



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEC AU**



LUAN PACHECO CUNHA MELO

ILUMINAÇÃO INTELIGENTE: PSICOLOGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2015

LUAN PACHECO CUNHA MELO

ILUMINAÇÃO INTELIGENTE: PSICOLOGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Luiz Fernando Rispoli Alves

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Julho/2015

Monografia defendida e aprovada, em 02 de julho de 2015, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Luiz Fernando Rísoli Alves - Orientador



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado



Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora por permitirem esse momento.

À minha família, Liliana, minha mãe, que me deu força e sabedoria, a minha irmã Larissa pelo carinho e ensinamentos; a ele que é a razão de tudo isso estar acontecendo, meu pai Marco Aurélio. À minha Vó Zilah, que com toda ternura e amor fez esse sonho se tornar realidade. A todos os tios e primos pela ajuda nessa longa caminhada.

À ela que é mais que uma namorada, é uma companheira, amiga, braço-direito, esquerdo; e que sabe-se lá onde eu estaria se não a tivesse conhecido, meu Amor, Déborah.

Aos amigos de Ouro Preto e da Casa Verde, obrigado por me aturarem todo esse tempo; em especial Jãum (Lucas) pelas horas bem gastas planejando o futuro, Firmeza (Arthur) pela amizade, e aos demais moradores: Bando de Cela, vulgo Honduras (Fabricio), Arnon, Bifão (Lucas), Diow (Vinício), Pedrão, Batu (Fábio), Jão (Dedimes).

Aos de Teófilo Otoni, obrigado pelo apoio e pelas farras que tornaram essa etapa inesquecível.

Ao mais que mestre, ao amigo Rispoli, obrigado pelos ensinamentos, que eles se eternizem na Escola De Minas.

A todos os professores (as), desde Fundamentos Básicos da Matemática ao TCCII, obrigado por me ensinarem a *engenhara*.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma revisão teórica dos fundamentos de projetos de iluminação inteligente, acrescentado de um conceito muitas vezes negligenciado, a Psicologia das Cores. Expõe-se os padrões de comunicação mais utilizados na iluminação, os sistemas de iluminação mais comuns e o aparato necessário para a automação geral de iluminação. Discorre-se a respeito das cores e suas características físicas e psíquicas, possibilitando o uso e a aplicação integrados dos conhecimentos, da Automação e da Psicologia

PALAVRAS-CHAVE: Automação da iluminação, Psicologia das Cores, Baixo custo.

ABSTRACT

This paper presents a theoretical review of the elements for intelligent lighting projects, adding a concept that is, most of the time, overlooked, the Color's Psychology. The most used communication standards in lighting and the required equipment to an all-purpose lighting automation are exposed. It discourses about the colors and its physical and psychological characteristics, enabling the integrated use and application of the Automation's and Psychology's knowledges.

KEY WORDS: Lighting automation, Color's Psychology, Low costs.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------------|---|----|
| Figura 2.1.1 | Esterradiano. (Ω = ângulo sólido, A = área igual ao quadrado do raio da esfera) | 3 |
| Figura 2.1.2 | Intensidade Luminosa | 4 |
| Figura 2.1.3 | Curva de distribuição de Intensidades Luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B). | 4 |
| Figura 2.1.4 | Luz Incidente | 5 |
| Figura 2.1.5 | Luz Refletida | 5 |
| Figura 2.1.6 | Eficiência Energética por tipo de lâmpada | 6 |
| Figura 2.1.7 | Comparação entre IRCs de diferentes lâmpadas | 7 |
| Figura 2.1.8 | Principais Temperaturas de Cor em Seus Respectivos Ambientes | 8 |
| Figura 2.2.1.1 | Principais estruturas do Globo Ocular | 9 |
| Figura 2.2.1.2 | Caracteísticas de cones e bastonetes | 11 |
| Figura 2.2.1.3 | Influência do contorno de um objeto na avaliação de intensidade pelo sistema visual | 11 |
| Figura 2.2.2.1 | Figura esquemática de experimento | 14 |
| Figura 2.2.2.2 | Componentes neurais do sistema temporizador circadiano | 15 |
| Figura 16.5 | Componentes neurais do sistema temporizador circadiano | 15 |
| Figura 2.4.1.1 | O conceito de conforto: resposta fisiológica a estímulos ambientais | 19 |
| Figura 2.4.1.2 | Iluminação para atividade laborativa - Indústria | 20 |
| Figura 2.4.1.3 | Iluminação não laborativa – Restaurante | 20 |
| Figura 2.4.2.1 | Iluminação Geral | 22 |
| Figura 2.4.2.2 | Iluminação Geral | 22 |
| Figura 2.4.2.3 | Iluminação Localizada | 23 |
| Figura 2.4.2.4 | Iluminação Localizada | 23 |
| Figura 2.4.2.5 | Iluminação de Tarefa combinada com Iluminação Geral | 24 |
| Figura 2.4.2.6 | Iluminação de Tarefa | 24 |
| Figura 2.4.2.7 | Classificação das luminárias segundo a radiação do fluxo luminoso | 25 |
| Figura 2.4.2.8 | Luz de Destaque | 26 |
| Figura 2.4.2.9 | Luz de Efeito | 26 |
| Figura 2.4.2.10 | Luz de Decorativa | 27 |
| Figura 2.4.2.11 | Aplicativo para iPad permite controlar iluminação da casa, entre outras funcionalidades | 27 |
| Figura 2.4.2.12 | Luz Arquitetônica | 28 |
| Figura 2.4.3.2.1 | Efeito binning ruim ao fundo | 32 |
| Figura 2.4.3.2.2 | Exemplos de OLEDs | 33 |
| Figura 2.4.3.2.3 | OLED Transparente e como Fonte de Luz | 34 |
| Figura 3.2.1 | Redes Residenciais | 38 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------------------|--|----|
| Tabela 2.2.1.1 | Níveis de Iluminância | 12 |
| Tabela 2.4.3.1 | Tipos de lâmpadas | 31 |
| Tabela 3.3.2.1 | Potencial de Redução do Consumo de Energia com o Uso de Sensores de Presença. Aplicação Potencial de Energia (%) | 45 |

SUMARIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS..... | VII |
| LISTA DE TABELAS..... | VIII |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 2 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.2.1 OBJETIVOS PRINCIPAIS..... | 2 |
| 1.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS..... | 2 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS..... | 3 |
| 2.2 ANATOMIA DO OLHO E FISILOGIA DA VISÃO..... | 8 |
| 2.2.1 O OLHO HUMANO..... | 8 |
| 2.2.2 RITMOS DA VIDA: O CICLO CIRCADIANO..... | 12 |
| 2.3 PSICOLOGIA DAS CORES..... | 17 |
| 2.4 FUNDAMENTOS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO..... | 18 |
| 2.4.1 OBJETIVOS DA ILUMINAÇÃO..... | 18 |
| 2.4.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO..... | 21 |
| 2.4.3 - TIPOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS..... | 28 |
| 3. APROFUNDAMENTO DE ESTUDOS..... | 35 |
| 3.1 PSICOLOGIA..... | 35 |
| 3.2 AUTOMAÇÃO..... | 37 |
| 3.2.1 SISTEMAS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO:..... | 38 |
| 3.2.2 PADRÕES DE COMUNICAÇÃO:..... | 39 |
| 3.2.3 ILUMINAÇÃO INTELIGENTE: O QUE SE PRECISA..... | 42 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 48 |
| REFERÊNCIAS..... | 50 |

1. INTRODUÇÃO

Em 1879, Thomas Alva Edison (1847-1931) inventor e cientista norte americano, desenvolveu a primeira lâmpada elétrica incandescente viável comercialmente. Depois, em 1938, um engenheiro mecânico e eletrotécnico sérvio, Nikola Tesla (1856- 1943) inventou a lâmpada fluorescente. Com o passar dos anos e com o desenvolvimento tecnológico, chegou-se ao LED, “a luz que muda de cor”.

