

- Semi contínuo: manufatura ao longo das 24 horas com uma pausa na produção de 1 ou 2 dias.
- Descontínuo: a produção ocorre durante uma parte do dia, por isso há uma redução na quantidade de turnos de trabalho.

Quando se considera o horário de trabalho, os turnos podem ter a seguinte categorização:

- Turno fixo: as tarefas ocorrem sempre no mesmo horário.
- Turno alternante: o trabalhador cumpre seus horários com base numa escala que estabelece alternância de turnos
- Turno irregular: as jornadas de trabalho não possuem horário definido.

A alternância nos turnos é conhecida como rotação. Quando a rotação ocorre no sentido horário, os turnos mudam da manhã para a noite, enquanto que na rotação anti-horária a mudança ocorre da noite, passando para a tarde e por fim, manhã. A rotação ainda pode ser classificada como lenta, geralmente com variações semanais ou como rápida, quando os turnos mudam em menos de uma semana, normalmente a cada dois ou três dias (SILVA, M.P., 2008).

A combinação das características mencionadas gera uma grande diversidade nas escalas de trabalho em turnos adotadas e uma mesma empresa pode apresentar mais de um tipo de escala. As escalas de trabalho envolvem aspectos como a duração e horários de início



Figura 48 - Serviços noturnos no meio urbano. Fonte: disponível em https://www.london.gov.uk/sites/default/files/24_hour_london_vision.pdf (acesso em 02/09/2019).

e término de cada turno, a regularidade e a flexibilidade da escala, a rotação dos turnos, a quantidade e distribuição dos dias de folga, entre outros que devem ser analisados em conjunto com uma visão mais ampla de todo o contexto do trabalho, como o tipo de tarefa a ser desempenhada, a quantidade de pessoas envolvidas, as principais cargas de trabalho, entre outros (FISHER et al, 2004).

O trabalho em turnos implica na dessincronização de ritmos endógenos, mas de todos os períodos, o trabalho no turno noturno é o que apresenta maior risco de distúrbios fisiológicos e psicossociais, incorrendo em desgastes na vida familiar e social, no desempenho das tarefas, com maior vulnerabilidade à acidentes de trabalho, e por fim sobre a qualidade de vida do trabalhador.

Muito comum em pessoas que trabalham no turno noturno, a privação do sono é uma problemática que pode afetar o desempenho diário, as funções cognitivas, além de ocasionar estados de fadiga e afetar o humor. A privação do sono quando recorrente pode contribuir para a curta duração e baixa qualidade do período de sono (MORENO, 1998)

Na parcela da população que desempenha algum tipo de trabalho no período noturno, a ausência da luz natural no ambiente de trabalho torna mais exacerbados os impactos na saúde (MARTAU, 2009). Num estudo, foi constatado que 10 a 30% dos trabalhadores que trabalham no turno noturno apresentam sonolência excessiva e/ou insônia, o que se deve a uma dificuldade de sincronização dos ritmos circadianos endógenos

com a rotina de atividades no período noturno. Quadros como este também explicam o desenvolvimento do transtorno do trabalho por turnos ou shift work disorder – SWD (GUMENYUK et al, 2012).

A vida no meio urbano é marcada por diferentes ritmos de trabalho, lazer e uso dos espaços da cidade,

reflexo da crescente importância do setor de serviços, o que originou a ideia de uma cidade 24 horas. Em algumas cidades a vida noturna é tão relevante para a economia local que expressões como “bairro boêmio” ou “a cidade que nunca dorme” tornam-se sinônimos para certos locais (RECKZIEGEL, 2009).



Figura 49 - Festa noturna em skybar de Beirute, no Líbano. Fonte: disponível em <https://whatson.ae/dubai/wp-content/uploads/2018/09/skybar-beirut-featured-963x400.jpg> (acesso em 30/10/2019).

Em certos casos, o cenário noturno passa a ser símbolo de modernidade e vira a marca de cidades, que conseguem maior dinamismo ao redefinir novas funções e recuperação de áreas antigas e decadentes. A procura por produtos e serviços no período noturno cria a demanda por outras atividades complementares, geralmente relacionadas à infraestrutura, estaciona-

mento, serviço de manobrista e táxi, que contribuem para o crescimento da ocupação local e reforçam a importância destas atividades para a economia urbana e bem-estar da população (RECKZIEGEL, 2009).

Quando se pensa em São Paulo, uma das maiores cidades do Brasil, a percepção de crescimento das

atividades noturnas é ainda mais intensa (LEONARDE, A.; UVINHA, R. R., 2016). Segundo dados da Associação Brasileira de Bares e Restaurantes (Abrasel) e da São Paulo Turismo – Spturis, existem em São Paulo cerca de 20 mil restaurantes e 30 mil bares, colocando a cidade no segundo lugar em quantidade de restaurantes, ficando atrás apenas de Nova Iorque. Ainda possui 53 shoppings, 314 salas de cinema, 145 teatros e casa de espetáculos, 184 casas noturnas e uma grande variedade de eventos culturais.



Figura 50 - Bares da região de Vila Madalena, em São Paulo. Fonte: disponível em <http://placestovisitbrazil.com/vila-madalena-bohemian-culture-and-art/> (acesso em 02/11/2019).

A diversidade de opções para o lazer noturno aumenta o potencial atrativo da cidade de São Paulo. Assim, graças ao crescimento do entretenimento noturno paulista, outros setores importantes para a eco-

nomia, como as viagens à negócios e turismo, são impulsionados. A intensificação das atividades voltadas ao lazer noturno contribuir para reforçar uma identidade cultural à cidade, além de gerar empregos e renda.

Apesar do aumento do lazer noturno nas grandes cidades ele ainda se concentra em espaços internos de bares, restaurantes, shoppings, entre outros. Além disso, o dinamismo da vida noturna encontra algumas barreiras como altos níveis de ruído, violência e informalidade. Para reverter esse cenário mostra-se necessária a adoção de políticas públicas para maior uso do espaço público no período noturno aliado ao planejamento cuidadoso de espaços mais democráticos e acolhedores bem como o aumento da oferta de transporte público à noite, já que a frota costuma ser reduzida ou às vezes inexistente nos horários mais avançados (SEBASTIÃO, FONTES E MAGAGNIN, 2016).

4.5 - O caso de Londres

Um número crescente de cidades ao redor do mundo tem mostrado interesse em melhorar a qualidade e a oferta de serviços após o pôr do sol, tendo em vista as vantagens que as atividades no período noturno podem oferecer e seu potencial transformador. Londres é um exemplo de cidade que têm desenvolvido um conjunto de princípios e um plano de ação para impulsionar a qualidade da vida e economia urbana noturna.

Em dados publicados pela London First, entidade empresarial britânica, a economia noturna de Londres é responsável pela geração de 723.000 vagas de

emprego, o que equivale a um posto de trabalho em cada oito. Deste total a maior parte concentra-se na indústria de transporte e armazenamento, com 107.136 vagas, seguido de 101.282 na área de saúde e trabalho social; 97.125 em hotéis e restaurantes; 62.150 no setor administrativo e serviços de suporte; 59.803 no atacado, varejo e reparo; 59.248 na área de informação e comunicação e 46.592 nas artes e entretenimento. Estima-se ainda um potencial de geração de 66.000 novos postos com incremento, até o final desta década, de 2 bilhões de libras na economia londrina.

Um grande passo para o desenvolvimento da economia noturna londrina foi dado em agosto de 2016 quando foi inaugurado o Night Tube, estendendo a circulação do metrô por toda noite aos finais de semana. Implementado inicialmente em duas linhas, desde dezembro de 2016 o serviço noturno do metrô atende 5 linhas e segundo dados da agência municipal de transportes de Londres a oferta durante a madrugada teria impacto na criação de cerca de quase 2000 novos empregos, dos quais 265 postos criados dentro da empresa que opera o metrô, além de economia média de 20 minutos nos deslocamentos, podendo chegar a 1 hora em algumas rotas.

O plano elaborado para promover a vida noturna londrina foi apresentado pelo prefeito de Londres em 2017 e consolida 10 princípios, que ajudarão a cidade a competir com outras capitais noturnas globais como Paris, Nova York, Tokyo, Berlim, entre outras. Segundo os 10 princípios formulados, Londres à noite deverá:

1. ser uma líder global

2. criar oportunidades para todos os londrinos, independente da idade, deficiência, identidade de gênero, raça, religião, orientação sexual, entre outros
3. promover todas as formas de atividades culturais, lazer, varejo e serviço
4. garantir segurança e bem estar a todos os moradores, trabalhadores e turistas
5. promover acolhimento e vida noturna acessível
6. promover e proteger investimentos, atividade e empreendedorismo
7. atrair turistas domésticos e internacionais à Londres
8. ter atividades estrategicamente localizadas em Londres para promover oportunidades e minimizar o impacto
9. se tornar uma cidade 24 horas que abriga estilos de vida flexíveis
10. levar em consideração as futuras tendências globais e domésticas em lazer, migração, tecnologia, emprego e economia.

Como uma grande iniciativa para se transformar numa "cidade 24 horas", o prefeito de Londres também criou a Night Time Commission em outubro de 2017 com o objetivo de liderar estudos que possam mensurar os impactos da vida noturna nos diversos setores da economia de Londres e entender como os londrinos e turistas se relacionam com a cidade das 18h às 6h. O

último relatório produzido, “Think Night: London’s: Neighbourhoods from 6pm to 6am”, foi publicado em 31 de janeiro de 2019 e mostrou a visão de moradores de

Londres, trabalhadores noturnos, conselhos, empresas, grupos comunitários, organizações do setor público e turistas. Entre os dados levantados estão:

FATOS DA VIDA NOTURNA DE LONDRES



Figura 51 - Fatos da vida noturna de Londres. Fonte: Adaptado de “THINK NIGHT: LONDON’S NEIGHBOURHOODS FROM 6PM TO 6AM” disponível em <https://www.london.gov.uk/what-we-do/arts-and-culture/24-hour-london/think-night> (acesso em 30/09/2019).

O plano apresentado pela prefeitura londrina tem caráter abrangente e pretende estimular o desenvolvimento de vários tipos de serviços oferecidos à noite ao invés de priorizar apenas pubs e casas noturnas, embora estes sejam locais estratégicos para a economia da noturna. Assim, com uma diversidade de atividades a economia da cidade ganha dinamismo e tem capacidade para gerar mais empregos.

Apesar dos benefícios para a receita de Londres, alguns aspectos merecem um cuidado maior. Um deles é a necessidade de cuidar do pequeno negócio, já que com o processo de gentrificação da cidade muitos estabelecimentos estão perdendo seu terreno para abrigar em seu lugar edifícios residenciais de alto padrão além de outros usos. Outro ponto que precisa ser avaliado é o desafio em conciliar os interesses da parcela da população que desfruta do lazer e entretenimento noturno com os da outra parcela que prefere dormir à noite. Ainda, o crescimento das vagas à noite, reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à saúde do trabalhador noturno.

Referências Bibliográficas

- ANTON, K. History of the Office. Trabalho de Graduação. 2015. 35p. – Faculdade de Arquitetura, Politecnico di Milano, 2015
- ARAÚJO, A.J. Trabalho em turnos e noturno e cronobiologia. In: JANSEN, J.M., et al., orgs. Medicina da noite: da cronobiologia à prática clínica [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2007, p. 299-324.
- BADIGLIAN, J. Hoteling: otimização de espaço para escritório. 2010. 58p. Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.
- BOUBEKRI, M.; CHEUNG, I. N.; REID, K. J.; WANG, C-H; ZEE, P. C. Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers: A Case-Control Pilot Study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, v. 10, n. 6, p. 603-611, 2014.
- CALDEIRA, V. Ambientes de trabalho. *Revista Arquitetura e Urbanismo (AU)*, edição 133, 2005.
- CARDER, P. The complex and ever changing relationship between economic activity, productivity and the functioning of the modern office. *Revista Work&Place*, v.6, p.26 – 29. 2015.
- CHERES, J.E.C.; SOUSA, C.A.; CARVALHO, J. Trabalho noturno: a inversão do relógio biológico. *Revista Eletrônica de Ciências Jurídicas*, Ipatinga, MG, v. 1, n. 3, p. 9 - 44, 2011.
- FÉLIX, A. B. Os edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: transformações e tipologias. 2006. 272 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2006.
- FERNANDES, P. S. Estudo dos sistemas de iluminação artificial em edifícios corporativos: o escritório sede da Philips em Barueri. 2016. 146 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2016.
- FISCHER, F.M.; MORENO, C.R.C.; ROTENBERG, L. Trabalho em turnos e noturno na sociedade 24 horas. São Paulo: Atheneu, 2003, 238 p.
- FONSECA, J. F. A contribuição da ergonomia ambiental na composição cromática dos ambientes construídos de locais de trabalho de escritório. 2004, 292 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GATTER, L. S. THE OFFICE: An Analysis of the Evolution of a Workplace. 1982. 143 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Instituto de Tecnologia de Massachusetts, EUA, 1982.

GUMENYUK, V.; ROTH, Thomas; DRAKE, C. L. Circadian Phase, Sleepiness, and Light Exposure Assessment in Night Workers With and Without Shift Work Disorder. *Chronobiology International*, v. 29, n. 7, p. 928 – 936, 2012.

HORSCHUTZ, A.M.C.L. Ocupação de Edifícios de Escritórios Corporativos em São Paulo – O Caso do IBM Tutóia. 2007. 251 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

LEONARDE, A.; UVINHA, R. R. A cidade do entretenimento: um estudo sobre a identidade cultural da cidade de São Paulo. *Caderno Virtual de Turismo*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 32-45, 2016.

MACCORMAC, R. There is no reason why the office as a building type should not re-invest itself with a sense of belonging. Disponível em <https://www.architectural-review.com/essays/archive/there-is-no-reason-why-the-office-as-a-building-type-should-not-re-invest-itself-with-a-sense-of-belonging/10002162.article>. Acesso em 05/04/2019.

MARTAU, B.T. A luz além da visão: iluminação e sua influência na saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.

MORENO, C. R. de C. Fragmentação do sono e adaptação ao trabalho noturno. 1998. 128 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

NISSOLA, N. J. Análise da influência da luz natural na probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes com terminais de

vídeo - Um estudo de caso. 2005, 205 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PAIS, A. M. G. Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório: Influência no conforto visual. 2011. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ergonomia na Segurança no Trabalho) - Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2011.

RASSIA, S. T. Office Building: A Brief Historical Overview. In: *Workplace Environmental Design in Architecture for Public Health - Impacts on Occupant Space Use and Physical Activity*, Springer International Publishing, 2017, p. 9-15.

RECKZIEGEL, D. Lazer noturno: aspectos configuracionais e formais e sua relação com a satisfação e preferência dos usuários. 2009, 217 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

ROCHA, C. Por que Londres quer virar uma 'cidade 24 horas, 2017. Disponível em < <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2017/08/13/Por-que-Londres-quer- virar-uma-cidade-24-horas> > (acesso em 12/07/2019).

SEBASTIÃO, S. P. O.; FONTES, M.S.G.C. e MAGAGNIN, R. C. O uso noturno do espaço público: estudo em um eixo urbano de bauru-sp. Anais do 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. In: *PLURIS contrastes, contradições, complexidades: desafios urbanos no Século XXI*, Maceió: Viva Editora, 2016, p. 1 – 12.

SILVA, M.P. Sistemas de trabalho em turnos e seus impactos sobre a saúde dos trabalhadores: uma abordagem ergonômica. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do

Sul, Porto Alegre. 2008.

TfL 90993 – Impact of the Night Tube on London’s Night-Time Economy, September 2014. Disponível em <https://tfl.gov.uk/campaign/tube-improvements/what-we-are-doing/night-tubeTHINKNIGHT> (acesso em 22/06/2019).

THE IESNA LIGHTING HANDBOOK: REFERENCE & APPLICATION, Illuminating Engineering Society of North America, 9ª edição, Nova York, 2000, 1036 p.

Think night: london’s neighbourhoods from 6pm to 6am - LONDON NIGHT TIME COMMISSION, 2019. Disponível em < https://www.london.gov.uk/sites/default/files/think_night_londons_neighbourhoods_from_6pm_to_6am.pdf > (acesso em 22/06/2019).

ZANARDO, M. D. A qualidade de vida do trabalhador noturno e as relações do sono e do dia de descanso com o seu desempenho profissional. 2010, 129 p. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2010.

ZANUTO, S. Contribuição do ambiente físico para o bem-estar nos escritórios corporativos. 2017. 129p. Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2017.

05.