O estudo das cores já data de longo tempo, tendo como expoente inicial Leonardo da Vinci, com suas formulações teóricas esparsas reunidas no livro póstumo *Tratado da Pintura e da Paisagem – Sombra e Luz*. Atualmente, os maiores nomes dessa vertente são Israel Pedrosa e Modesto Farina, sendo, portanto referências comuns em diversos trabalhos que tratam da Teoria das Cores. As cores, inegavelmente, provocam sensações diversas nos seres; com esse intuito, então, pesquisou-se sobre a integração das teorias das cores aos ambientes utilizando a iluminação inteligente (PEDROSA, 2009).

Em Iluminação, “inteligente” é eficiência energética, dinamicidade e incorporação de outros aspectos relevantes, como o Conforto Ambiental e a Psicologia. A Automação se insere nesse ponto, trazendo a possibilidade de tornar real esse conceito.

Automação residencial, conhecida como Domótica, é bastante difundida hoje em dia em todos os países industrializados. É, efetivamente a aplicação das técnicas e ferramentas de automação predial em um cenário doméstico (MAINARDI, 2005). Os sistemas de controle domésticos (Home Control System – HCS) estão se tornando cada vez mais comuns e parte integrante de habitações modernas. O controle computadorizado de iluminação, sistemas de climatização e outras aplicações da domótica são bem-vindas em residências, hospitais, empresas e vários outros ambientes. Muitas tecnologias vêm se desenvolvendo dentro do vasto leque de opções que compreende a automação residencial. Seu papel fundamental é proporcionar mais conforto, economia e segurança (KELLY, 1997).

Nesse trabalho, visou-se a automação da iluminação associada com conceitos da psicologia, buscando propiciar uma nova ferramenta no desenvolvimento de projetos de iluminação inteligente, possibilitando a integração do usuário com o ambiente de forma

mais intensa por meio da manipulação das cores e das sensações que elas podem provocar no indivíduo.

1.1 JUSTIFICATIVA

No decorrer do curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, pode-se perceber que há uma certa quantidade de projetistas preocupados com a ergonomia física, por exemplo, obras de iluminação que evitem o ofuscamento e a fadiga visual. Porém, pouco se estuda a respeito da condição psíquica dos indivíduos e como a Automação pode atuar nessa área.

Visando minimizar a carência de estudos a este respeito, este trabalho traz uma abordagem inovadora do tema, conciliando a iluminação inteligente com a Psicologia das Cores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS PRINCIPAIS

Revisar a literatura;

Aprofundar estudos para a concepção e automação de projetos de iluminação inteligente;

1.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Conciliar iluminação inteligente e Psicologia das Cores;

Compilar um material de consulta para projetos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

Para melhor entendimento deste trabalho, é de suma importância que se compreenda bem alguns conceitos luminotécnicos básicos. Com este intuito apresenta-se abaixo:

De acordo com o Priberam Dicionário:

Candela, unidade de medida de intensidade luminosa (símbolo: *cd*), equivalente à medida da percepção da potência emitida por uma fonte luminosa numa determinada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e cuja a intensidade energética nesta direção é de 1/683 watts, por esterradiano (fig. 2.1.1).

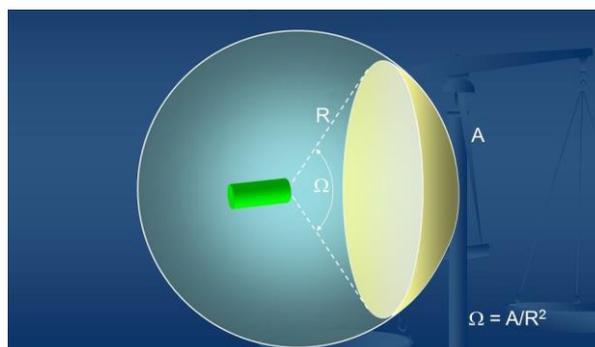


Figura 2.1.1. Esterradiano. (Ω = ângulo sólido, A = área igual ao quadrado do raio da esfera)
Fonte: Fundamentos Metrologia Científica e Industrial, 2008.

Lúmen, unidade de medida de fluxo luminoso (símbolo: *lm*). Um lúmen é o fluxo luminoso, ou seja, quantidade de luz emitida por um emissor luminoso, dentro de um cone de 1 esterradiano, emitido por uma fonte pontual uniforme, colocada no vértice do ângulo sólido e que tem intensidade luminosa de uma candela.

Lux, unidade de medida de iluminância, quantidade de luz que incide sobre um ponto de uma determinada dimensão; de uma superfície, que recebe de forma uniformemente distribuída um fluxo luminoso de 1 lúmen por metro quadrado, (símbolo: *lx*).

Segundo Silva, 2004:

Fluxo Luminoso (ϕ), é a quantidade de luz emitida por uma fonte e medida em lúmens.

Intensidade Luminosa (I), expressa em cd , é o fluxo luminoso projetado em determinada direção. (fig 2.1.2)

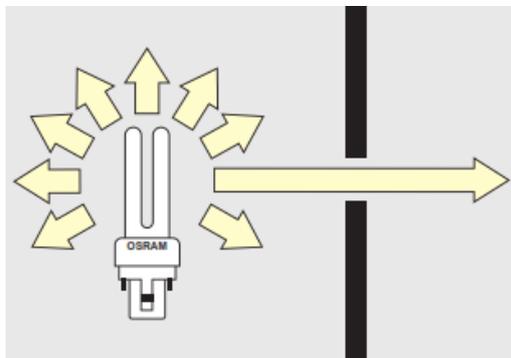


Fig. 2.1.2- Intensidade Luminosa
Fonte: Manual Luminotécnico Prático Osram

Curva de Distribuição Luminosa (CDL), representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano. (Fig. 2.1.3). (MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO OSRAM).

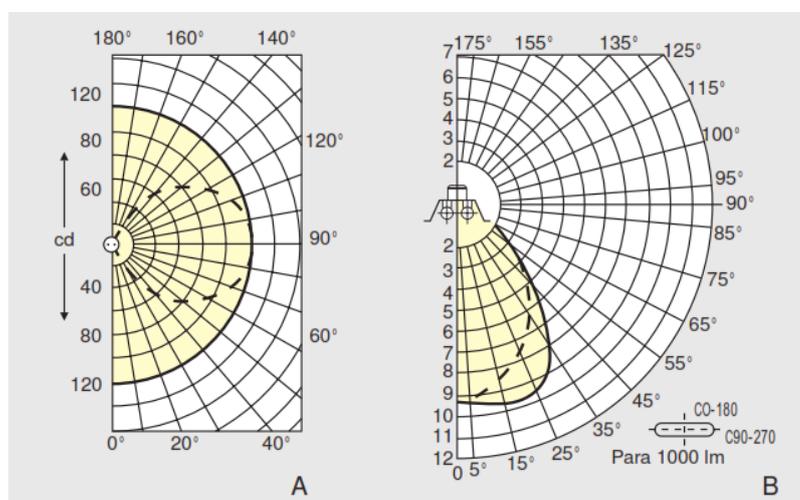


Fig. 2.1.3- Curva de distribuição de Intensidades Luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).
Fonte: Manual Luminotécnico Prático Osram.

Iluminância (E), expressa em lx , é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte. É a relação entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância. (fig. 2.1.4).