ILUMINAÇÃO NO SÉCULO XXI

5.1 - Evolução nos critérios de qualidade da iluminação	70
5.2 - O conceito de iluminação circadiana	73
5.3 - Quantificação circadiana	74



5.1 - Evolução nos critérios de qualidade da iluminação

Enquanto o homem dependia da luz natural e do fogo para a realização de suas tarefas visuais diárias os fundamentos da iluminação estavam voltados à quantidade de luz disponível principalmente ao anoitecer. Há cerca de 200 anos, o uso de fontes de iluminação artificial limitava-se ao posicionamento das luminárias à óleo ou a partir da chama de velas (ERCO, 2014). Após a invenção da lâmpada incandescente de Thomas Edison, em 1879, e posterior disseminação das fontes artificiais elétricas o diálogo entre arquitetura e luz artificial ampliou as possibilidades de percepção do espaço e a compreensão dos efeitos da iluminação sobre espaço construído (KUTLU, 2007).

No final do século XIX e início do século XX, a gradual disseminação do uso de lâmpadas incandescentes proporcionou um considerável aumento nos níveis de iluminação, o que foi potencializado com a chegada das lâmpadas fluorescentes ao mercado na década de 1930. A consolidação do uso das lâmpadas fluorescentes por volta da década de 1950 fez emergir a necessidade de formas de controle do ofuscamento direto, resultando no uso de difusores e grelhas, além de incitar debates sobre a reprodução e temperatura de cor das fontes artificiais (HALONEN et al, 2010).

A crise energética na década de 1970, motivou a redução do consumo de energia e sua conservação. Isso justifica os avanços nas pesquisas sobre eficiência energética e novas fontes de energia foram desenvol-

vidas. Este cenário exigiu a reavaliação dos padrões utilizados até então para o projeto de iluminação e a eficiência do sistema de iluminação passou a ser considerada como um requisito para uma boa iluminação.

Até a década de 1990 as recomendações voltadas ao projeto de iluminação concentravam-se nos aspectos quantitativos. A partir desta década, novas discussões passaram a incluir parâmetros qualitativos ao que seria considerado um bom sistema de iluminação e surgiram novas abordagens na tentativa de conceituar a qualidade de iluminação (VEITCH, 2001). Cada autor trouxe novas definições e formas de avaliação, entre os quais estão os trabalhos de Bear and Bell, 1992; Loe and Rowlands, 1996; Veitch and Newsham, 1998; Boyce and Cuttle, 1998 (HALONEN et al, 2010).

Dentre esses autores, merece destaque o estudo apresentado por Veitch e Newsham em 1998. No modelo apresentado por estes autores, a ênfase está nos efeitos sobre o ser humano e não mais sobre o espaço, associando a qualidade de iluminação aos impactos sobre o desempenho de tarefas, saúde e comportamento dos usuários para um dado ambiente, embora não sejam especificadas maneiras de mensurar o desempenho nem descrevem quais as influências sobre a saúde que a iluminação possa ter (MARTAU, 2009).

Posteriormente, nos anos 2000, a Sociedade Norte Americana de Engenharia de Iluminação (IESNA), numa atualização do seu manual de iluminação, "The IESNA Lighting Handbook Reference & Application", incluiu um capítulo dedicado ao conceito de qualidade de iluminação, fruto dos debates que já ocorriam entre

pesquisadores do mundo todo nesta temática desde a década de 1990. No modelo apresentado pela IESNA, a qualidade de iluminação resulta de uma abordagem que integra a arquitetura, as necessidades humanas e aspectos econômicos e sociais (MARTAU, 2009).



Figura 52 - Requisitos para a qualidade da iluminação segundo a IESNA. Fonte: Adaptado de <https://www.ies.org/about/mission-vision-beliefs/> (acesso em 03/11/2019).

A publicação desta definição pela IESNA foi um grande passo dado para a aceitação da influência da luz sobre a saúde. A partir deste modelo a qualidade de iluminação passa a ser associada a iluminação saudável. Em publicação de 2004, da Comissão Internacional

de Iluminação (CIE), o Comitê Técnico 6-11 apresentou os princípios que deveriam nortear uma iluminação saudável considerando os efeitos biológicos da luz:

- A dose diária de iluminação recebida por pessoas em países ocidentais pode ser mais baixa.
- Iluminação saudável esta intrinsecamente relacionada à escuridão saudável.
- Luz para ação biológica deve ser rica nas regiões do espectro cujo sistema não visual se mostra mais sensível.
- Uma importante consideração na determinação da dose luminosa é a luz recebida pelo olho, ambas diretamente pela fonte de luz e refletidas nas superfícies do entorno.
- O tempo de exposição à luz influencia os efeitos sobre a dose.

A diversidade de abordagens para definir e avaliar a qualidade de um sistema de iluminação reforça a impossibilidade de estabelecer critérios universais que possam mensurar os fatores qualitativos. Isso pois cada ambiente requer uma demanda específica de visibilidade. Ainda, o envolvimento da percepção individual agrega uma avaliação subjetiva e que, portanto, varia conforme as experiências individuais e culturais.

A dificuldade em se determinar um padrão de avaliação qualitativo, também decorre da inviabilidade de se analisar simultaneamente todas as variáveis envolvidas, já que a percepção não ocorre isoladamente (MARTAU, 2009). Isso explica o fato de que cada abordagem para a qualidade de iluminação proposta ser es-

pecífica para um contexto e possuir limitações na avaliação. Apesar disso há critérios que se mostram comuns e os princípios de boas práticas de iluminação devem ser o ponto de partida para o projeto luminotécnico.

Hoje existe uma nova abordagem em iluminação que concilia o atendimento da luz para o desempenho das tarefas visuais com o suporte as demandas biológicas e satisfação emocional do ser humano. Trata-se do conceito de “Human Centric Lighting”, que considera a combinação do contexto das pessoas, do tempo e espaço para uma aplicação específica, tendo a luz natural como referência para uma boa iluminação (KLUIZENAR et al, 2016).

Atualmente algumas tecnologias permitem maiores possibilidades de controle e mudança da temperatura de cor e intensidade num ambiente, entre as quais estão os sistemas “Dim to Warm” e “Tunable White”. Os LEDs com ajuste “Dim to Warm” conseguem simular o efeito de dimerização de uma lâmpada incandescente, com simultânea variação de temperaturas de cor (1800K à 3000K ou de 2700K à 4000K) e intensidade. Na versão com “Tunable White”, os LEDs podem variar temperatura de cor (do branco quente ao frio) e intensidade de maneira independente.

“Dim to Warm” e “Tunable White” são duas tecnologias que contribuem com a concepção de um projeto de iluminação saudável, no entanto, o simples fato de afirmar que a iluminação foi pensada para os seres humanos ou ainda, apresenta um controle da intensidade e ajuste de cores não é suficiente para considerar que um sistema de iluminação utilizou as soluções pro-

postas pelo conceito de “Human Centric Lighting”, já que há muitas variáveis envolvidas.

Segundo um documento emitido, em fevereiro de 2017, conjuntamente pela Lighting Europe, uma associação industrial que reúne 33 fabricantes europeus de iluminação, associações nacionais e empresas produtoras de materiais voltadas ao segmento de iluminação, e o IALD (International Association of Lighting Designers), existem alguns habilitadores que embasam a aplicação dos princípios de “Human Centric Lighting”.

Os habilitadores técnicos compreendem a iluminação inteligente, com o uso de sensores e sistemas de controle dinâmico; a possibilidade de controle pessoal da luz, que varia com a idade, gênero, cronotipo, interesses e atividades; e o conceito de “tunable white”, que implica no ajuste da intensidade e temperatura de cor da fonte luminosa. Os habilitadores de conteúdo estão relacionados com a luz circadiana, seguindo a dinâmica de comportamento da luz natural; o suporte às atividades, com a configuração de cenários de iluminação específicos para cada atividade; e a luz natural, com direção e efeitos naturais relacionados à efeitos inconscientes nas pessoas.

A preocupação com o desempenho, a saúde e o bem-estar são as bases da ideia de “Human Centric Lighting”, mas não são suficientes para garantir a qualidade de um sistema de iluminação. Segundo o IALD, a qualidade na iluminação está sustentada por três dimensões que envolvem: as necessidades humanas, o que engloba as demandas do conceito de “Human Centric Lighting”; a eficiência energética, econômica e am-

biental, além de aspectos relacionados com a arquitetura e/ou problemas referentes ao terreno e à construção.

5.2 - O conceito de iluminação circadiana

A descoberta que revelou a existência de um terceiro tipo de fotorreceptor ligado aos efeitos não visuais da luz abriu caminho para uma série de estudos subsequentes que buscam esclarecer mais detalhes da relação entre os impactos da luz na saúde do ser humano. As constantes pesquisas e o crescimento de debates nesta temática demonstram a necessidade de incluir os efeitos da luz sobre a saúde como mais um aspecto a ser considerado pelos projetistas de iluminação.

Numa alusão às condições da luz que influenciam o sistema não visual e a regulação dos ritmos endógenos foi criado o termo iluminação circadiana. As características da iluminação potencialmente estimuladoras dos ritmos circadianos humanos são:

INTENSIDADE: diferente do sistema visual, a resposta circadiana demanda níveis mais altos de iluminação, isso pois as células ipRGCs tem menor sensibilidade à luz quando comparadas aos cones (LIRA-OLIVER, 2018). Além disso, a influência sobre os ritmos endógenos decorre da variação da intensidade de luz ao qual o homem foi exposto ao longo do dia (SOARES e MARTAU, 2019).

ESPECTRO: a supressão de melatonina pela luz é altamente sensível aos comprimentos de onda curtos que compõem o espectro visível da luz, especialmente

a faixa compreendida entre 460nm e 480nm, mesmo intervalo do pico de sensibilidade da melanopsina (o fotopigmento das células ipRGCs). Comparada com a luz branca policromática das fontes artificiais a luz saturada na cor azul é mais eficiente no estímulo circadiano, já que 30lux de luz azul saturada atingindo a córnea produzem um efeito similar à 400lux de uma fonte de 6500K ou 550lux de uma fonte com 2700K., na córnea (FIGUEIRO, 2017).

QUANTIDADE: alguns estudos sugerem que a quantidade de pulsos de luz que chega ao olho pode ser mais efetiva no deslocamento de fase circadiana do que a composição espectral da luz. No entanto, para a supressão de melatonina a componente azul do espectro da luz ainda se mostra mais poderosa pois quanto maior a quantidade de energia nos comprimentos curtos do espectro da luz, menor será a quantidade de luz necessária para influenciar a produção de melatonina (LIRA-OLIVER, 2018).

DURAÇÃO: enquanto o sistema visual tem uma resposta quase imediata para o estímulo da luz (menor que 1 segundo), a duração da exposição à luz capaz de influenciar o sistema circadiano é maior. Em jovens adultos, por exemplo, pode chegar a pelo menos 5 a 10 minutos de duração (FIGUEIRO, 2017).

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL: para o impacto biológico, a direção a partir da qual a luz atinge os olhos é outro fator particularmente importante. Sabe-se que a concentração de células ganglionares da retina intrinsecamente fotossensíveis (ipRGCs) é maior na área inferior-nasal da retina e, portanto, a sensibilidade dos

fotorreceptores aos efeitos biológicos da luz é maior (KHADEMAGHA et al, 2016). Dessa forma a iluminação vertical que atinge a córnea, e posteriormente a retina, é biologicamente mais eficaz que a luz horizontal do plano de trabalho. Para a luz proveniente de fontes no teto, a distribuição ideal da luz é a que traz uma relação entre a porção horizontal e vertical de pelo menos 7:10 (FIGUEIRO, 2017).

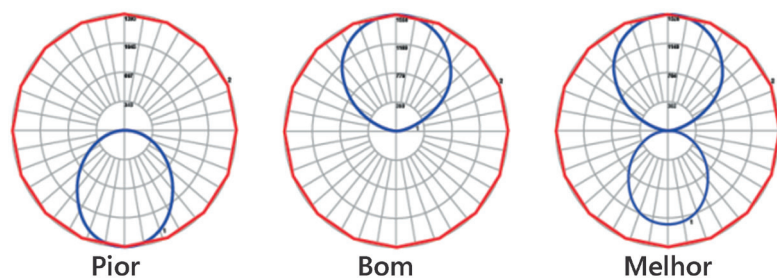


Figura 53 - Distribuição fotométrica recomendada para a eficácia no estímulo biológico da luz. Fonte: Adaptado de FIGUEIRO, M.; GONZALES, K., PEDLER, D., 2017.

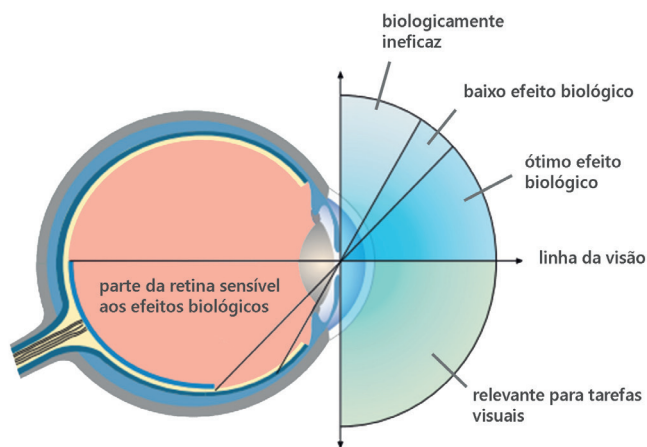


Figura 54 - Representação da direção da luz para o estímulo biológico. Fonte: Adaptado de https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1809_lw21_E_Guide_HCL_web.pdf/ (acesso em 12/10/2019).

HORÁRIO: Para a sincronização circadiana é fundamental a exposição diária aos elevados níveis de iluminação durante as primeiras horas da manhã (FIGUEIRO, 2017).

HISTÓRICO DE EXPOSIÇÃO: A sensibilidade do sistema circadiano pela luz é afetada pelo histórico de exposição aos comprimentos de onda curtos. Assim, quanto maior é a exposição à luz durante o dia menor será a sensibilidade do sistema circadiano à luz no período noturno, mensurada através da supressão de melatonina e mudança de fase (ACOSTA et al, 2017).

5.3 - Quantificação circadiana

Com o aumento da consciência dos impactos não visuais da luz, a qualificação de um sistema de iluminação a partir das grandezas fotométricas usuais, que permitem quantificar os impactos visuais, não é apropriada para mensurar os efeitos da luz sobre o sistema biológico endógeno humano. Em um estudo comparou-se os efeitos biológicos da exposição à três situações diferentes de iluminação: ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes compactas de 2500K e 6500K e lâmpadas incandescentes de 3000K. Embora todas as situações apresentassem o mesmo nível de iluminância, 40lux, a configuração da iluminação com 6500K apresentou a maior a supressão de melatonina, aumento da sensação de alerta, bem-estar e conforto visual (CHELLAPPA et al, 2011).

Para quantificar os efeitos não visuais da luz e caracterizar a luz que estimula os ritmos circadianos

humanos algumas métricas foram desenvolvidas, entre as quais estão o Lux Melanópico (Melanopic Lux) desenvolvido por um conjunto de cientistas (LUCAS et al, 2013) e os conceitos de Luz Circadiana (circadian light - CLA) e Estímulo Circadiano (circadian stimulus - CS) elaborados por pesquisadores do Lighting Research Center, nos EUA (REA et al, 2010).

O conceito do Lux Melanópico é baseado no espectro de ação da melanopsina e determina por meio de uma função de eficiência luminosa, cujo pico está em 480nm, como este fotopigmento se comporta na presença da luz. Em contrapartida, tanto na Luz Circadiana (CLA) como no Estímulo Circadiano (CS), são levados em consideração não somente os efeitos da melanopsina como também dos fotopigmentos dos cones e bastonetes.

A Luz Circadiana (CLA) caracteriza a irradiância na córnea ponderada pela sensibilidade espectral do sistema circadiano e é determinada por meio de duas funções de ponderação espectral, uma para fontes de luz fria e outra para fontes de luz quentes. O Estímulo Circadiano (CS) define a eficácia calculada da irradiância ponderada espectralmente na córnea, a partir da transformação da luz circadiana (CLA), do limiar (CS = 0,0) até a saturação do sistema (CS = 0,7) e é diretamente proporcional a supressão noturna de melatonina após 1h de exposição à luz (FIGUEIRO e REA, 2017).

Para aplicação em projetos de iluminação em ambientes de trabalho, são sugeridos valores para CS maiores ou igual a 0,3 durante o dia e inferiores à 0,1 durante a noite para aumentar a qualidade e duração

do período de sono, redução dos sintomas de depressão e melhora do humor (FIGUEIRO, 2017). Embora seja indicado que as medições devem ocorrer no plano vertical no nível do olho do usuário, esta métrica não indica uma altura fixa a partir do qual devem ocorrer as medições de iluminância (CHAVES e MARTAU, 2019).

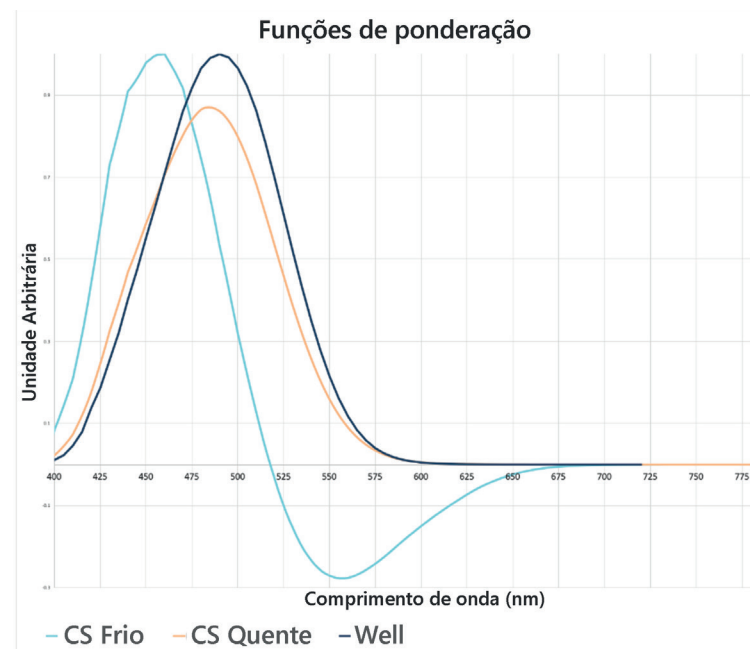


Figura 55 - Representação das funções de ponderação dos modelos de estímulo circadiano (para fontes quentes e frias) e lux melanópico equivalente (Well Building Standard). Fonte: Adaptado de <https://resources.wellcertified.com/articles/circadian-rhythms/> (acesso em 12/10/2019).

Em 2017, a certificação Well Building Standard adotou uma versão adaptada do Lux Melanópico, Essa alteração resultou num novo modelo de quantificação do estímulo circadiano da luz, o Lux Melanópico Equivalente (Equivalent Melanopic Lux – EML) determinado pela multiplicação do lux fotópico por um fator de con-

versão obtido no preenchimento da planilha de cálculo Melanopic Ratio.

Para áreas de trabalho, a certificação Well Building Standard recomenda:

- 200 EML no plano vertical perpendicular à direção do olhar, à 1,2m do piso, quando 75% das estações de trabalho estiverem em uso e com contribuição da luz natural, das 9h às 13h.
- 150 EML no plano vertical, num ambiente iluminado somente por luz artificial e com 100% de ocupação das estações de trabalho.

Tanto o Estímulo Circadiano (CS) como o Lux Melanópico Equivalente (EML) utilizam a distribuição espectral de potência como base para cálculo, além de considerarem a luz que entra no olho pelo plano vertical. No entanto, o EML resulta de uma equivalência com o Lux Fotópico, enquanto que o CLa e CS estabelecem novas unidades de medida (CHAVES e MARTAU, 2019).

Recentemente, o Comitê Técnico Conjunto 9 da Comissão Internacional de Iluminação (CIE) elaborou a norma CIE S 026 / E: 2018: Sistema cie para metrologia de radiação óptica para respostas à luz influenciadas pelo ipRGC. Neste documento é apresentada uma métrica baseada no mesmo modelo biológico do EML, mas com escala diferente em que 1 EML = 0,91 equivale à luz do dia melanópica D65.

Referências Bibliográficas

ACOSTA, I.; LESLIE, R. P.; FIGUEIRO, M. G. Analysis of circadian stimulus allowed by daylighting in hospital rooms. *Lighting Research and Technology* v. 49, p. 49 - 61, 2017.

BEAR, A. R.; BELL, R. I. The CSP index: a practical measure of office lighting quality. *Lighting Research and Technology* v. 24, n. 4, p. 215 - 225, 1992.

BOYCE, P. R.; CUTTLE, C. Discussion In: VEITCH, J. A.; NEWSHAM, G. R. Determinants of lighting quality I: state of the science. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 27, n. 1, p. 92- 106, Winter 1998. VEITCH, J. A.; NEWSHAM, G. R., Determinants of lighting quality I: State of the Science. *Journal of the Illuminating Engineering Society* v. 27, n. 1, p. 92 - 106, 1998.

CHAVES, N.P.; MARTAU, B.T. Repensando o projeto de iluminação: avaliação de métricas de luz circadianas. In: *Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído*. 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. P 532 - 543.

CHELLAPPA, S.L.; STEINER, R.; BLATTNER, P.; OELHAFEN, P.; GÖTZ, T.; CAJOCHEN, C. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? *PLOS ONE*, v. 6, n. 1, p. 1 - 11, 2011.

FIGUEIRO, M. Disruption of Circadian Rhythms by Light During Day and Night. *Curr Sleep Med Rep.*, v. 3, n. 2, p. 76 - 84, 2017.

FIGUEIRO, M. Rethinking Exposure to Saturated Colored Light - Doses of red and blue light can be a means of increasing daytime alertness and nighttime sleep. 2017. Disponível em https://www.archlighting.com/technology/rethinking-exposure-to-saturated-colored-light_o (acesso em 02/09/2019).

FIGUEIRO, M.; REA, M. Quantifying Circadian Light and Its Impact. 2017. Disponível em https://www.archlighting.com/technology/quantifying-circadian-light-and-its-impact_o (acesso em

17/10/2017).

FIGUEIRO, M.; GONZALES, K., PEDLER, D. Designing with circadian stimulus. *Revista*

Lighting Design and Application (LD+A), p. 30 – 34, outubro de 2016. Disponível em https://www.lrc.rpi.edu/resources/newsroom/LDA_CircadianStimulus_Oct2016.pdf (acesso em 14/07/2019).

HALONEN, L., TETRI, E.; BHUSAL, P. Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings IEA - International Energy Agency, ECBCS - Energy Conservation in Buildings and Community Systems. Espoo: Aalto University School of Science and Technology, Department of Electronics, 2010. 52 p.

KHADEMAGHA, P.; ARIES, M.; ROSEMAN, A.; LOENEN, E. V., Why Directionality Is an Important Light Factor for Human Health to Consider in Lighting Design? *International Journal of Sustainable Lighting*, v. 18, p. 3 - 8, 2016.

KUTLU, H. G. An evaluation methodology for assessing artificial lighting quality in architecture: the case of apikam. 2007. 282 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia e Ciências, Instituto de Tecnologia de Izmir, Izmir. 2007.

LICHT.WISSEN 21. Guide to Human Centric Lighting (HCL) for Design and Implementation. Disponível em https://www.licht.de/file-admin/Publications/licht-wissen/1809_lw21_E_Guide_HCL_web.pdf (acesso em 27/09/2019).

LOE, D. L., ROWLANDS, E. The art and science of lighting: a strategy for lighting design. *Lighting Research and Technology*, v. 28, n. 4, p. 153-164, 2006.

LUCAS, R. J.; PEIRSON, S. N.; BERSON, D. M.; BROWN, T. M.; COOPER, H. M.; CZEISLER, C. A.; FIGUEIRO, M. G.; GAMLIN, P. D.; LOCKLEY, S. W.; O'HAGAN, J. B.; PRICE, L. L.; PROVENCIO, I.; SKENE, D. J.;

BRAINARD, G. C. Measuring and using light in the melanopsin age. *Trends in Neurosciences*, v. 37, n. 1, p. 1 - 9, 2014.

MARTAU, B. T. A luz além da visão: iluminação e sua influência na saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.

LIRA-OLIVER, A. Modulation of the Intensity of the Spectral Components of Polychromatic Light within Certain Regions in Space by Passive Methods by Strategically Using Material Optical Properties and Texture. *Technologies*, v. 6, n. 1, p. 1 - 21, 2018.

REA, M.; FIGUEIRO, M. G.; BIERMAN, A.; BULLOUGH, J. D. Circadian light. *Journal of Circadian Rhythms*, v. 8, n. 2, p. 1 - 10, 2010.

SOARES, R.; MARTAU, B. T. A complexa e necessária discussão sobre iluminação circadiana – Parte 1. *Revista Lume Arquitetura*, São Paulo, n. 100, p. 42 - 47, 2019. Disponível em https://issuu.com/revistalumearquitectura/docs/lume_arquitetura_edicao_especial_100 (acesso 15/10/2019).

VEITCH, J.A., NEWSHAM, G.R. Determinants of lighting quality I: State of the Science. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 27, n. 1, p. 92 - 106, 1998.

VEITCH, J.A. Lighting Quality Contributions from Biopsychological Processes. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 30, n. 1, p. 3 -16, 2001.

VEITCH, J.A. Principles of healthy lighting: highlights of IE TC6 forthcoming report. Canadá: National Research Council of Canada, 2004. NRCC-46749.

ZIELINSKA-DABKOWSKA, K. M., Human Centric Lighting. The New X Factor? *ARC Lighting in Architecture Magazine*, v.108, p.81 - 86, fev/mar 2019.

06.

PROJETO

6.1 - Apresentação do Estudo de Caso	79
6.2 - Proposta de projeto de iluminação para trabalhadores noturnos	91

6.1 - Apresentação do estudo de caso

Este trabalho tem a finalidade de apresentar um projeto de iluminação voltado ao atendimento das tarefas visuais e das necessidades fisiológicas e biológicas dos trabalhadores do turno noturno – madrugada, já que estarão acordados enquanto a maior parte das pessoas dorme e com isso sujeitos aos problemas causados pela dessincronização dos ritmos endógenos. Como já explicado no capítulo 04, o trabalho noturno pode variar, entre outros fatores, em função dos horários de início e término da jornada. Neste projeto serão indicadas estratégias para os trabalhadores do turno noturno fixo, isto é, que não possuem variação no regime de trabalho.

O projeto que será apresentado neste capítulo foi desenvolvido para uma sala de atendimento 0800, localizada na região metropolitana de São Paulo, como exemplo de ambiente com presença de trabalho noturno. Esta sala é composta por dois espaços diferentes no mobiliário e nas atividades exercidas, um com baias e monitores, separadas por divisórias, em que teleoperadores recebem ligações e prestam serviços de atendimento à usuários para esclarecimentos de dúvidas e informações de utilidade pública, e outro, ao fundo, é composto por mesas de trabalho com monitores, em que trabalhadores desempenham funções administrativas e de controle. Apesar do trabalho no período noturno ocorrer apenas no espaço com as baias o projeto foi desenvolvido para toda a sala.

A visita ao local aconteceu à noite e permitiu uma

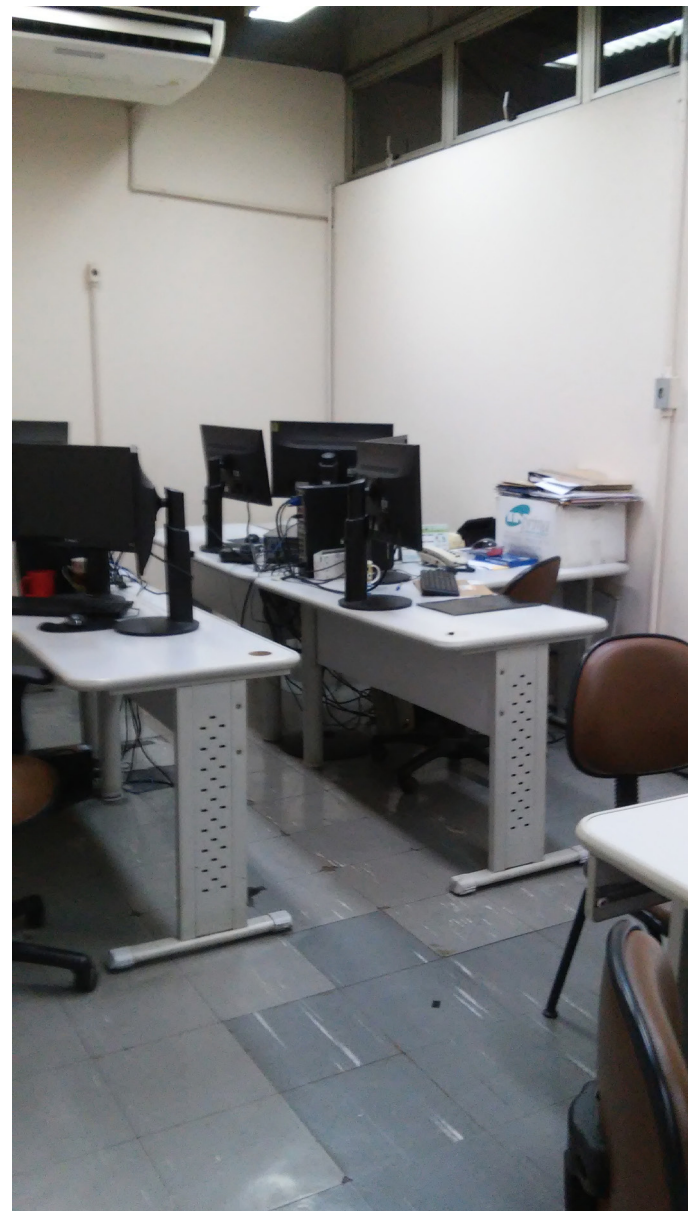
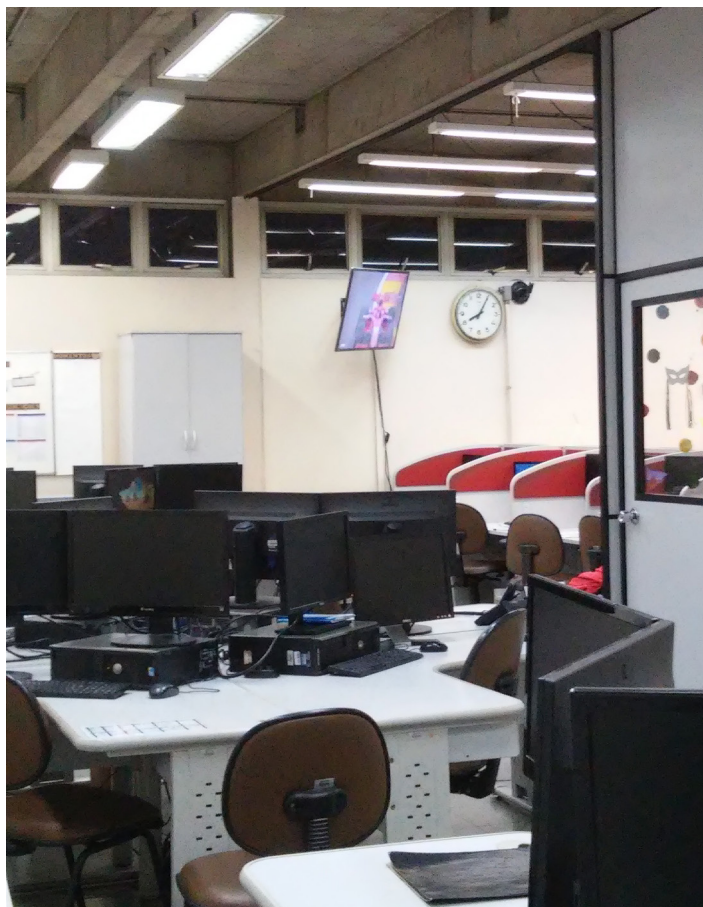
compreensão da rotina de atividades dos trabalhadores do turno noturno - madrugada, que tem início às 23h com término às 5h da manhã do próximo dia. Os trabalhadores presentes no local, durante as medições, são jovens e em cada turno há um(a) líder que tem a função de supervisionar o trabalho dos teleoperadores. A partir de um levantamento empírico, realizado no estudo de caso escolhido, foram coletados dados referentes a:

- Tipo de mobiliário, sua disposição e dimensões;
- Medidas da sala como pé-direito, comprimento, largura, altura das luminárias em relação ao solo e ao plano de trabalho
- Quantidade de trabalhadores no local e o tipo de atividades desempenhadas
- Tipo, quantidade, dimensão e disposição das aberturas (porta e janelas);
- Tipo de luminárias e sua disposição na sala;
- Tipo de lâmpadas usadas nas luminárias e sua temperatura de cor;
- Verificação do nível de iluminâncias no ambiente de trabalho, com base na malha de cálculo recomendada na norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1

Uma característica de destaque nesta sala está relacionada às janelas. Embora estejam presentes por toda a extensão das duas maiores paredes, são pequenas e posicionadas à 2,55m do piso acabado, portanto fora da linha de visão horizontal dos trabalhadores.