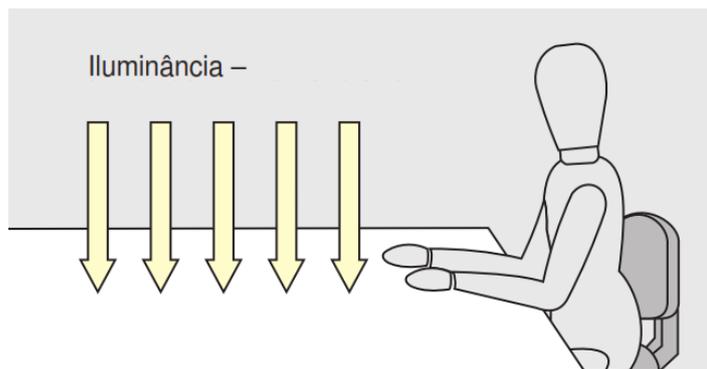


Fig. 2.1.4- Luz Incidente
Fonte: Manual Luminotécnico Prático Osram.

Luminância (L), medida em candelas por metro quadrado (cd/m^2), é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície aparente, como mostrado na figura 2.1.5.

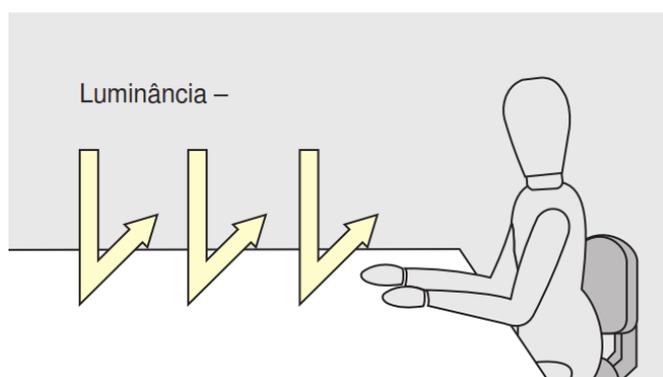


Figura 2.1.5- Luz Refletida
Fonte: Manual Luminotécnico Prático Osram.

Ângulo de Radiação, é um ângulo sólido produzido por um refletor, que direciona a luz.

Fator ou Índice de Reflexão, é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente. Varia sempre em função das cores ou acabamentos das superfícies e suas características de refletância.

Vida Mediana de uma Lâmpada, é o número de horas resultantes em que 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

Vida Média de uma Lâmpada, é a média aritmética do tempo de duração das lâmpadas ensaiadas.

Vida Útil ou Custo Benefício, é o número de horas decorridas, quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial, devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somando o efeito das respectivas queimas ocorridas no período.

Eficiência Energética ou Eficiência Luminosa (η), é a relação entre fluxo luminoso e potência consumida, em outras palavras, a eficiência com que a energia elétrica consumida é convertida em luz. Unidade de medida: lm/W. Ver figura 2.1.6.

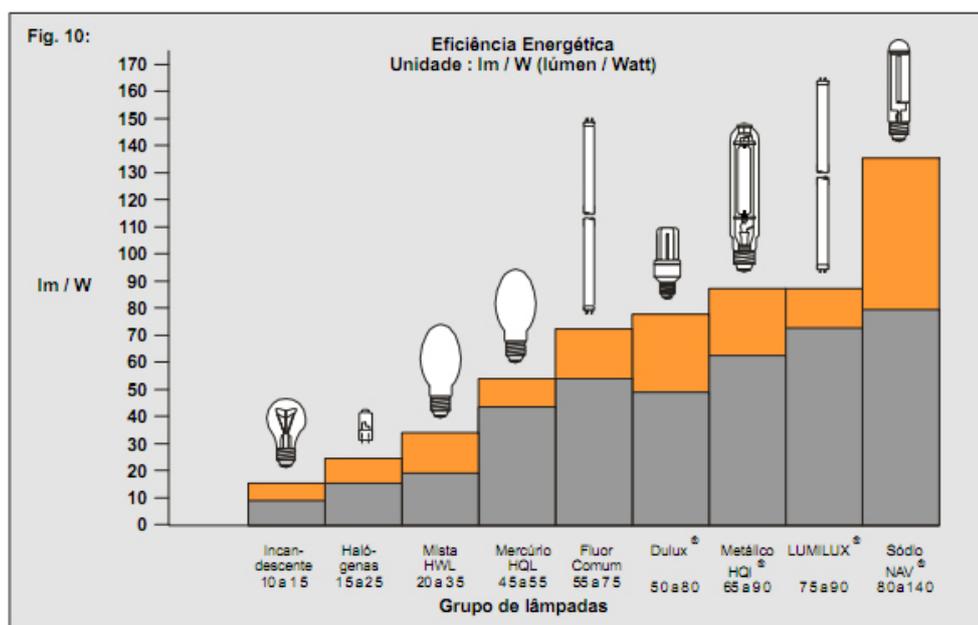


Figura 2.1.6- Eficiência Energética por tipo de lâmpada

Fonte: Luz Lâmpadas & Iluminação

Nota: DULUX, Metálica HQL, LUMILUX e Sódio NAV são marcas registradas da Osram.

Eficiência de luminária (η_L), refere-se à razão entre o fluxo luminoso emitido pela luminária em relação à soma dos fluxos luminosos das lâmpadas instaladas na luminária. (MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO OSRAM).

Eficiência do Recinto (η_R), é encontrada em tabelas contidas nos catálogos dos fabricantes de lâmpadas e luminárias, onde relacionam-se valores de Coeficiente de Reflexão do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição Luminosa da luminária utilizada e o Índice do Recinto. (MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO OSRAM).

Fator de fluxo luminoso (BF) a maioria das lâmpadas de descarga opera em conjunto com reatores. Neste caso, observamos que o fluxo luminoso total obtido depende do desempenho deste reator. Este desempenho é chamado de fator de fluxo luminoso (Ballast Factor). (MANUAL LUMINOTÉCNICO PRÁTICO OSRAM).

Espectro Visível, é uma faixa de radiação que ocorre em um intervalo, com um comprimento de onda que vai de 380 a 780 nm(nanômetros).

Índice de Reprodução de Cores (IRC, CRI ou Ra), serve para medir o quanto a luz artificial consegue imitar a luz natural. Considerando um IRC igual a 100% um dia claro de sol no verão por volta do meio-dia, quanto maior for o IRC de uma fonte luminosa artificial, esta produzirá mais fielmente as cores, como mostrado na figura 2.1.7, e quanto menor for esse índice, mais longe dos 100% e pior será a reprodução de cores.