Além disso o vidro das janelas é revestido por uma película escura e sua abertura se dá para um espaço interno ao edifício em que a sala se encontra. Assim, sem a percepção do meio externo e da contribuição da luz natural, os níveis de iluminação do ambiente são os mesmos tanto de dia como de noite.

Os dados obtidos neste levantamento, por meio de registro fotográfico e medições, com trena e luxímetro, estão sintetizados a seguir:



Figuras 56 (à esquerda) e 57 (acima) - Interior da sala de atendimento. A disposição do mobiliário é inadequada para a boa circulação, o que fica claro na imagem acima. Fonte: autora.

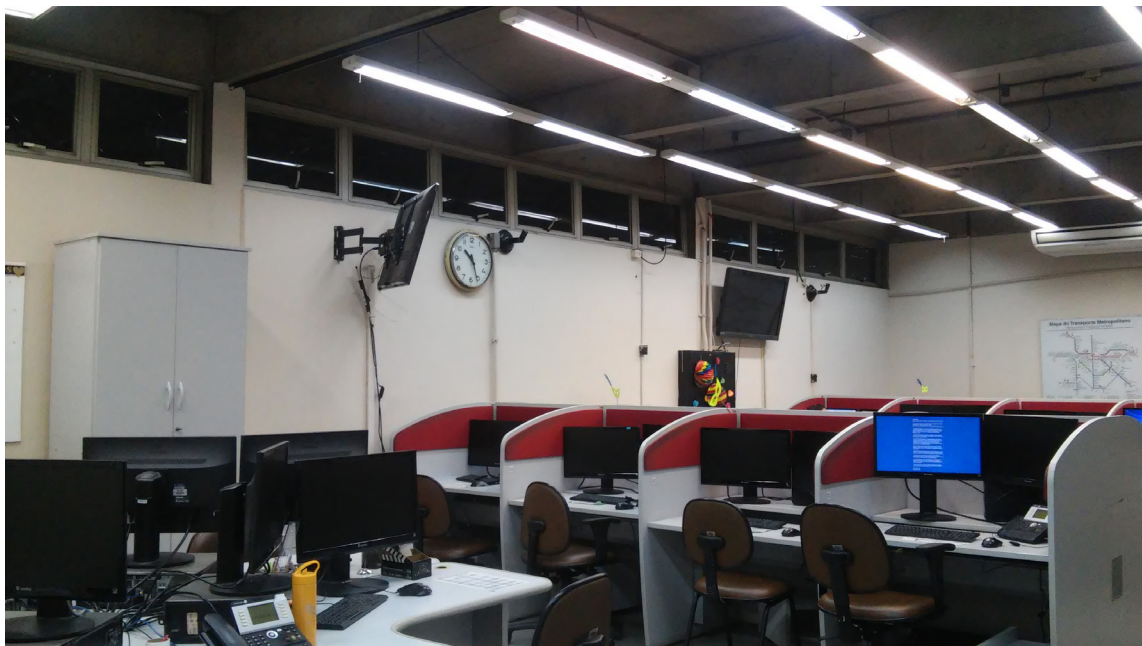


Figura 58 - Interior da sala, com vista para a área com os postos de atendimento 0800 (à direita) e o espaço com as estações de trabalho para as funções administrativas e de controle (à esquerda). Fonte: autora.

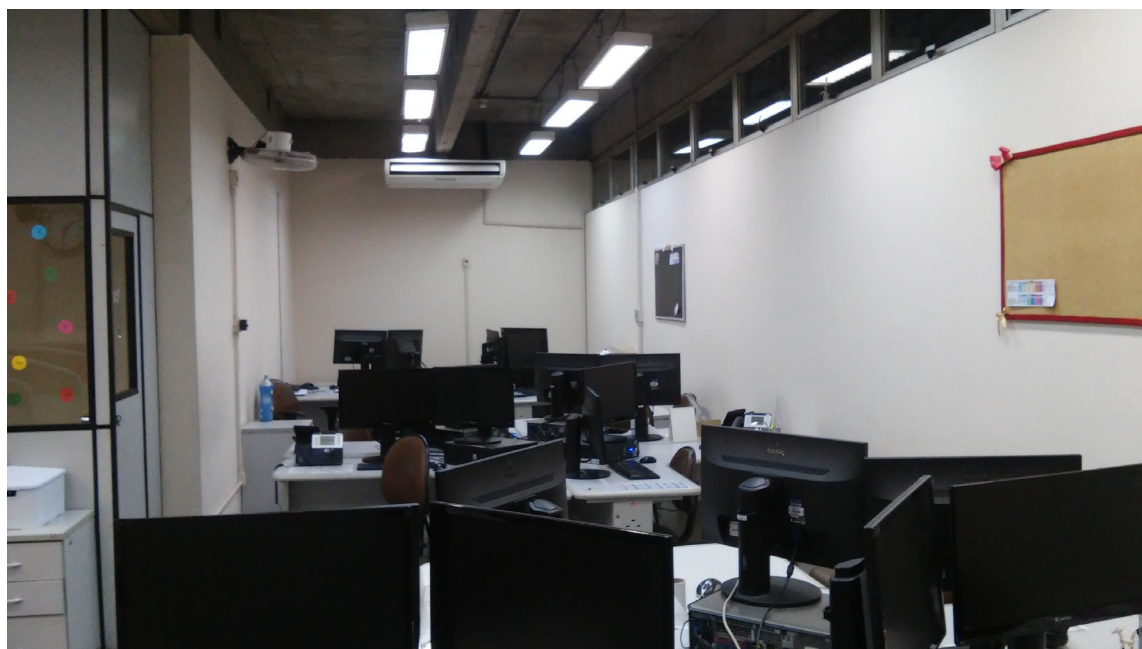
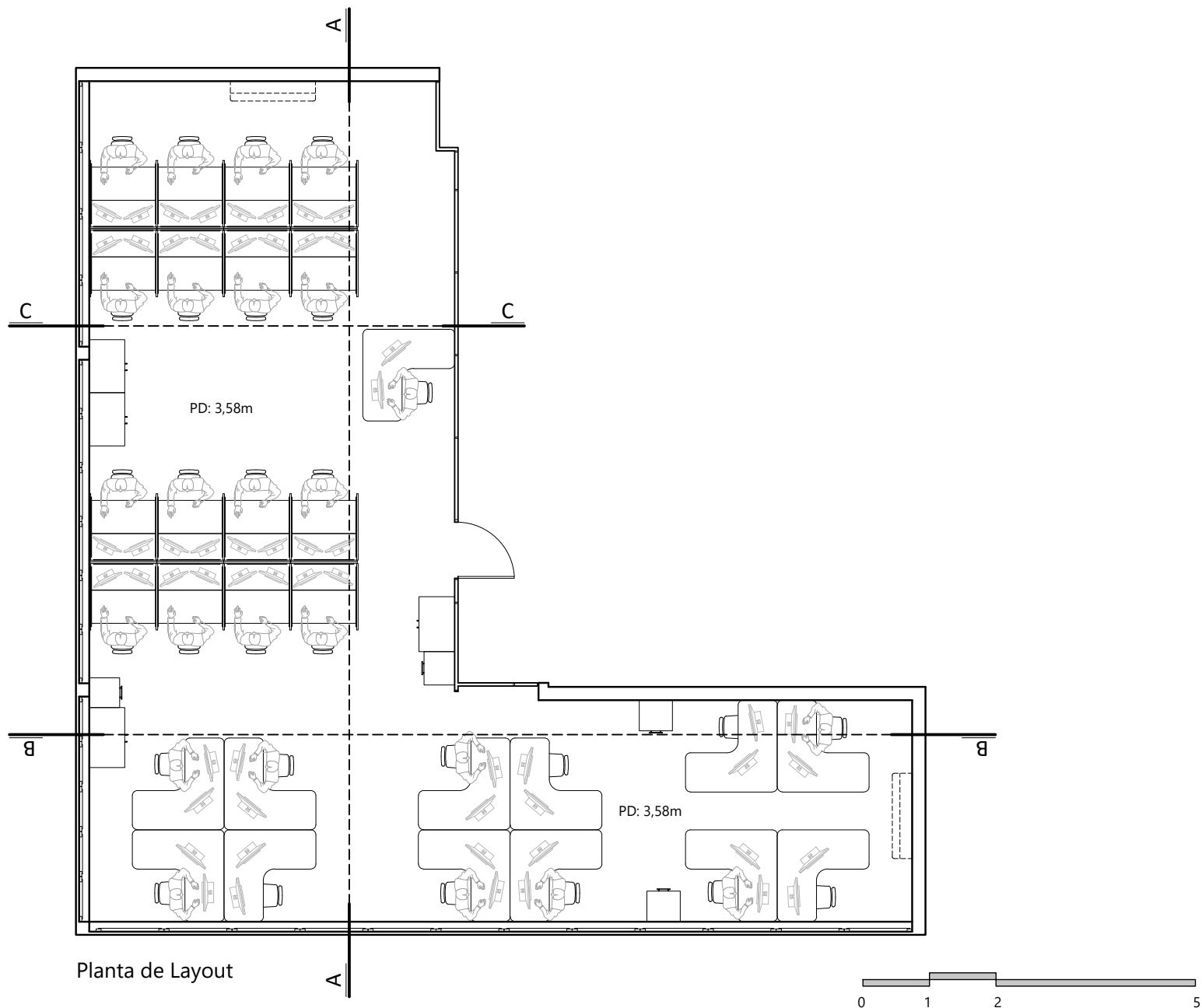
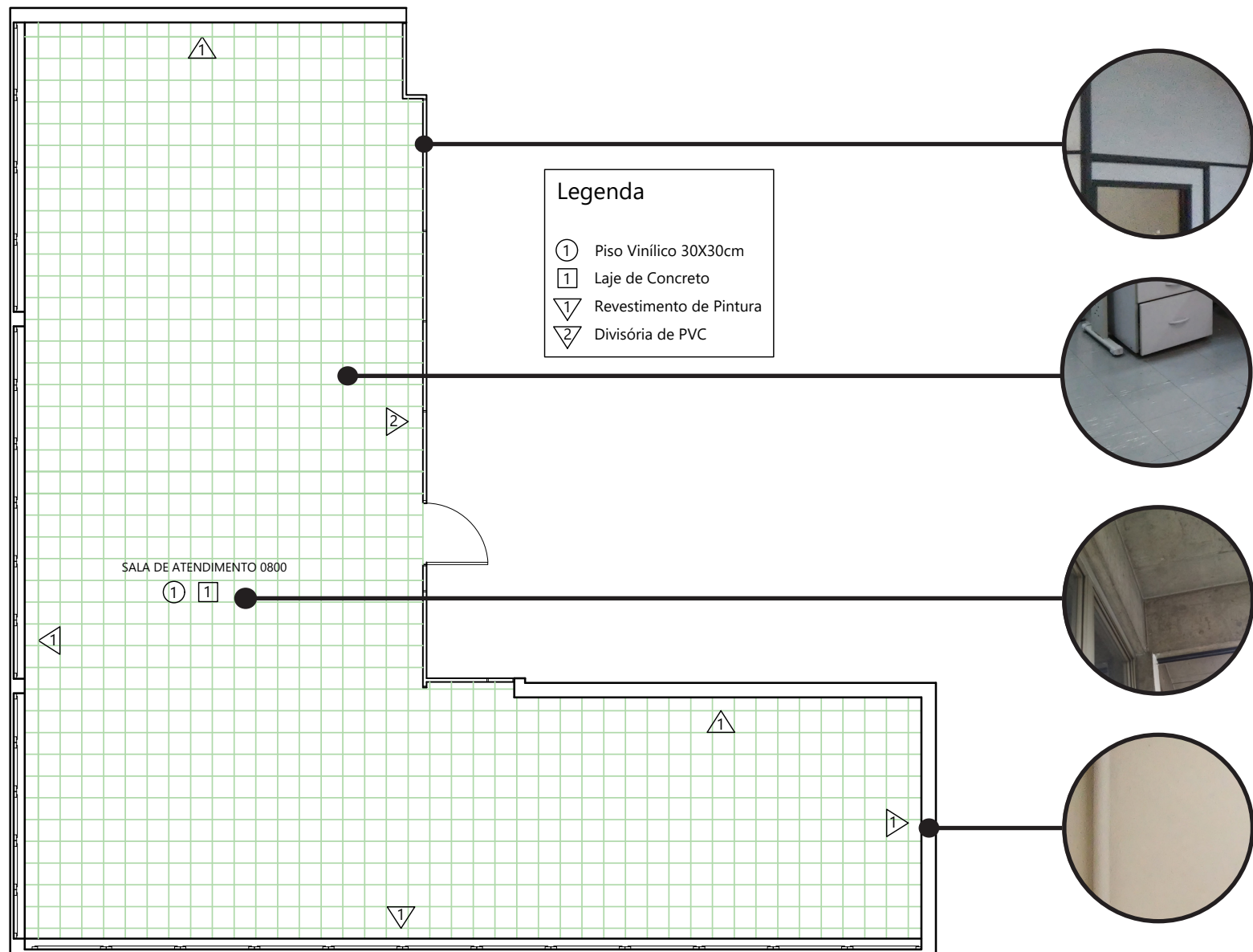
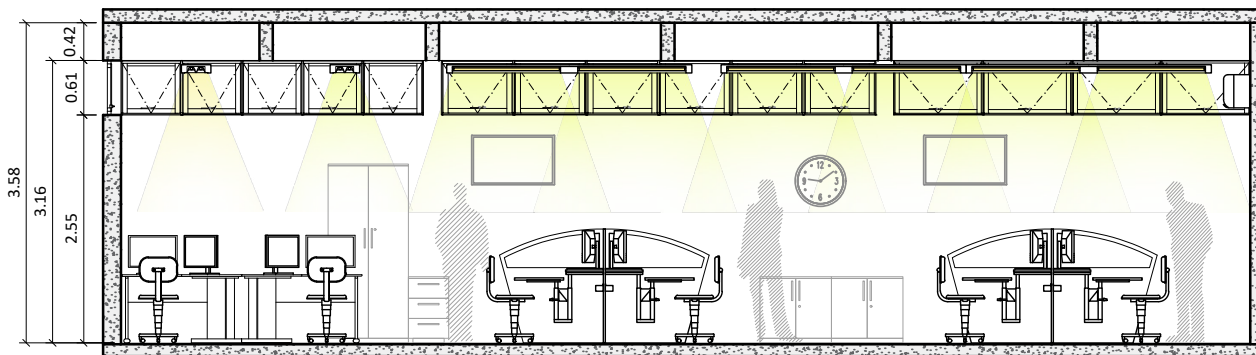


Figura 59 - Interior da sala, com vista para o espaço com as estações de trabalho para as funções administrativas e de controle. Fonte: autora.