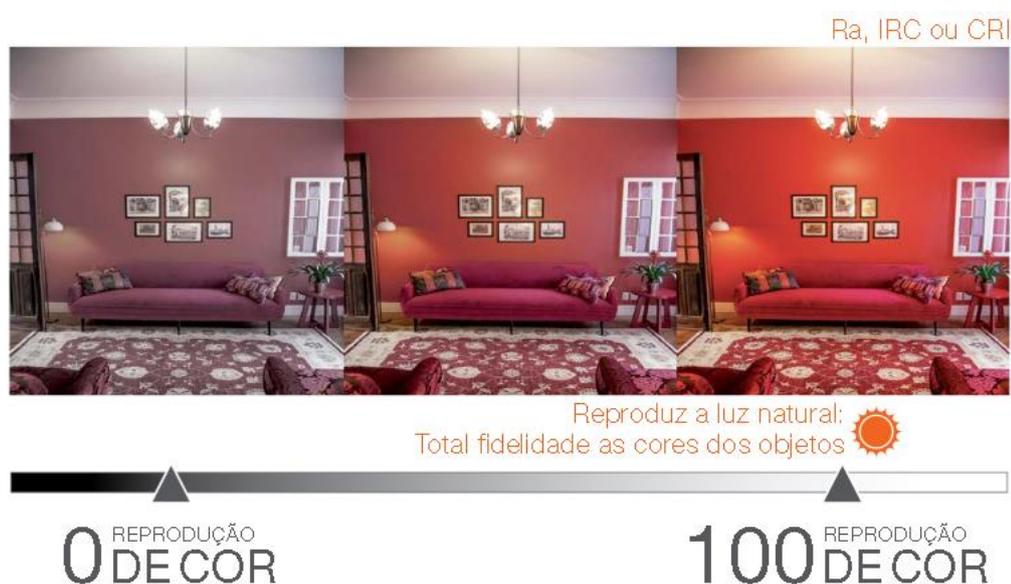


Figura 2.1.7- Comparação entre IRCs de diferentes lâmpadas
Fonte: Luz Lâmpadas & Iluminação

Temperatura de Cor [K], é a grandeza que expressa a aparência da cor da luz. Quanto mais alto o valor, mais branca será a cor da luz emitida. Fatos importantes a serem destacados são que lâmpadas com mesma temperatura de cor podem possuir IRCs diferentes, e a cor da luz nada interfere na Eficiência Energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada.

Essa característica deve ser observada na escolha de uma lâmpada, pois para cada ambiente iluminado temos uma temperatura de cor mais adequada. (Figura 2.1.8) Aprofundaremos mais este conceito durante o trabalho.



Figura 2.1.8- Principais Temperaturas de Cor em Seus Respectivos Ambientes
Fonte: Luz Lâmpadas & Iluminação

2.2 ANATOMIA DO OLHO E FISILOGIA DA VISÃO

2.2.1 O OLHO HUMANO

De acordo com Lent, 2010, a visão é dada pela interação da luz com os receptores especializados que se encontram no olho. Nos animais esse órgão é composto por lentes e diafragmas que controlam a entrada da luz e focalizam as imagens (LIMA, 2010).

As principais estruturas do bulbo ocular são (Figura. 2.2.1.1 A):

Córnea, membrana transparente convexa que permite a entrada de luz e converge os raios luminosos em direção a retina. (LENT, 2010);

Íris, responsável por controlar o diâmetro da *pupila*, uma abertura central por onde a luz penetra no interior do olho, e que tem a capacidade de variar sua abertura em cinco vezes a sua área;

Cristalino, lente biconvexa responsável pela focalização fina da imagem, capaz de expandir-se e de retrair-se ajustando a visão proporcionalmente à distância em que se encontra o objeto (Figura. 2.2.1.1.B) (LIMA, 2010);

Retina, camada de células sensíveis à luz que recebem e transmitem a sensação luminosa ao córtex cerebral, onde a informação será decodificada. As células

fotossensíveis são os cones e bastonetes. Há na retina uma região onde a visão é mais nítida e detalhada denominada fóvea. (MOORE; DALLEY; AGUR, 2014).

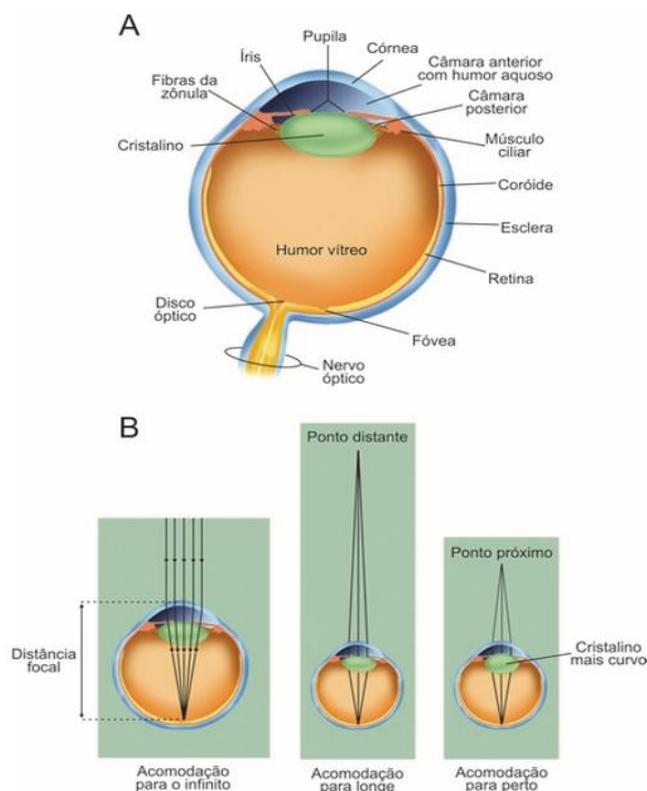


FIG. 2.2.1.1- Principais estruturas do Globo Ocular -O desenho A mostra as principais estruturas que compõem o olho humano (representado em corte). Em B, o olho se encontra acomodado para o infinito ou para um ponto distante, e o cristalino esticado (à esquerda e ao centro); quando o objeto se aproxima (à direita), o cristalino se torna mais curvo e globoso, para manter o foco (acomodação para perto)).

Fonte LENT, 2010, pag.305

Cones, permitem a diferenciação de detalhes finos e a percepção de cores quando a intensidade luminosa é alta – visão fotópica. (LIMA, 2010). Podem ser de três tipos “S” que absorvem comprimentos de onda (λ) em torno de 420 nm; “M” mais sensíveis a λ de 530 nm, e os “L” a λ em torno de 560 nm (Figura 2.2.1.2.A). (LENT, 2010). As cores percebidas são dadas pelas contribuições relativas de cada tipo de cone acionados. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002). Como mostrado na figura 2.2.1.2.B, os três tipos de cone estão aleatoriamente distribuídos na retina, formando um mosaico capaz de representar cada sensibilidade cromática em todas as partes da retina, e assim, também do campo visual

Bastonetes, células sensíveis a baixos níveis de iluminação – visão escotópica. A maior sensibilidade dessas células é dada em λ próximo dos 500 nm.

Têm-se a ideia de que quanto mais forte a intensidade luminosa maior é sua capacidade de estimulação das vias visuais. Porém, a avaliação da magnitude de um estímulo depende de inúmeros outros fatores além da sua energia luminosa, sendo os principais: *o nível de adaptação da retina*, ou seja, da regulação da sensibilidade retiniana à luz; *o nível de “ruído” interno do próprio sistema visual*, isto é os neurônios geralmente disparam impulsos a uma certa frequência mesmo na ausência de estimulação luminosa, esta atividade espontânea é o “ruído” do sistema; *a cor do estímulo*, como exposto na figura 2.2.1.2.C, na visão fotópica, a sensibilidade é maior para λ em torno de 555 nm (verde amarelado), enquanto na visão escotópica a sensibilidade é maior em torno do comprimento de onda de 500 nm (verde azulado). Assim, estímulos verdes parecerão mais fortes em relação aos azuis e aos vermelhos quando apresentarem mesma luminância, pois os primeiros são capazes de estimular mais intensamente as fibras nervosas visuais; *as condições de contorno em volta do estímulo*, uma imagem que tenha a mesma luminância pode ser percebida como mais intensa (mais clara) ou menos intensa (mais escura) dependendo do seu contorno, como mostrado na figura 2.2.1.3. Com isso, conclui-se que o sistema visual não precisa levar muito em conta o interior da imagem quando é de cor e intensidade homogênea. Na verdade, são as bordas que precisam ser percebidas com nitidez, e utilizadas para comparar a imagem com o fundo. (LENT, 2010).

Conforme Lima, 2010, a acuidade visual é a habilidade do observador de distinguir os detalhes dos objetos em função da distância entre eles. O tamanho do objeto, o baixo contraste entre ele e o entorno, a distância em que ele está do observador, o tempo de visão e o ofuscamento que possa vir a existir, são todos fatores que podem diminuir a acuidade visual. Além dos elementos citados acima, a idade do observador, os níveis de iluminação e a composição espectral também interferem na acuidade visual. Como o contraste também está relacionado com os níveis de iluminação, há uma variação da capacidade de distinção dos objetos dependendo dos níveis luminísticos.

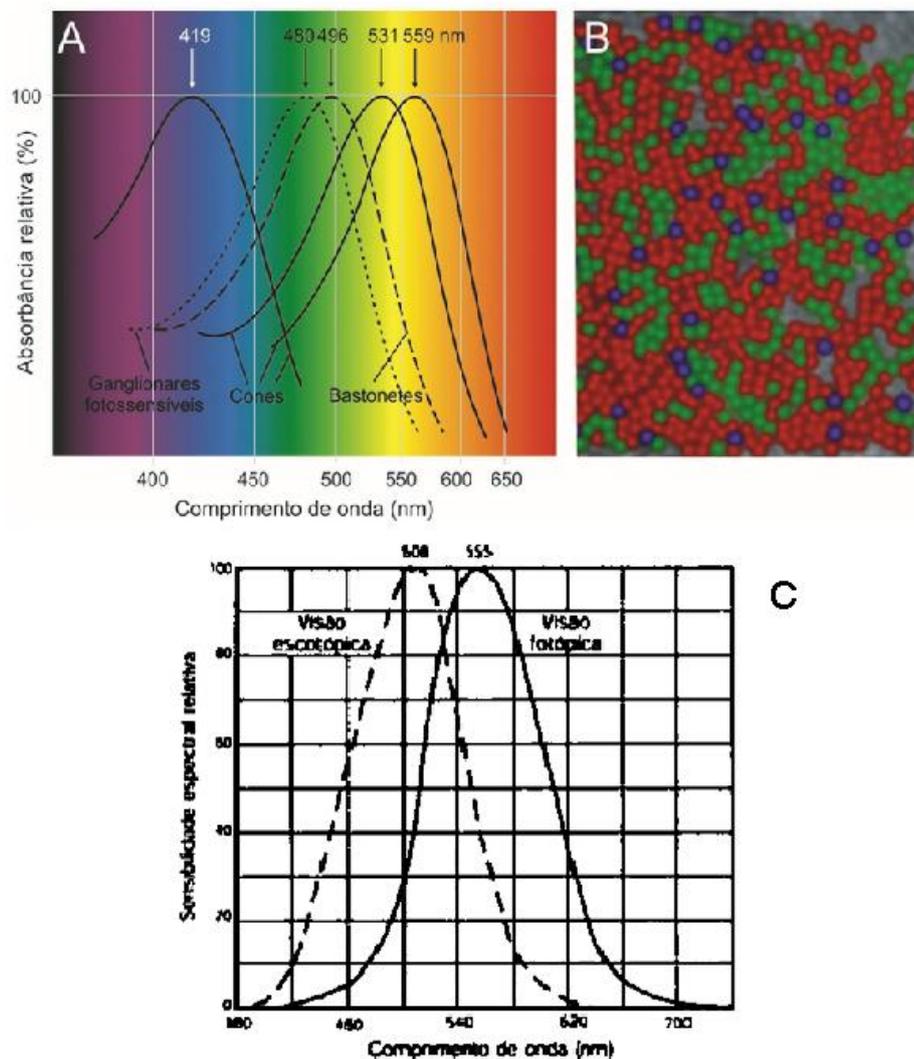


Figura 2.2.1.2 - Características de cones e bastonetes - A. Os bastonetes são de um único tipo: absorvem luz em torno de 496 nm. Os cones apresentam três tipos, os “azuis” (ou L), que absorvem em torno de 419 nm; os “verdes” (ou M), que absorvem em torno de 531 nm; e os “vermelhos” (ou S), que absorvem em torno de 559 nm. As células ganglionares fotossensíveis absorvem em torno de 480 nm. B. Os três tipos de cones distribuem-se aleatoriamente na retina humana, formando um mosaico capaz de representar cada sensibilidade cromática em todas as partes da retina, e portanto também do campo visual. C Gráfico Escotópico e Fotópico Adaptado de Lent 2010, e Lima 2010.

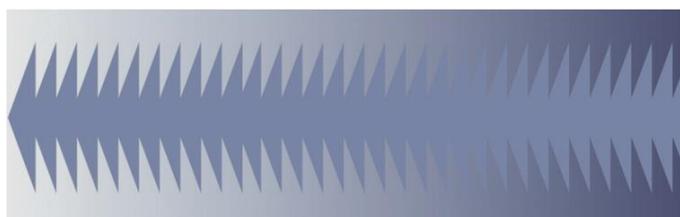


Figura 2.2.1.3 - Influência do contorno de um objeto na avaliação de intensidade pelo sistema visual.

Fonte Lent 2010.

O olho humano é capaz de se adaptar a grandes variações na intensidade luminosa, ou seja, se adequa a iluminâncias de até 100.000 lux em um dia de Sol a valores próximos de 0,25 lux em noites de Lua cheia, como observa-se no Quadro A (Tabela 2.2.1.1). De acordo com Bear, Connors e Paradiso, 2002, a transição da visão diurna, baseada nos cones, para a visão noturna, baseada nos bastonetes, não é instantânea: leva cerca de 20 a 25 minutos, e o fenômeno é denominado adaptação ao escuro. A sensibilidade à luz aumenta cerca de um milhão de vezes durante esse período, e assim, quando o olho adaptado ao escuro retoma para um ambiente com luz brilhante, torna-se temporariamente saturado, causando a sensação de ofuscamento percebida nessas situações. É essa adaptação ao escuro, ou à claridade, que confere ao nosso sistema visual a capacidade de operar em intensidades de luz tão contrastantes.

(LIMA, 2010, p. 16). O contraste excessivo leva a uma adaptação muito rápida, causando um desconforto visual, que deve ser evitado num bom projeto de iluminação.

A grande diferença de níveis de iluminância numa mesma área pode causar sérios acidentes de trabalho ou de trânsito.

Tabela 2.2.1.1 – Níveis de Iluminância

| DESCRIÇÃO | NÍVEL DE ILUMINÂNCIA (LUX) |
|---|-----------------------------------|
| Céu descoberto- Verão | 100.000 |
| Céu encoberto – Verão ou inverno | 20.000 |
| Plano de trabalho num recinto bem iluminado | 1.000 |
| Iluminação pública (vias) | 20 a 40 |
| Noite de lua cheia | 0,25 |

Fonte: Lima, 2010.

2.2.2 RITMOS DA VIDA: O CICLO CIRCADIANO

Há vários ritmos na vida dos animais. Não é só o ato de dormir, por exemplo, que se repete a cada 24 horas. Atividades motoras, desempenho psicomotor, percepção das sensações, secreção de alguns hormônios, entre muitos outros também possuem ciclicidade. Esses ritmos que se repetem a cada dia são chamados *circadianos*, alguns

ciclos que se repetem em tempo maior que um dia são denominados *infradianos*, e os que se repetem em tempos menores de um dia são os *ultradianos*.