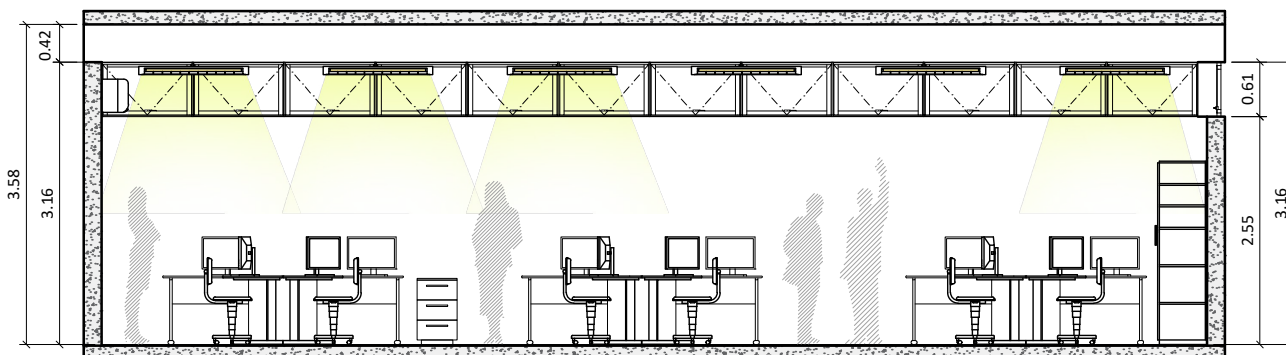




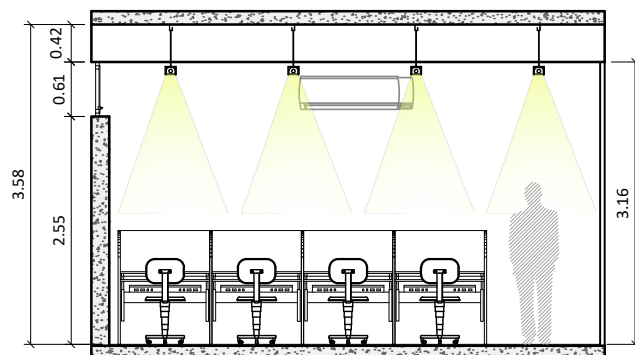
Planta de Acabamentos e Piso



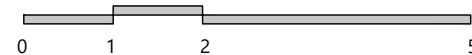
Corte AA



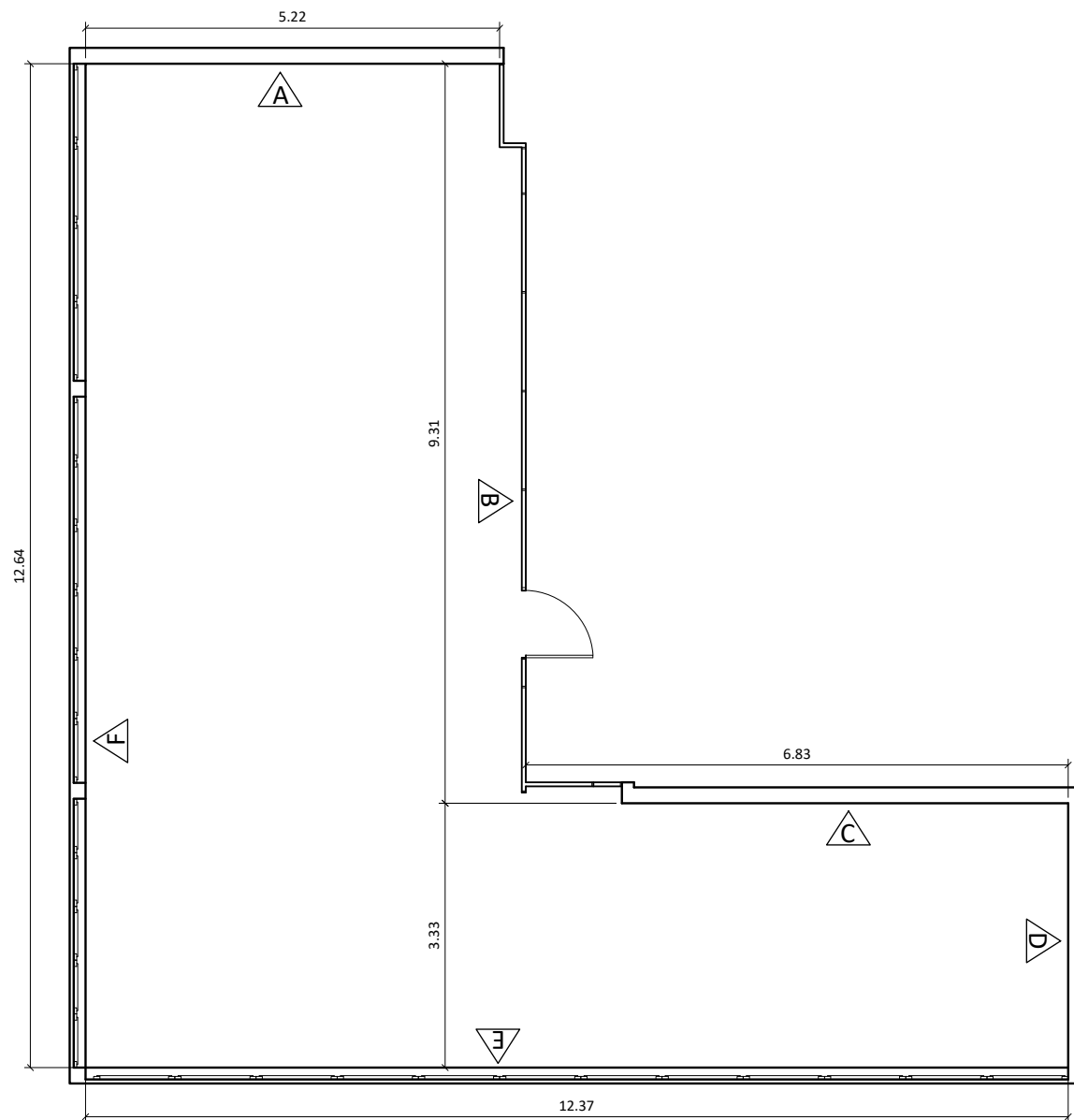
Corte BB



Corte CC

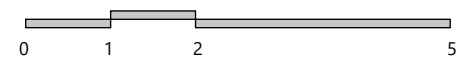


*medidas em metros.



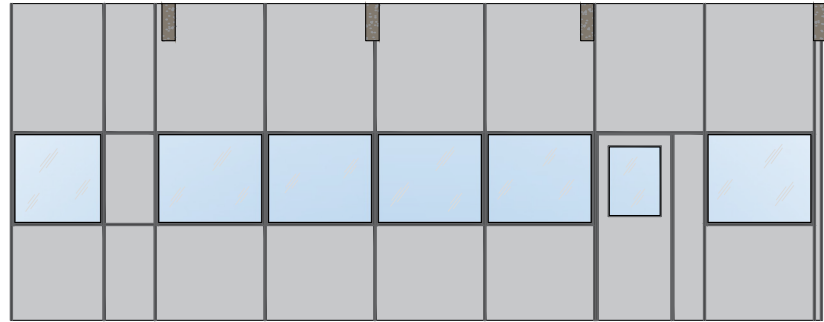
*medidas em metros.

Planta com indicação das elevações e dimensões do ambiente

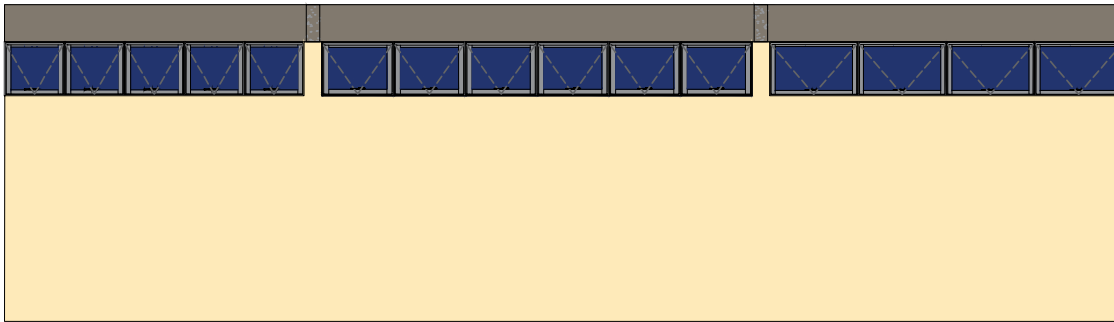




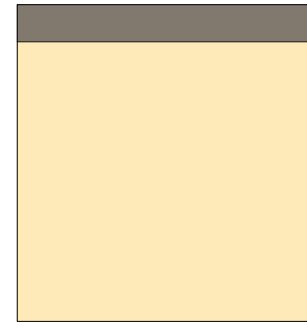
Elevação C



Elevação B



Elevação F



Elevação D

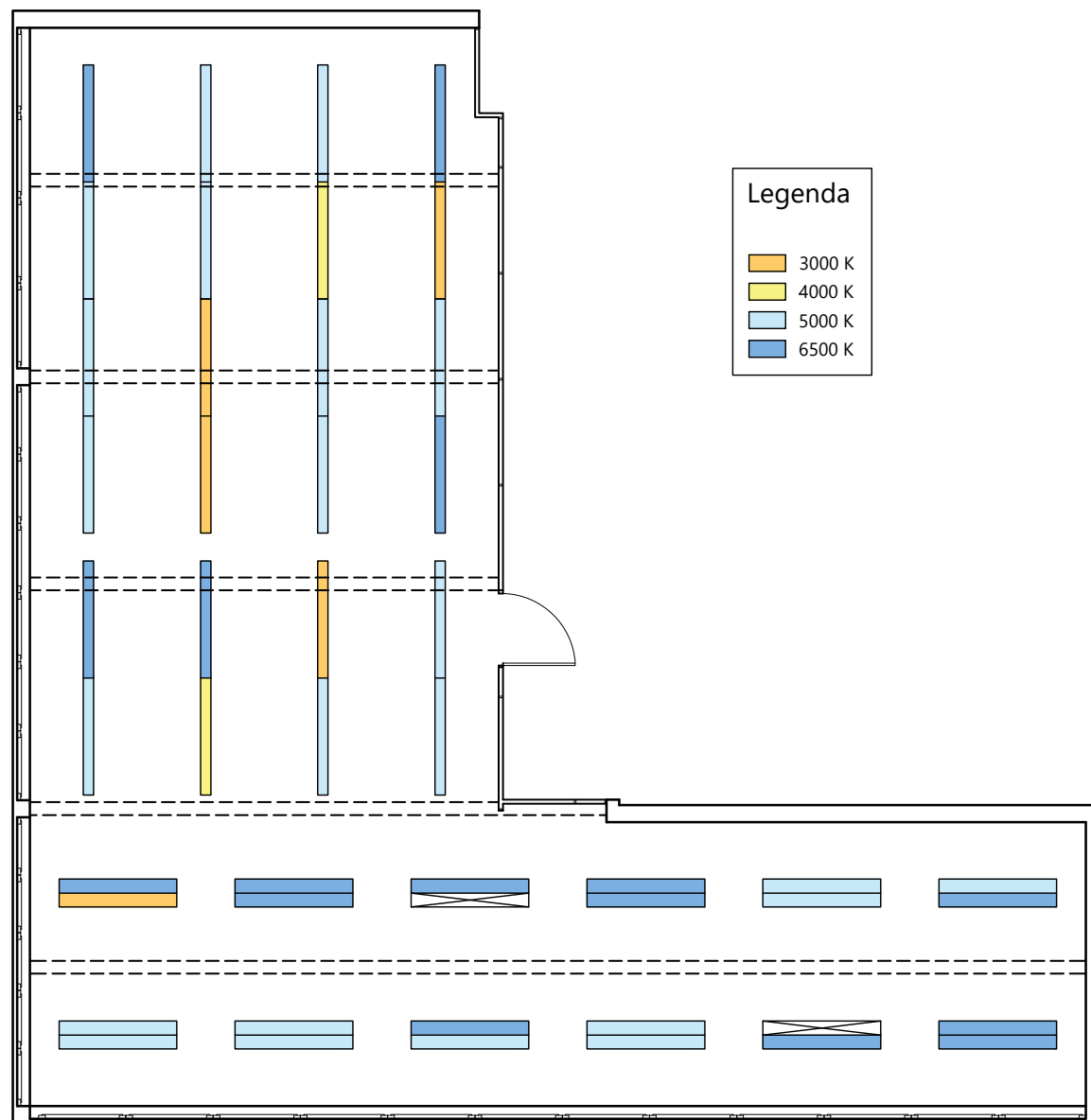


Elevação E



Elevação A





Planta de Forro Refletido (luminárias existentes)



Figura 60 - Luminárias instaladas no espaço onde trabalham os teleoperadores. É possível perceber a falta de uniformidade na temperatura de cor das lâmpadas. Fonte: autora.

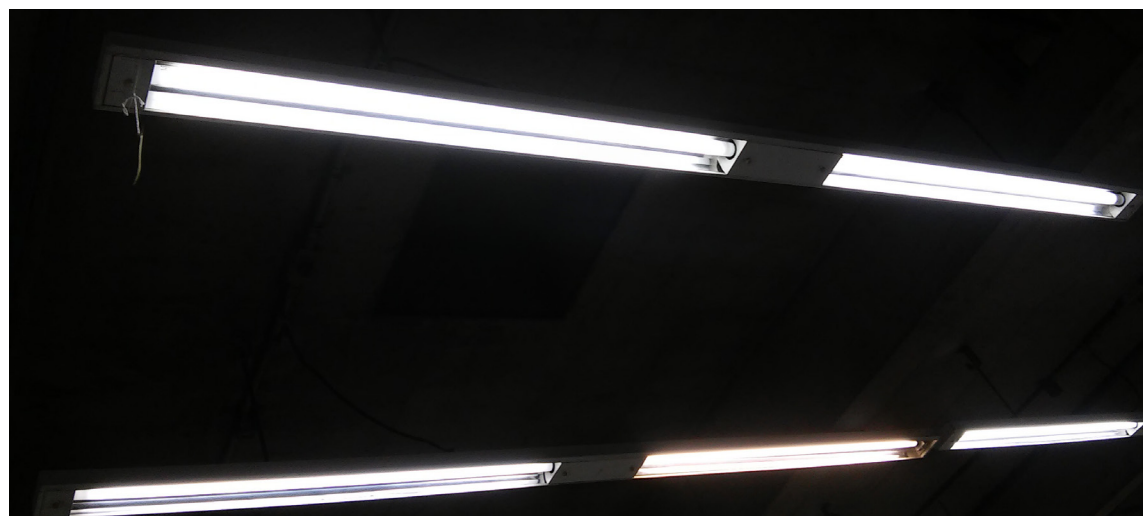


Figura 61 - Detalhe das luminárias da imagem acima. Nesse tipo de luminária não há nenhuma estrutura para o controle do ofuscamento. As lâmpadas instaladas são fluorescentes tubulares T10. Fonte: autora.

Figura 62 - Luminárias instaladas no espaço de tarefas administrativas e de controle. Estas luminárias são diferentes do espaço onde trabalham os teleoperadores, já que as dimensões são diferentes, cada luminária abriga duas lâmpadas e há aletas para o controle do ofuscamento direto. Fonte: autora.



Figura 63 - Algumas luminárias instaladas no espaço mostrado na imagem à esquerda, estão com lâmpadas queimadas. As lâmpadas instaladas são fluorescentes tubulares T8 e T10. Fonte: autora.