O que se acreditou inicialmente foi que tais ritmos seriam determinados apenas pelos ciclos ambientais da natureza, como alternância do dia e da noite, dependentes exclusivamente do ambiente externo. Hoje se sabe que há sistemas orgânicos especializados em gerar os ciclos funcionais que caracterizam os ritmos biológicos.

A existência de um relógio interno (até mesmo mais de um) pode ser facilmente revelada em animais e vegetais, quando são mantidos em um ambiente constantemente iluminado, ou constantemente escuro - a atividade motora, o ciclo vigília-sono e outros ciclos circadianos se mantêm, embora assumam, aos poucos, uma periodicidade diferente de 24 horas.

Na década de 1950 foram realizados experimentos para comprovar isso: voluntários viveram alguns meses em condições de escuridão completa, sem informações sobre o andar do tempo. Os ritmos circadianos, como no caso do animais, adquiriram períodos diferentes de 24 horas, geralmente mais longos.

Esses experimentos indicaram que o relógio interno, qualquer que fosse ele, geraria uma oscilação funcional automática, que no entanto seria sincronizada com um ciclo natural (como a alternância dia-noite). Isso significa que as chamadas células marca-passos devem estar de algum modo acopladas a outras que detectam variações ambientais e produzem os efeitos cíclicos. Podemos então considerar que os relógios biológicos são ajustáveis ao ambiente pela ação de células sensoriais e vias que levam a informação ao cérebro, tornando-se sincronizados com os ciclos naturais (Figura 2.2.2.1).

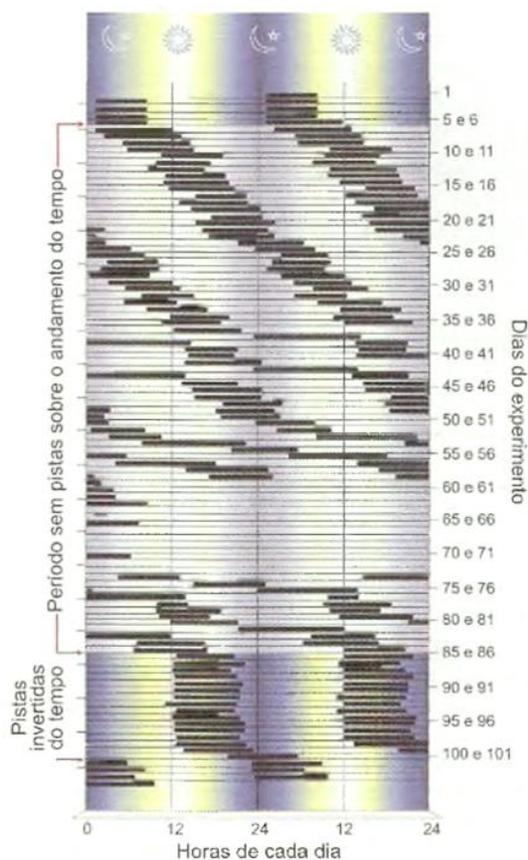


Figura 2.2.2.1 – Figura esquemática de experimento - o indivíduo registra diariamente seus períodos de sono (barras pretas). A partir do sexto dia todas as pistas que padecem indicar-lhe o andamento do tempo foram retiradas. Observa-se o afastamento gradativo dos períodos de sono. No 84º foram fornecidas pistas invertidas da sequência dia e noite, ele voltou ao ciclo de 24 horas mais passou a dormir ao meio dia.

Fonte: Lente, 2010, pag. 577.

O sistema temporizador dos mamíferos encontra-se no diencéfalo, região central do cérebro recoberta pelos dois hemisférios cerebrais, que contém o tálamo e o hipotálamo, e é denominado núcleo supraquiasmático, pois encontra-se logo acima do quiasma óptico. (Figuras 2.2.2.2, 2.2.2.3) Trata-se de uma pequena região do cérebro que recebe os prolongamentos dos neurônios provenientes da retina, originários de células ganglionares capazes de detectar mudanças de luminosidade do ambiente. Estas estruturas são capazes de gerar um ritmo acoplado ao ciclo dia-noite.

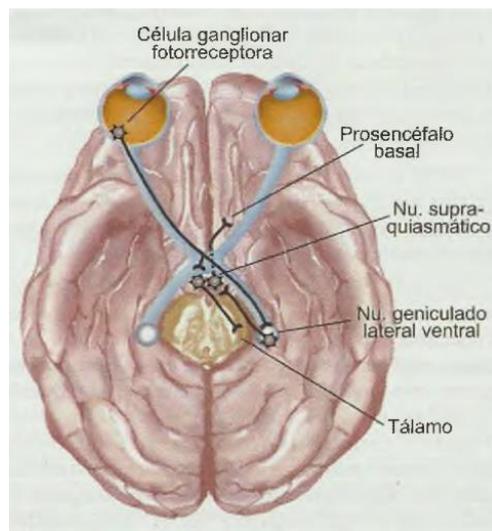


Figura 2.2.2.2 – Componentes neurais do sistema temporizador circadiano
 Fonte: Lent, 2010, pag.578

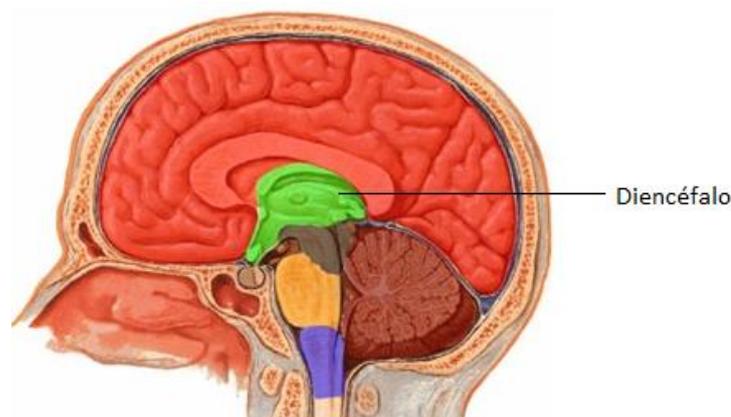


Figura 2.2.2.3 – Componentes neurais do sistema temporizador circadiano
 Fonte: Moore, 2014, pag. 213.

Outros experimentos foram realizados e comprovaram que a luz é que efetivamente sincroniza o marca-passo com o ciclo dia-noite; que é ela o estímulo temporizador principal dos ciclos circadianos.

Em resumo, o relógio hipotalâmico por si só é "impreciso", tem um ciclo um pouco diferente de 24 horas. Por essa razão, precisa ser sincronizado ao ciclo natural dia-noite. Para que isso seja feito, a intensidade da luz (do dia) é diariamente monitorada pelo núcleo supraquiasmático através de seus aferentes visuais, o que serve de ajuste para os neurônios osciladores desse núcleo. As conexões que saem do supraquiasmático veiculam os comandos para que algumas das funções autonômicas,

neuroendócrinas e comportamentais - inclusive vigília e sono - possam ser reguladas de acordo com o período de 24 horas.

A luz do dia não é o único estímulo temporizador. As circunstâncias sociais são eficientes temporizadores para o homem. É o caso dos turnos de trabalho, das oportunidades de lazer noturno e da própria luz elétrica, que prolonga a luminosidade do dia pela noite adentro, além de outros.

A melatonina é o neurohormônio marcador circadiano, pela sua presença (ou maior concentração) noturna e sua ausência (ou menor concentração) diurna. Segundo Neto *et al.* (2008), a melatonina é o principal hormônio sintetizado pela glândula pineal dos vertebrados, e é sintetizada a partir da serotonina, um neurotransmissor envolvido na percepção e avaliação do meio e na capacidade de resposta aos estímulos ambientais.