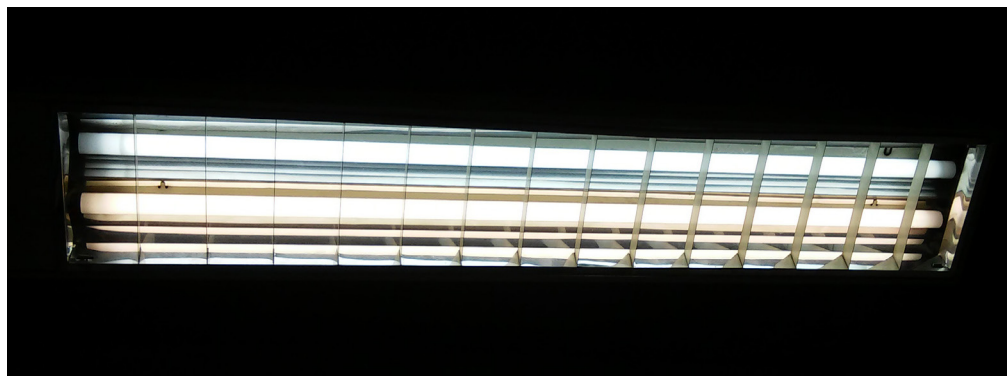
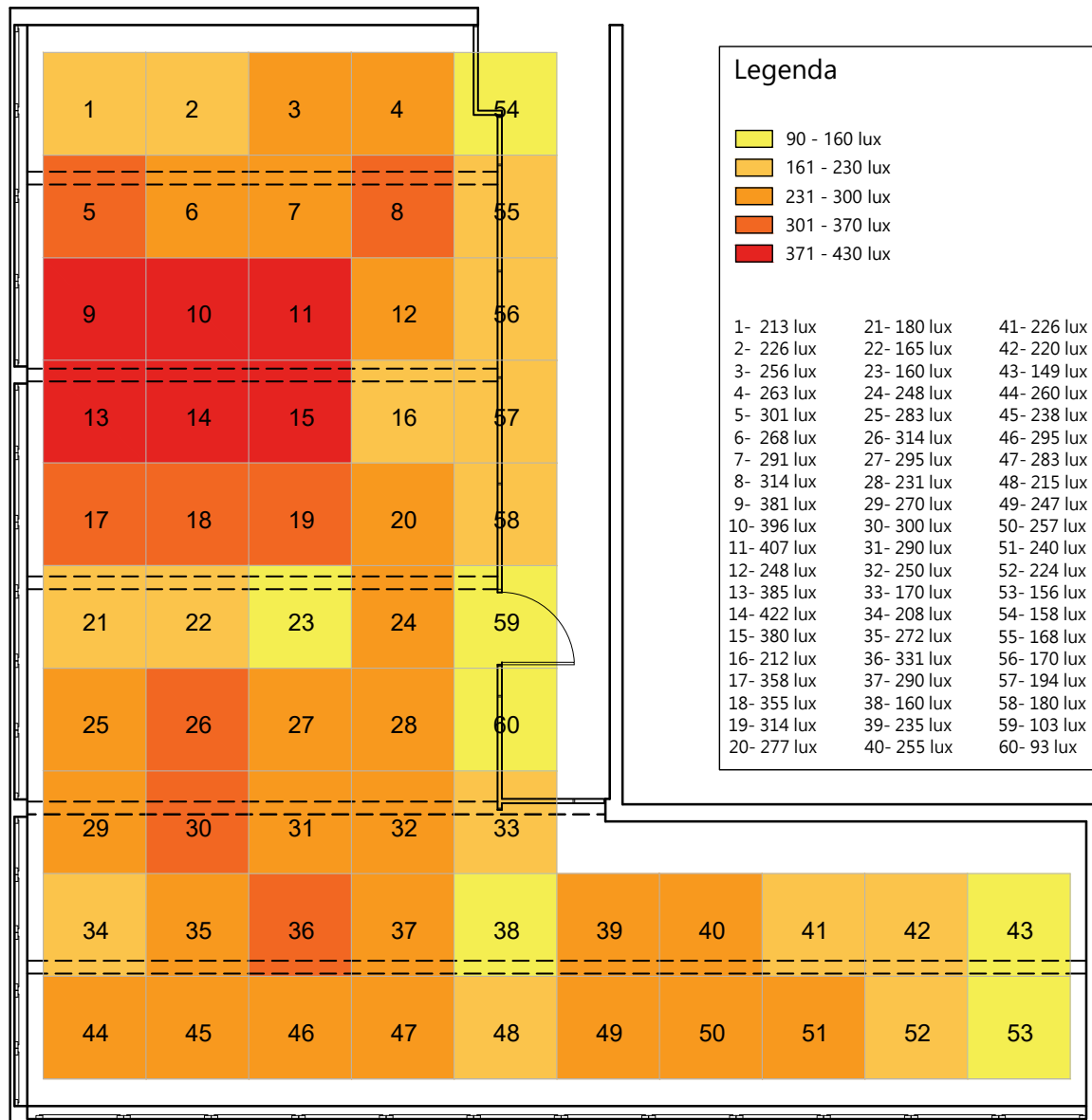


Figura 64 - Nesta área também existe diversidade na temperatura de cor das lâmpadas que estão nas luminárias. Na imagem acima, na mesma luminária há duas temperaturas distintas. Fonte: autora.



Planta com Malha de Iluminâncias



6.2 - Proposta de projeto de iluminação para trabalhadores noturnos

Uma vez apresentado o estudo de caso, serão indicadas, a seguir, as estratégias para o projeto de iluminação, que estejam em harmonia com os requisitos visuais e biológicos dos trabalhadores noturnos. Primeiramente convém esclarecer que embora o objetivo principal esteja focado na área de iluminação, intervenções em outras disciplinas foram feitas.

Um exemplo foi a mudança do mobiliário e sua disposição em relação ao layout original. O modelo de baias com divisórias foi mantido, mas as cadeiras, armários e mesas de trabalho foram substituídos de modo a garantir dimensões mais adequadas em relação ao contexto da sala, à execução do trabalho com conforto e facilidade na organização dos documentos, assim como sua disposição no ambiente também foi repensada para otimizar o uso do espaço e permitir o deslocamento livre e seguro de todos os funcionários, inclusive cadeirantes e pessoas com deficiência visual.

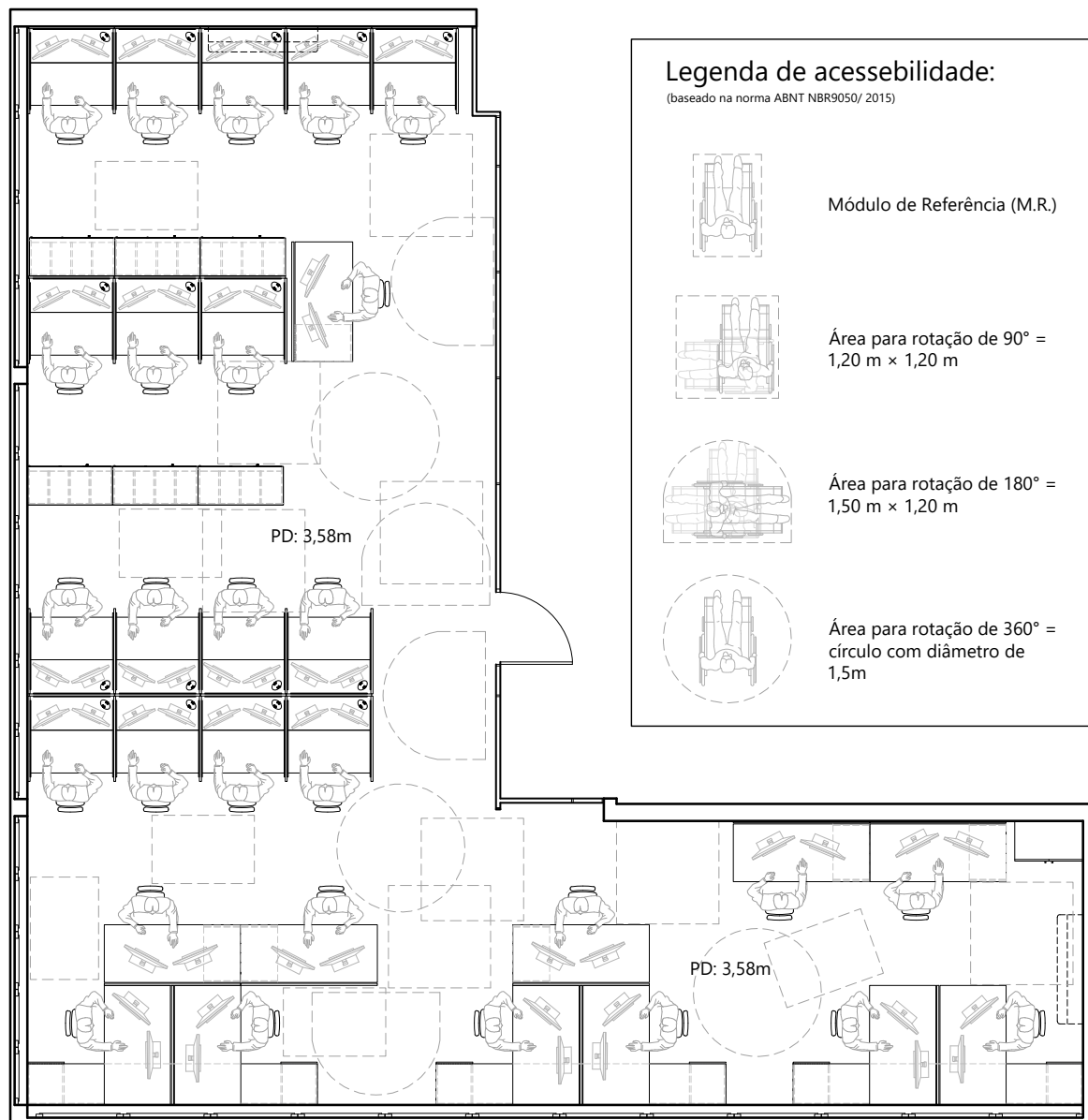
Outra intervenção realizada, diz respeito à acústica do ambiente. No horário em que foram realizados os levantamentos e medições havia poucos trabalhadores na sala, no entanto, durante o dia, o ambiente tem maior ocupação e mais funções são desempenhadas por isso o nível de ruído pode causar desconforto. Para atenuar os níveis de intensidade sonora foi proposta a instalação de placas acústicas da cor branca na laje de concreto, que não só ajudam a minimizar o nível de ruído, mas também refletem mais luz para o ambiente e

contribuem para aumentar a parcela de luz indireta que chega no olho do usuário.

Neste projeto, a característica da iluminação para o sistema visual tem a finalidade de favorecer o desempenho das tarefas visuais à noite, garantir conforto visual e a adequada percepção do espaço. Além do bem-estar dos funcionários também foi pensado num sistema que possa conciliar eficiência no consumo de energia e facilidade de manutenção para uma futura implementação.

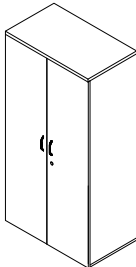
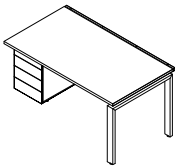
Para o atendimento dos requisitos de uma boa iluminação, do ponto de vista do sistema visual, foram utilizadas luminárias com aletas para evitar o ofuscamento direto, garantindo valores para o índice de ofuscamento, UGR (Unified Glare Rating), menores que 19, de acordo com a norma brasileira de iluminação para ambientes de trabalho internos, ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1. As luminárias adotadas são compostas por perfis de LED que proporcionam maior eficiência energética ao sistema de iluminação, fornecem luz direta e indireta e ainda apresentam índice de reprodução de cor (IRC) acima de 85. Também permitem variação na temperatura de cor por meio da tecnologia Tunable White.

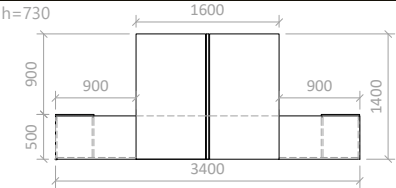
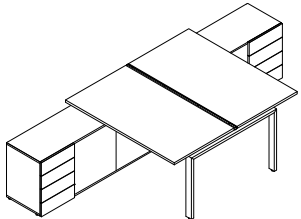
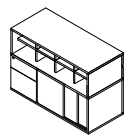
A seguir são apresentadas a nova disposição e mobiliário proposto para esta sala e a planta com o posicionamento das novas luminárias:

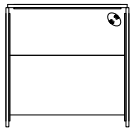
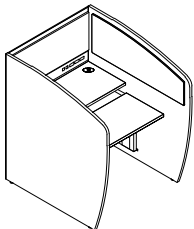


Planta do Layout Proposto



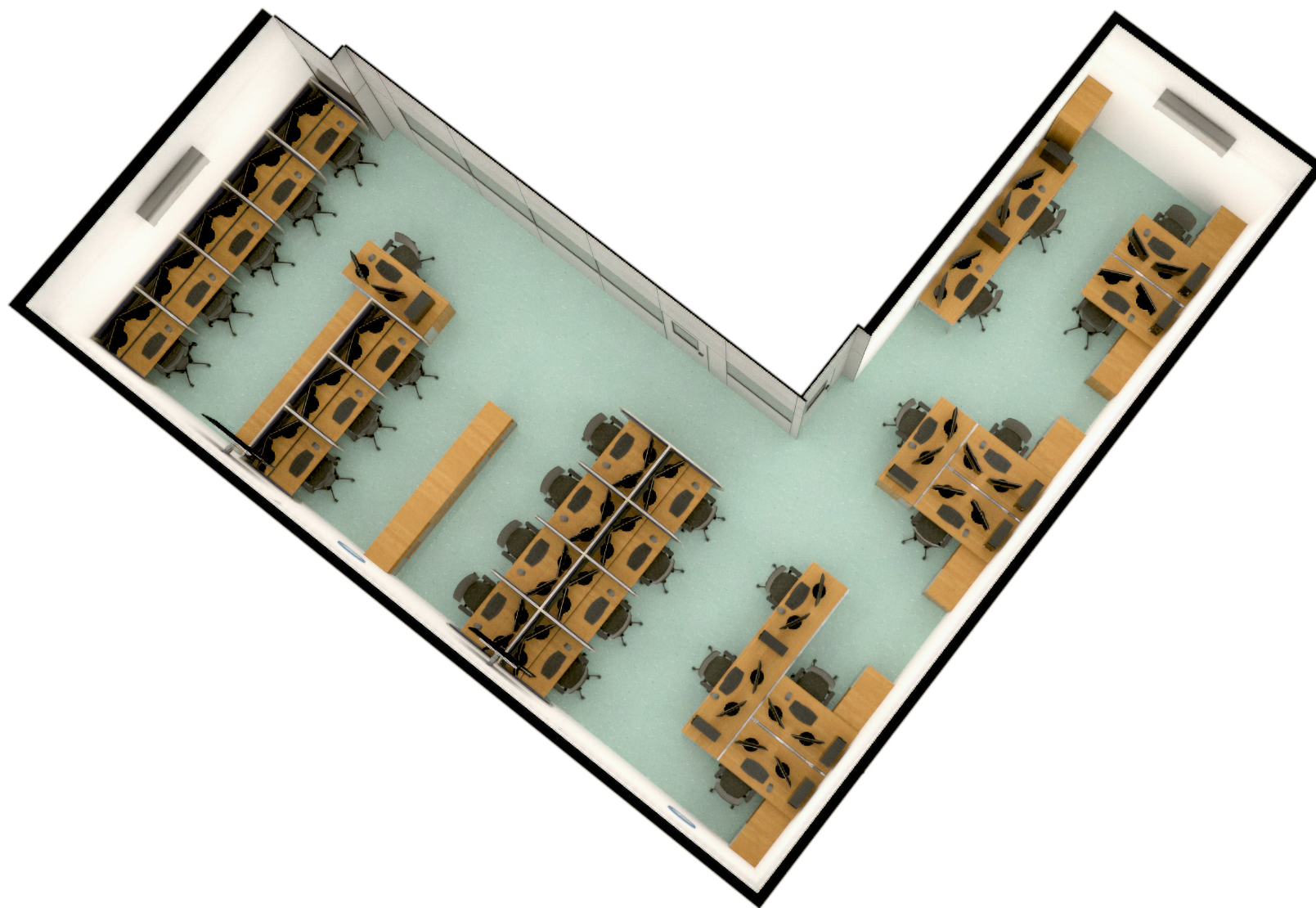
Planta:	Perspectiva:	Planta:	Perspectiva:
			
Medidas:		Medidas:	
800x472x1607		1400x677x730 e 1600x677x730	

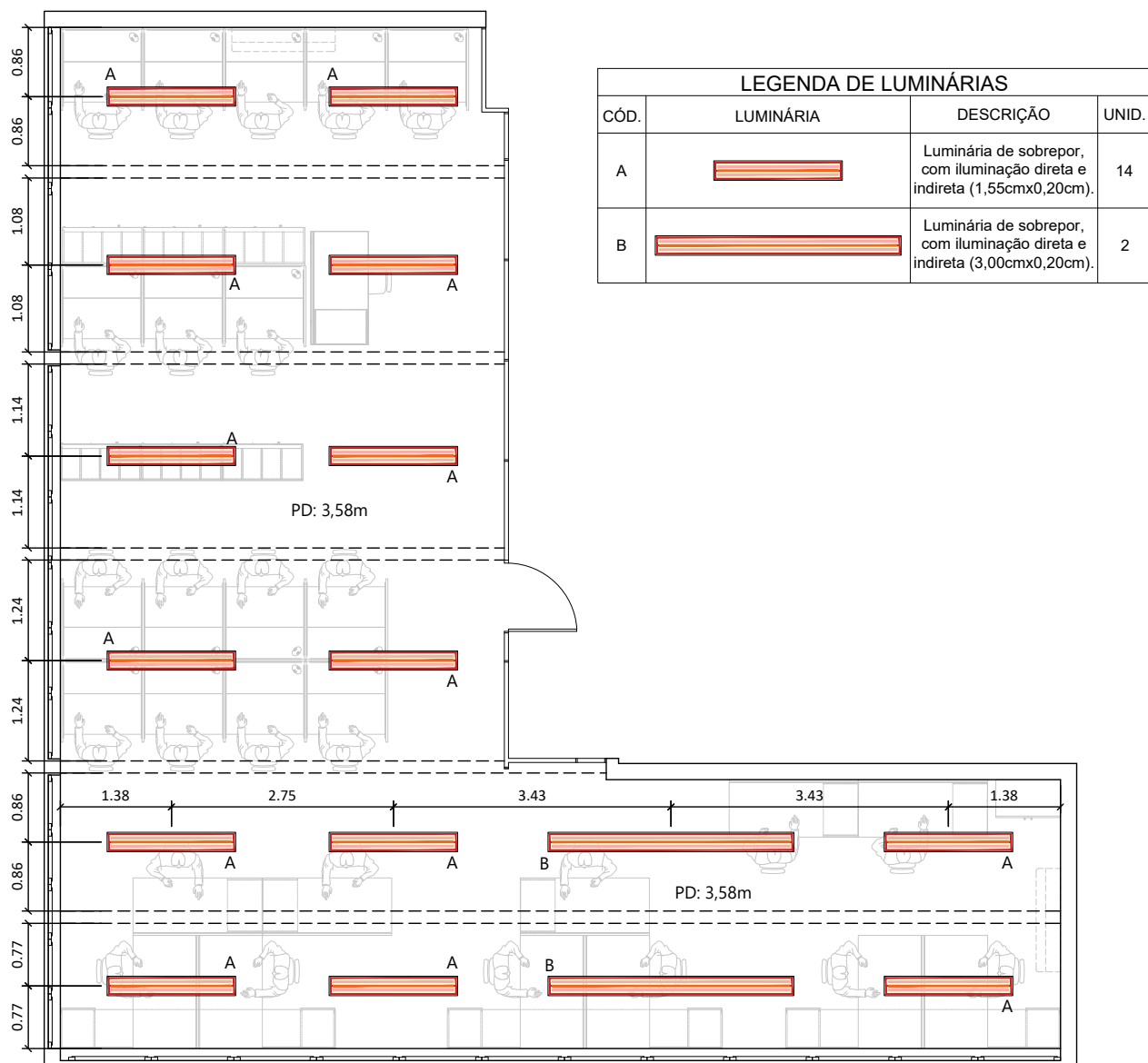
Planta:	Perspectiva:	Planta:	Perspectiva:
			
Medidas:		Medidas:	
ver medidas acima		1000x450x730	

Planta:	Perspectiva:
	
Medidas:	
980x1000x1300*	

O mobiliário e suas dimensões, referenciados nesta página são da empresa, fabricante de móveis corporativos, Bortolini.