A secreção de melatonina ocorre exclusivamente à noite, iniciando-se cerca de 2 horas antes do horário habitual de dormir e atingindo níveis plasmáticos máximos entre 03:00 e 04:00 horas, variando de acordo com o cronótipo do indivíduo. Seus níveis plasmáticos costumam ser constantes em um mesmo indivíduo, representando um dos ritmos circadianos humanos mais marcantes.

A luz é o fator ambiental mais importante para a regulação da síntese de melanina e é responsável pelo ritmo circadiano de sua secreção, tendo ação inibitória sobre a pineal. Assim, exposição à luz durante a fase escura inibe a produção de melatonina de forma aguda. Mesmo intensidades moderadas de luz, como as do interior de residências (50-300 lux), são capazes de causar inibição da produção de melatonina em humanos. Intensidades de 2000-2500 lux por 2 horas são capazes de inibir completamente a produção dela. Repetidas exposições à luz não inibem a secreção desse hormônio, mas causam o atraso de sua liberação, processo denominado de “atraso de fase”, sendo a luz azul, de comprimento de onda de cerca de 466-467 nm, a mais eficaz, tanto para a supressão da produção/liberação da melatonina, quanto para causar o atraso de fase.

Entre as várias ações da melatonina já comprovadas, se destaca a cronobiológica (regulando os ritmos biológicos). Sabe-se hoje que esse hormônio é o “tradutor neuroendócrino” do ciclo claro-escuro. Sob o comando do sistema nervoso, a pineal controla, através da melatonina, os ritmos circadianos e as alterações sazonais dos mamíferos.

Assim, a melanina é a mais importante substância sincronizadora endógena, controlando padrões secretórios de diversas substâncias, sincronizando os ritmos biológicos intrínsecos, relacionados com as variações sazonais, fisiológicas e comportamentais.

Estudos recentes, como nos mostra o artigo de revisão de Hissa *et al.* (2008), corroboram com trabalhos do final do século XIX, que trazem a hipótese da melatonina atuar como fator protetivo contra o câncer. O período entre o final da década de 90 e o início dos anos 2.000 foi marcado pela tentativa de decifrar o mecanismo de ação através do qual a melatonina atuaria sobre a oncogênese.

2.3 PSICOLOGIA DAS CORES

Para a física, a luz é incolor; percebemos a cor quando a luz passa por uma estrutura do espectro visível. Concluimos então que a cor não é uma matéria nem uma luz, mas uma sensação. (FARINA, 1990).

(FARINA, 2006, p.2) As cores, por meio de nossos olhos e do cérebro, fazem penetrar no corpo físico uma variedade de ondas com diferentes potências que atuam sobre os centros nervosos e suas ramificações e que modificam não somente o curso das funções orgânicas, mas também nossas atividades sensoriais, emocionais e afetivas.

Considerada muitas vezes como fenômeno fisiológico, psicológico, subjetivo e individual, pelo fato de cada indivíduo percebê-la de forma distinta (FERREIRA, 2013), a cor tem como base as seguintes características de formação:

Cor luz ou luz colorida é a cor emitida diretamente de uma fonte de radiação luminosa e tem como síntese aditiva a luz branca. Sua melhor expressão é a luz solar, por reunir, de forma equilibrada, todos os matizes existentes na natureza. O espectro solar, decomposto em faixas coloridas e estas tomadas isoladamente, uma a uma, denominam-se luzes monocromáticas. (PEDROSA, 1989, P.17).

Cor-Pigmento é a substância corante que faz parte do grupo das cores químicas ou cores-tintas, que apresentam como síntese aditiva a cor preta. (FERREIRA, 2013, p.21)

Existindo então apenas na presença de pelo menos três componentes básicos: observador (visão), objeto e luz. Podemos classificar as cores de diversas formas, como: Cor-Geratriz ou Primária, Cor Secundária, Cor Terciária, Cores Neutras, Cores Dióptricas, Cores Dominantes, Cores Quentes, Cores Frias. Sendo as duas últimas mais importantes para o estudo, por tanto, detalhadas a baixo (FERREIRA, 2013, P.25).

Cores Quentes são estimulantes, fortes como a luz do Sol e o fogo. São elas: vermelho, laranja, amarelo e as demais em que elas predominam.

Cores Frias são mais suaves, calmas, como as folhas das plantas e o céu em dia de Sol. São elas: verde, azul e as demais cores em que elas predominam.

Estas cores são responsáveis pelo efeito da sinestesia, “a alteração, geralmente subjetiva, da percepção de um estímulo provocada pela excitação em outra parte do corpo”. (GONZALEZ, 2000 apud LIMA, 2010, p.29). Relacionamos a cor com sensações térmicas subjetivas. As cores quentes nos remetem a sensação particular de uma maior temperatura do ambiente, já as cores frias geram percepção de uma temperatura mais baixa. O efeito das cores mostra-se presente também na alteração da percepção acústica do espaço, embora esse aspecto seja, ainda, pouco conhecido. Um aumento de reverberação e da percepção de um menor ruído de fundo se nota quando o ambiente está iluminado com cores frias. Quando iluminado com cores quentes o efeito contrário é obtido (LIMA, 2010).

2.4 FUNDAMENTOS DO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

2.4.1 OBJETIVOS DA ILUMINAÇÃO

Um bom projeto de iluminação tem por objetivo estabelecer o melhor sistema de iluminação para uma dada aplicação. O Propósito é alcançado quando boas condições de visibilidade se unem com uma boa reprodução de cor, com preço inicial compatível, com economia de energia elétrica, associados a facilidade e menores custos de manutenção. Utilizando uma iluminação local de reforço, consegue-se combinar luz natural com iluminação artificial.

A utilização da luz natural é uma tendência mundial nos modernos sistemas de iluminação, é o ponto de partida para se obter um projeto energeticamente eficiente. Devido as características climáticas bastantes favoráveis, o Brasil, tem motivos de sobra para investir nesse conceito. Aproveitando para alocar as tarefas de maior exigências visuais próximas as fontes de luz natural, tem-se uma redução de energia elétrica para alcançar o nível de Luminância desejado. Não esquecendo sempre de proteger contra a incidência da radiação solar direta, afim de evitar um superaquecimento do ambiente e com isso um gasto maior do sistema de climatização artificial; nessas condições chega-se a uma economia de 50% do consumo de energia elétrica com iluminação, com efeitos positivos sobre o consumo dos sistemas de ar condicionado.

Bons profissionais na área de iluminação, devem entender “Projeto de Iluminação” como sinônimo de “Conforto Luminoso” que é definido de maneira sucinta por: “Quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto.” (ILUMINAÇÃO: CONCEITOS E PROJETOS. Pag. 8). Esforço de adaptação, fisiologicamente querem dizer que para desenvolver determinadas atividades visuais, nosso olho necessita de condições específicas de iluminação, quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. Ver figura (2.4.1.1).