*medidas em mm





Planta de Luminotécnica (iluminação proposta)



Para as proposições referentes ao projeto de iluminação com impacto sobre os ritmos circadianos, foi adotada como métrica o Circadian Stimulus (CS) desenvolvido pelos pesquisadores do Lighting Research Center (LRC), de Nova York (EUA). O cálculo do estímulo circadiano e a escolha das fontes de luz para este projeto foram feitos com auxílio da calculadora online disponibilizada no site do Lighting Research Center, a “Web CS Calculator”. Os LEDs utilizados neste projeto e suas características podem ser consultadas no capítulo 08 - Anexos. Para a densidade óptica do pigmento macular foi considerado o valor de 0.5, adotado no modelo original pelos pesquisadores do LRC.

Quanto aos ritmos circadianos optou-se pela inversão da fase circadiana dos trabalhadores noturnos para o alinhamento com o ciclo sono/vigília alterado. Através do sistema de iluminação proposto o objetivo foi simular o dia biológico durante a noite e a noite biológica durante o dia a fim de melhorar os níveis de alerta e desempenho durante o tempo de trabalho.

Estudos do Lighting Research Center mostram que em alguns casos os níveis de iluminação no interior dos espaços não chegam a superar o limite necessário para o início da ativação do sistema circadiano (FIGUEIRO, 2017). Com isso as pessoas não só podem deixar de receber nas primeiras horas da manhã a quantidade de luz necessária para a sincronização circadiana como também se tornam mais sensíveis ao impacto causado pela exposição aos comprimentos de onda da luz artificial (especialmente do comprimento da luz azul) no período noturno, o que inclui a luz emitida pela tela de aparelhos eletrônicos como celular, tablet, televisão,

computador.

Se para o sistema visual, a resposta a um estímulo luminoso produz o mesmo efeito tanto de dia como à noite, para o sistema circadiano, o mesmo estímulo luminoso terá efeitos diferentes dependendo do horário de exposição. A elevada concentração de comprimentos de onda de luz azul normalmente benéfica e recomendada especialmente nas primeiras horas da manhã, pode gerar atraso de fase circadiana e resultar em períodos de sono e vigília mais tardios durante à exposição no período noturno.

Para este trabalho, no entanto, como o caminho seguido foi o da mudança da fase circadiana, foi determinado um sistema de iluminação artificial que expõe o trabalhador noturno à elevadas temperaturas de cor logo no começo do turno (6500K) até chegar gradualmente a temperatura de 3500K ao final do período de trabalho. É importante colocar que a escolha do LED não ocorreu somente em função da temperatura de cor, mas ocorreu principalmente pela composição de comprimentos de onda curtos em seu espectro e seu efeito no estímulo circadiano (CS). Assim para o começo do turno foi escolhido um LED de 6500K e com CS o mais próximo de 0.4 até atingir CS de 0.15 com iluminação de 3500K ao final da jornada de trabalho.

Para a especificação de um sistema de iluminação eficiente para os ritmos circadianos, a simples escolha da fonte de luz baseada apenas na temperatura de cor, é um equívoco, já que a temperatura de cor correlata (CCT) não é um parâmetro confiável. Um exemplo são os dois gráficos a seguir que representam o espec-

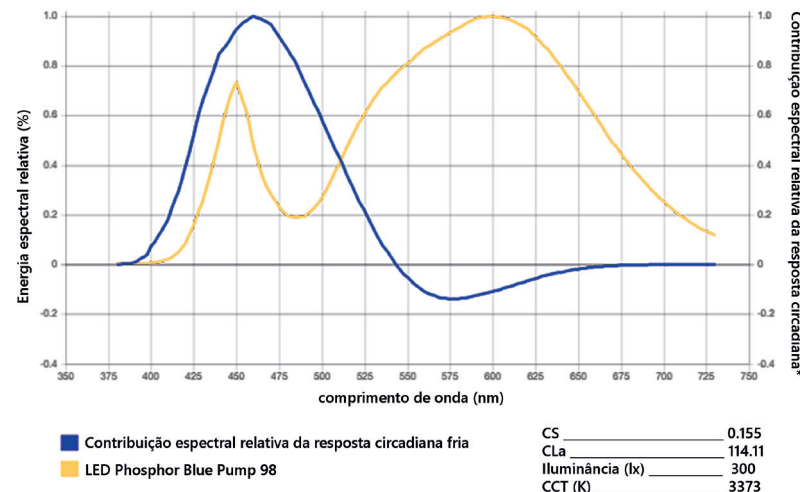
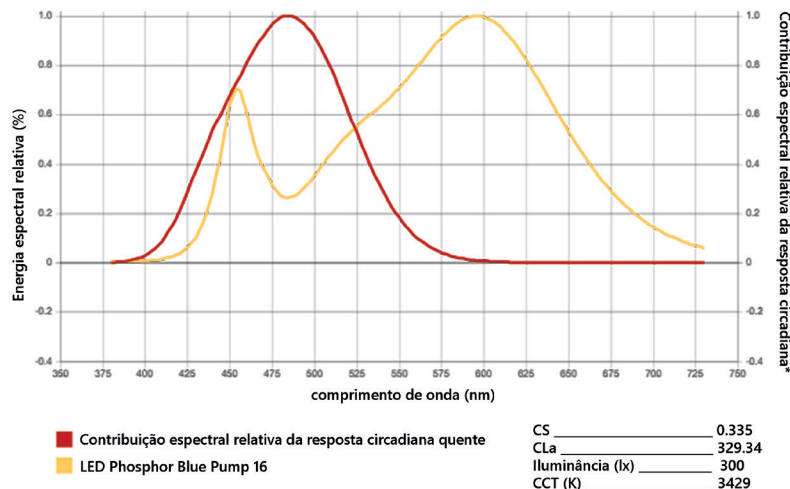


Figura 65 - Gráficos da distribuição espectral de potência de dois LEDs, ambos com temperatura de cor de aproximadamente 3500 K mas com respostas circadianas diferentes, conforme observado nos valores de CS. Fonte: Web CS Calculator, disponível em <https://www.lrc.rpi.edu/cscalculator/> (acesso em 17/11/2019).

tro de dois LEDs, ambos com temperatura de aproximadamente 3500K. Apesar de possuírem valores próximos para temperatura de cor, apresentam valores diferentes para o estímulo circadiano (CS).

Além da distribuição espectral de potências (SPD), o tipo de distribuição de iluminação da luminária também é muito importante para especificar sistemas de iluminação projetados para atender aos requisitos de desempenho visual e de arrastamento circadiano durante o período de trabalho. Neste projeto foi considerado um sistema iluminação em que a relação entre luz direta e indireta é de 7:10, proporção mais favorável para o estímulo dos ritmos circadianos.

Enquanto o projeto de iluminação para as tarefas visuais determina os níveis de iluminação horizontal (no plano do trabalho), no projeto para a sincroniza-

ção circadiana o foco passa a ser a iluminação vertical (a iluminação no nível dos olhos), já que é a parcela da luz que atinge com eficácia a córnea, estimulando o sistema circadiano. No projeto de iluminação proposto, foi considerada iluminação difusa com paredes bem iluminadas e a solução adotada para os trabalhadores noturnos deve ser replicada para os funcionários que trabalham durante o dia, já que não há variação nos níveis e condições de iluminação no ambiente, o que proporciona maior economia no custo de implantação do sistema porposto.

Como optou-se por utilizar as fontes de luz fornecidas na calculadora online para circadian stimulus, o valor da iluminância vertical considerado foi de 300 lux, assumindo que a iluminância horizontal será maior ou igual a 500 lux (valor recomendado pela norma brasileira de iluminação). O valor da iluminância vertical foi

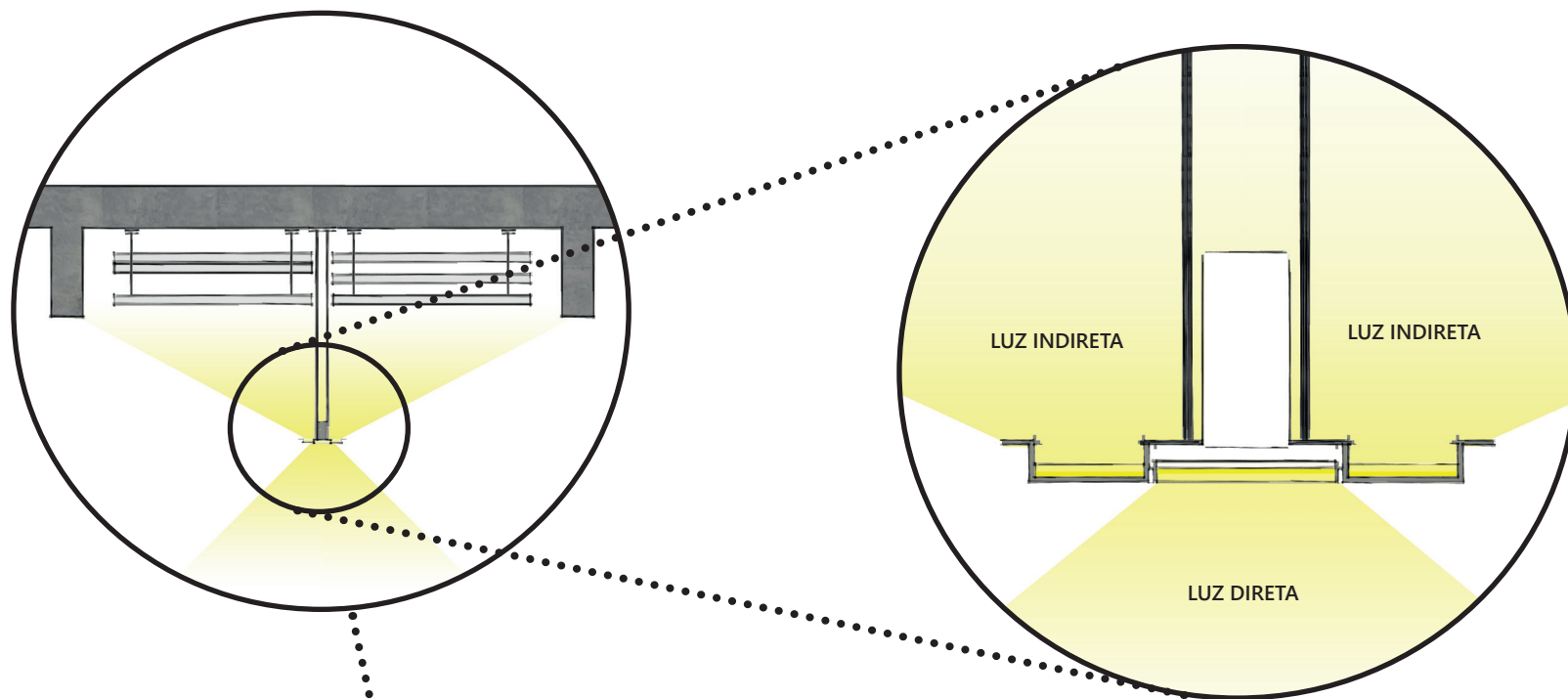
estimado com base no artigo publicado por Chaves e Martau, 2019. Nesse estudo, as autoras concluem por meio de simulações no software Dialux que as exigências para iluminação determinadas pela norma não necessariamente atenderiam as recomendações da iluminação voltada à saúde. Por isso foi priorizado o valor para a iluminância vertical.

Assim como para o trabalhador diurno as primeiras horas do turno são as de maior estímulo circadiano, para o funcionário que trabalha à noite e madrugada o começo de sua jornada será a de maior impacto circadiano. Assim, o valor de CS para início de seu horário de trabalho é de 0.4, até alcançar 0.15 na última hora des-

te turno, conforme recomendações dos pesquisadores que desenvolveram esta métrica.

A seguir são apresentadas as características da iluminação para cada horário do turno noturno – madrugada, de acordo com a variação da temperatura de cor (CCT) da fonte de luz e do nível de estímulo circadiano (CS) necessário. As imagens que prosseguem ilustram a aplicação de todas as diretrizes do projeto de iluminação, voltado tanto ao desempenho das tarefas visuais como para a sincronização dos ritmos circadianos de acordo com o ciclo sono/ vigília destes trabalhadores.













O projeto de iluminação adaptado a inversão da fase circadiana dos trabalhadores noturno é essencial para minimizar os impactos negativos da exposição à iluminação no período noturno. No entanto, para esses trabalhadores as estratégias para a iluminação vão além do ambiente de trabalho, exigindo um controle da exposição à luz ao longo das 24 horas.

Assim após o horário de trabalho, é desejável que esses trabalhadores usem um óculos de lentes alaranjadas, bloqueadores do comprimento de onda da luz azul, no deslocamento para a casa. Pela mudança na percepção das cores, é preferível o uso do transporte público no trajeto. Um vez no ambiente doméstico, é importante que esses trabalhadores possam reservar um tempo adequado para o sono em ambiente escuro e com blecaute na janela.

Infelizmente os compromissos sociais e obrigações familiares podem atrasar o momento de início do



sono. No entanto, se a exposição à luz, especialmente no meio externo, for necessária nas primeiras horas da manhã, é importante que se faça com o uso dos óculos de lentes alaranjadas, para evitar a chegada dos comprimentos de onda da luz azul na retina.

Referências Bibliográficas

CHAVES, N.P.; MARTAU, B.T. Repensando o projeto de iluminação: avaliação de métricas de luz circadianas. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. P 532 - 543.

FIGUEIRO, M. Rethinking Exposure to Saturated Colored Light - Doses of red and blue light can be a means of increasing daytime alertness and nighttime sleep. 2017. Disponível em: https://www.archlighting.com/technology/rethinking-exposure-to-saturated-colored-light_o (acesso em 02/10/2019).

07.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



A exposição do homem à luz foi determinante para sua evolução na Terra, no entanto seus impactos sobre os ritmos circadianos mudaram com o aparecimento da iluminação artificial. Mais tarde, o desenvolvimento da iluminação artificial elétrica e o advento do trabalho nas grandes indústrias contribuíram para um aumento no adensamento urbano a partir do século XIX, ao mesmo tempo em que as pessoas diminuíram progressivamente seu tempo de exposição à luz natural.

Novas maneiras de organização do espaço de trabalho levaram ao progressivo confinamento do homem em espaços fechados e em muitos casos privados da luz natural. Se por um lado a iluminação artificial permite independência da luz solar para a realização das atividades diárias, por outro o ser humano se vê cada vez mais exposto a baixos níveis de iluminação durante o dia e a níveis mais altos à noite, em oposição à iluminação proveniente do meio externo. Essa mudança nos padrões de exposição à luz aliada ao uso de fontes artificiais de espectros não homogêneos, causa impactos nos ritmos circadianos humanos.

Hoje, a instalação de luminárias e perfis de LED, principalmente nos ambientes de trabalho, motivada por sua elevada eficiência energética e amplas possibilidades estéticas, tem aumentado a chegada de comprimentos de onda curtos (luz azul) na retina, especialmente à noite e, portanto, mais um motivo que contribui para alterações sobre o sistema temporizador endógeno. Se por um lado apresenta-se um quadro favorável e promissor à inserção do LED nos projetos luminotécnicos, por outro evidencia-se a importância em se conhecer os impactos dessa fonte de luz na saúde

humana, que depende de fatores como a intensidade, espectro luminoso, quantidade, duração, distribuição da luz, horário e histórico individual de exposição à luz.

Além da iluminação, outros fatores como os ritmos sociais decorrentes do estilo de vida moderno também trazem impactos sobre o sistema circadiano, pois determinam os horários de despertar, e consequentemente o tempo de sono do homem, o que faz com que muitas vezes se observem casos de privação de sono durante a semana. Esse quadro é agravado considerando a rotina de um trabalhador noturno.

O aumento da velocidade de consumo de produtos e serviços pela industrialização e incorporação de novas tecnologias ao cotidiano do homem gera a necessidade da continuidade do trabalho mesmo num período em que a maior parte da sociedade dorme. Em alguns casos a demanda se dá pela manutenção de serviços essenciais à cidade, mas ainda assim os limites da saúde humana não são respeitados. Especialmente para pessoas que trabalham durante à noite e madrugada, a inadequação entre os horários das atividades sociais e os ritmos endógenos alterados compromete o funcionamento cerebral e pode até ocasionar a manifestação ou agravamento de certas doenças. Isso evidencia uma cultura que condena o tempo do sono ao mesmo tempo em que torna clara a falta de políticas públicas voltadas à saúde do trabalhador noturno.

É fundamental na elaboração de um bom projeto arquitetônico, que os espaços sejam concebidos levando em consideração a ocupação humana e suas necessidades biológicas para que a interação do ser humano

e seu meio resulte num ambiente produtivo e saudável. Nesse sentido a iluminação tem grande importância uma vez que a luz afeta não somente as emoções e o bem-estar, mas também a saúde do homem através da influência sobre os ritmos circadianos.

Este trabalho teve o intuito de colocar em destaque a importância do projeto de iluminação como um dos meios para a promoção da saúde do trabalhador noturno. Além disso o projeto de iluminação apresentado mostra a importância em se pensar também nos níveis de iluminância no plano vertical, já que são os que atingem diretamente o olho. Com isso se mostra necessária uma revisão da atual norma de iluminação brasileira, já que ela determina apenas os níveis de iluminância desejáveis no plano horizontal, valores que em muitas situações não são suficientes para estimular os ritmos circadianos.

Este trabalho possui caráter propositivo e priorizou a determinação das características técnicas da iluminação para as tarefas visuais e saúde. Espera-se que o projeto desenvolvido possa oferecer subsídios e contribuir com futuros estudos nesta área. Para um próximo trabalho seria interessante por meio de metodologia empírica a mensuração dos impactos do sistema de iluminação proposto em ritmos circadianos dos trabalhadores noturnos. Outros possíveis encaminhamentos a serem explorados são:

- A verificação da resposta não visual à luz no período noturno por trabalhadores de diversas faixas etárias.
- A comparação dos efeitos do sistema de ilu-

minação proposto em trabalhadores diurnos e noturnos, preferencialmente, do mesmo local de trabalho.

- A investigação da necessidade ou não de um projeto com soluções diferenciadas conforme as estações do ano e localização (latitude).
- A avaliação qualitativa do sistema de iluminação proposto no conforto visual, satisfação e desempenho dos trabalhadores noturnos.
- A investigação dos impactos sobre os ritmos circadianos em trabalhadores noturnos de turno alternante e qual tipo de rotação (rápida ou lenta) apresenta o maior impacto sobre a saúde.

O estudo sobre o impacto da luz nos ritmos circadianos é de grande relevância para a área da arquitetura e deve ser, portanto, de conhecimento de arquitetos e projetistas de iluminação. Cabe destacar que esta é uma temática de caráter multidisciplinar e necessita além da arquitetura, do envolvimento de outras áreas como medicina, saúde pública, biologia, psicologia, economia, engenharia, sociologia, entre outros profissionais.

Para a concepção de um bom projeto de iluminação para escritórios deve-se considerar não somente as demandas inerentes as tarefas visuais, mas também as exigências do sistema biológico endógeno. Além das vantagens para a saúde e o bem-estar dos próprios usuários, uma boa iluminação proporciona melhores condições de trabalho, desempenho, segurança, eficiência

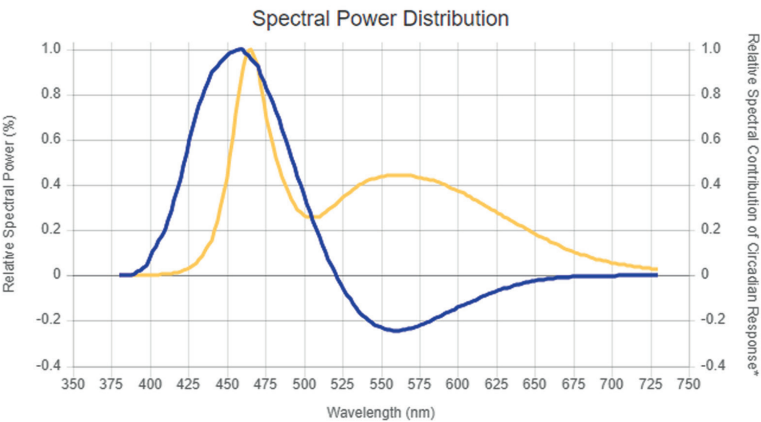
e ocorrência de menos erros. Investigar a relação entre a iluminação e saúde nos homens possibilita a concepção de um ambiente mais saudável e resulta em maior produtividade.

08.

ANEXOS



LED Phosphor Blue Pump 111 (6500K)



Legend

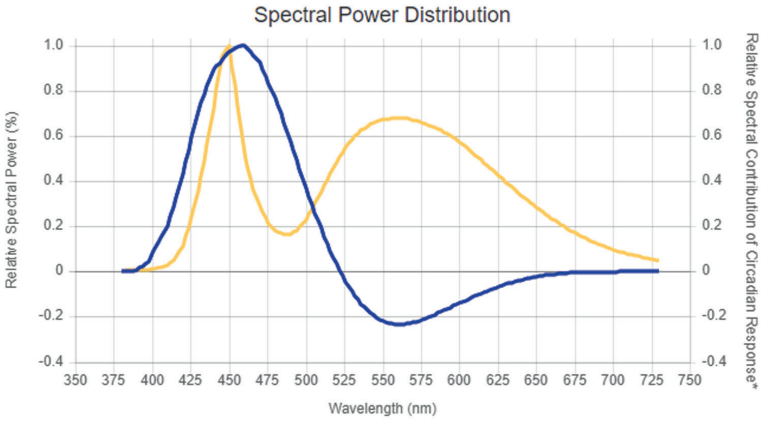
- Relative Spectral Contribution of the Circadian Response*: Cool
- LED Phosphor Blue Pump 111

* For the Specified Spectral Power Distribution [Spectrum, Amount]

Combined Source Value Metrics

Measurement	Value
CS:	0.409
CL _A :	483.37
Illuminance (lx):	300
Irradiance (W·m ⁻²):	1.0135e+0
Photon Flux (Photons·m ⁻² ·s ⁻¹):	2.7560e+19
CCT:	6809
D _{uv} :	0.004
CRI:	81.6
GAI:	82.9
Color Coordinates (x,y):	0.31, 0.33
Relative Spectral Power Distribution:	(SPD)
Absolute Spectral Power Distribution:	(SPD)

LED Phosphor Blue Pump 85 (5000K)



Legend

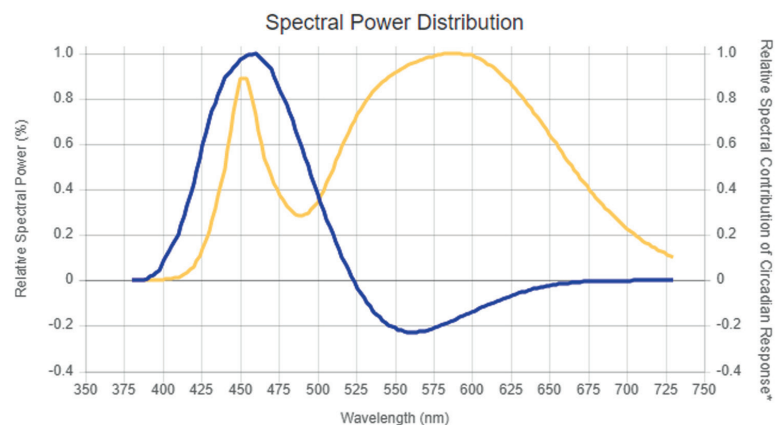
- Relative Spectral Contribution of the Circadian Response*: Cool
- LED Phosphor Blue Pump 85

* For the Specified Spectral Power Distribution [Spectrum, Amount]

Combined Source Value Metrics

Measurement	Value
CS:	0.308
CL _A :	286.46
Illuminance (lx):	300
Irradiance (W·m ⁻²):	9.2894e-1
Photon Flux (Photons·m ⁻² ·s ⁻¹):	2.5644e+19
CCT:	5209
D _{uv} :	0.001
CRI:	73.9
GAI:	82.9
Color Coordinates (x,y):	0.34, 0.35
Relative Spectral Power Distribution:	(SPD)
Absolute Spectral Power Distribution:	(SPD)

LED Phosphor Blue Pump 18 (4000K)



Legend

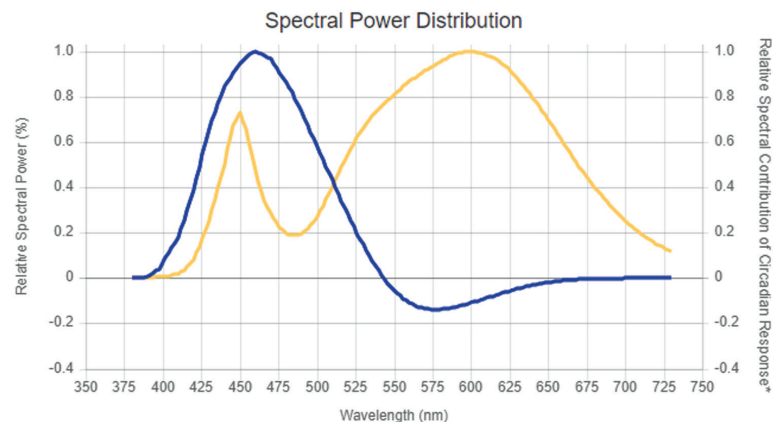
- Relative Spectral Contribution of the Circadian Response*: Cool
- LED Phosphor Blue Pump 18

* For the Specified Spectral Power Distribution [Spectrum, Amount]

Combined Source Value Metrics

Measurement	Value
CS:	0.207
CL _A :	161.46
Illuminance (lx):	300
Irradiance (W·m ⁻²):	9.2688e-1
Photon Flux (Photons·m ⁻² ·s ⁻¹):	2.6563e+19
CCT:	3889
D _{uv} :	0.002
CRI:	81.3
GAI:	69.9
Color Coordinates (x,y):	0.39, 0.38
Relative Spectral Power Distribution:	(SPD)
Absolute Spectral Power Distribution:	(SPD)

LED Phosphor Blue Pump 98 (3500K)



Legend

- Relative Spectral Contribution of the Circadian Response*: Cool
- LED Phosphor Blue Pump 98

* For the Specified Spectral Power Distribution [Spectrum, Amount]

Combined Source Value Metrics

Measurement	Value
CS:	0.155
CL _A :	114.11
Illuminance (lx):	300
Irradiance (W·m ⁻²):	9.4369e-1
Photon Flux (Photons·m ⁻² ·s ⁻¹):	2.7415e+19
CCT:	3373
D _{uv} :	-0.002
CRI:	81.0
GAI:	66.6
Color Coordinates (x,y):	0.41, 0.39
Relative Spectral Power Distribution:	(SPD)
Absolute Spectral Power Distribution:	(SPD)

GLOSSÁRIO

(referente aos termos especificados nas tabelas anteriores, com a especificação dos LEDs utilizados em projeto. Tanto as definições deste glossário como os LEDs especificados estão disponíveis em: <https://www.lrc.rpi.edu/cscalculator/>)

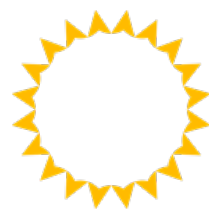
- **Circadian Stimulus (CS):** é a eficácia calculada a partir da irradiância espectralmente ponderada na córnea do limiar ($CS = 0,1$) à saturação ($CS = 0,7$), assumindo uma duração fixa de exposição de 1 hora.
- **Circadian Light (CLA):** é a irradiância na córnea ponderada para refletir a sensibilidade espectral do sistema circadiano humano, medida pela supressão aguda de melatonina após uma exposição de 1 hora.
- **Illuminance (lx):** é a quantidade de luz (fluxo luminoso) incidente em uma área de superfície. A iluminância é medida em footcandles (lúmens / pé quadrado) ou lux (lx, lúmens / metro quadrado). Um footcandle é igual a 10,76 lx, embora, por conveniência, 10 lux geralmente seja usado como equivalente.
- **Irradiance ($W \cdot m^{-2}$):** é a irradiância de uma superfície por unidade de frequência ou comprimento de onda, dependendo de o espectro ser tomado como uma função da frequência ou do comprimento de onda. As duas formas têm dimensões diferentes: a irradiância espectral de um espectro de frequência é medida em watts por metro quadrado por hertz ($W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$), enquanto a irradiância espectral de um espectro de comprimento de onda é medida em watts por metro quadrado por metro ($W \cdot m^{-3}$), ou mais comumente watts por metro quadrado por nanômetro ($W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$).
- **Photon Flux ($Photons \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$):** é definido como o número de fótons por segundo por unidade de área
- **Correlated Color Temperature (CCT):** é uma especificação para fontes de luz branca usada para descrever o tom de cor dominante ao longo da dimensão, de quente (amarelo e vermelho) a frio (azul). Lâmpadas com uma classificação de CCT abaixo de 3200 K são geralmente consideradas fontes quentes, enquanto aquelas com uma CCT acima de 4000 K geralmente são consideradas frias na aparência. As temperaturas intermediárias são consideradas neutras na aparência. Tecnicamente, o CCT estende a prática de usar a temperatura, em kelvins (K), para especificar o espectro de fontes de luz que não sejam radiadores de corpos negros. As lâmpadas incandescentes e a luz do dia aproximam-se estreitamente dos espectros dos radiadores de corpo preto a diferentes temperaturas e podem ser designados pela temperatura correspondente de um radiador de corpo preto. Os espectros de fontes fluorescentes e de LED, no entanto, diferem substancialmente dos radiadores de corpo preto, mas ainda

podem ter uma aparência de cor semelhante a um radiador de corpo preto de uma temperatura específica, conforme determinado pela CCT.

- **Duv:** é uma métrica definida pelo American National Standard Institute (ANSI) que quantifica a distância entre a cromaticidade de uma determinada fonte de luz e um radiador de corpo negro de igual CCT. Um Duv negativo indica que a fonte está “abaixo” do locus do corpo negro, com uma coloração arroxada, enquanto um Duv positivo indica que a fonte está “acima” do locus do corpo negro, com um tom esverdeado.
- **Color Rendering Index (CRI):** é um índice de classificação comumente usado para representar o quão bem uma fonte de luz processa as cores dos objetos que ilumina. Para um valor CRI de 100, o valor máximo, pode-se esperar que as cores dos objetos sejam exibidas como apareceriam sob um espectro incandescente ou de luz do dia da mesma temperatura de cor correlacionada (CCT). Fontes com valores de CRI inferiores a 50 são geralmente consideradas péssimas reproduzoras de cores, ou seja, as cores podem parecer não naturais.
- **Gamut Area Index (GAI):** é uma medida de reprodução de cores com base no volume no espaço de cores. É o intervalo de cores possível em um determinado meio de reprodução

de cores (ou presente em uma imagem nesse meio) sob um determinado conjunto de condições de visualização.

- **Chromaticity:** os aspectos de comprimento de onda e pureza dominantes ou complementares da cor combinada ou dos aspectos especificados pelas coordenadas de cromaticidade da cor combinada. Descreve as propriedades da luz relacionadas ao matiz e à saturação, mas não à luminância (brilho).



FAUUSP