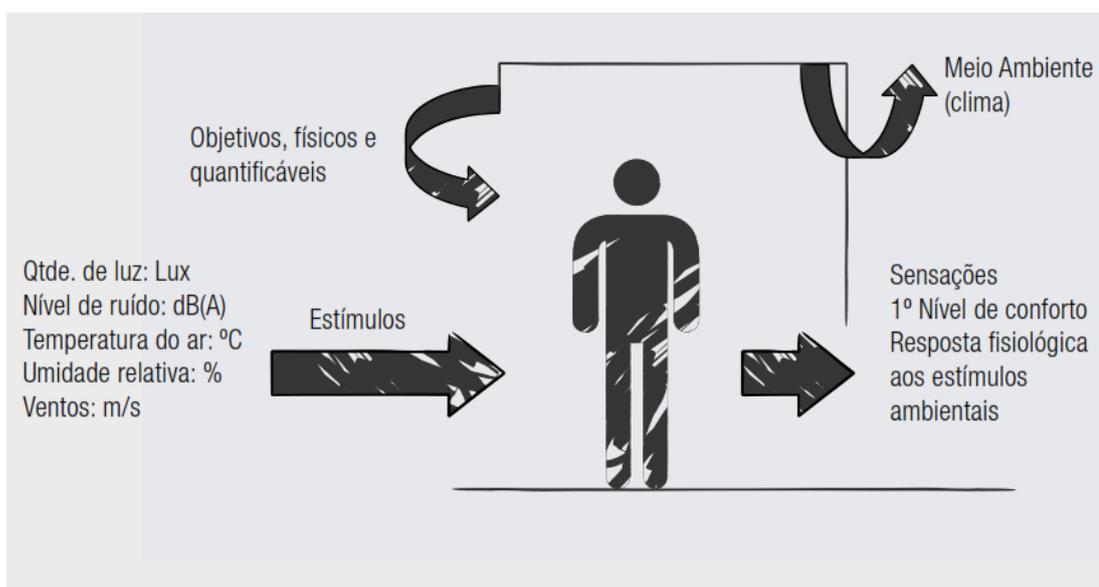


Figura 2.4.1.1 – O conceito de conforto: resposta fisiológica a estímulos ambientais
Fonte: Osram Iluminação: Conceitos e Projetos

Na definição de um projeto, a função é o mais importante parâmetro a ser decidido, ela irá definir o tipo de luz que o ambiente necessita.

A função, voltada para atividades laborativas e produtivas, traz como objetivo a obtenção de boa condição de visão associada à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Chama-se luz da razão (fig. 2.4.1.2).

As atividades de lazer, estar e religiosas, exigem da iluminação uma ambientação do espaço; criando efeitos especiais com a própria luz ou no destaque de objetos e superfícies do próprio recinto. É a luz da emoção (fig. 2.4.1.3).
(ILUMINAÇÃO: CONCEITOS E PROJETOS).



Figura 2.4.1.2 – Iluminação para atividade laborativa - Indústria
Fonte: Revista Lumiere/por Paulo Pereira



Figura 2.4.1.3 – Iluminação não laborativa – Restaurante
Fonte: NTZ.ARQ.

2.4.2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Uma metodologia para facilitar no desenvolvimento de um projeto pode ser encontrada no Manual Luminotécnico Prático Osram, indicada abaixo:

- 1) Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar;
- 2) Levantamento das dimensões físicas do local, layout, materiais utilizados e características da rede elétrica no local;
- 3) Análise dos Fatores de Influência na Qualidade da Iluminação;
- 4) Cálculo da iluminação geral (Método das Eficiências);
- 5) Adequação dos resultados ao projeto;
- 6) Cálculo de controle;
- 7) Definição dos pontos de iluminação;
- 8) Cálculo de iluminação dirigida;
- 9) Avaliação do consumo energético;
- 10) Avaliação de custos;
- 11) Cálculo de rentabilidade.

Na grande maioria dos trabalhos publicados, o enfoque principal se dá dos itens 4 ao 11, mas pouco se fala do 1 ao 3, principalmente do item 1. Como esse trabalho tem o objetivo de acrescentar aos projetos a qualidade fisiológica e psicológica que seus usuários vão sentir, mesmo que para alguns deles isso seja inconsciente, detalhar-se-á o item 1 ao máximo, servindo de referência a projetos futuros.

Para facilitar na escolha de qual sistema de iluminação utilizar, responde-se a três perguntas retiradas da Osram, Iluminação: Conceitos e Projetos.

“1ª. Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente?”

Classifica-se então, a forma que as luminárias são distribuídas pelo ambiente e os efeitos gerados no plano de trabalho. Tem-se a iluminação geral, a localizada e iluminação de tarefa (figuras. 2.4.2.1, 2.4.2.2).

Iluminação Geral: luminárias distribuídas de forma uniforme pelo teto, iluminação horizontal. Empregados em escritórios, oficinas, sala de aula, fábricas, supermercados, etc.

Vantagens: maior flexibilidade na disposição interna do ambiente, layout.

Desvantagens: locais que requerem níveis de iluminância mais elevados não tem suas necessidades atendidas, podem desfavorecer o controle do ofuscamento pela visão direta da fonte e grande consumo de energia.

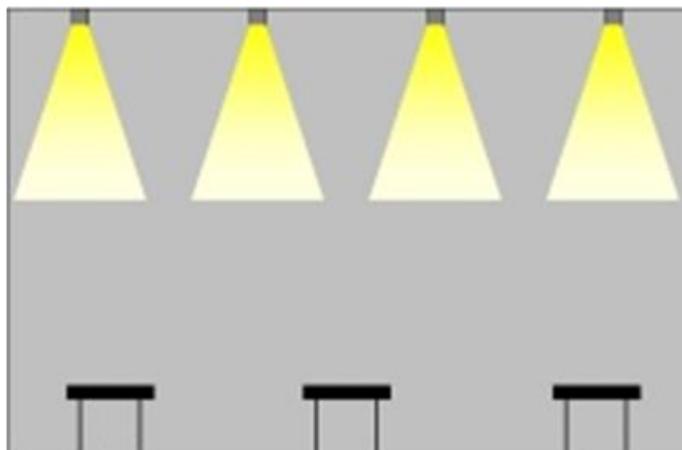


Figura. 2.4.2.1 - Iluminação Geral
Fonte ANDRÉ, E. T. P

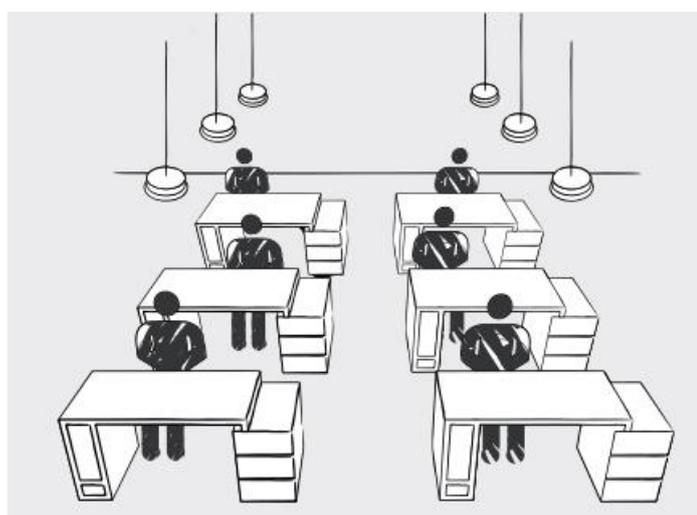


Figura. 2.4.2.2 - Iluminação Geral
Fonte: Osram Iluminação: Conceitos e Projetos

Iluminação localizada: as luminárias devem ser instaladas a altura ideal, para cobrir as superfícies adjacentes, possibilitando altos níveis de iluminância sobre o plano de trabalho e assegurar uma iluminação geral suficiente para eliminar fortes contrastes. Este tipo de iluminação é útil para áreas restritas de trabalho em fábrica (figuras. 2.4.2.3, 2.4.2.4).

Vantagens: posicionadas de forma adequada evitam o ofuscamentos, sombras indesejáveis e reflexões veladoras, maior economia de energia e podem considerar as necessidades individuais.

Desvantagens: em caso de mudança de layout, as luminárias devem ser reposicionadas. Em algumas atividades, necessitam de complementação através do sistema geral de controle de uniformidade de luz do local.

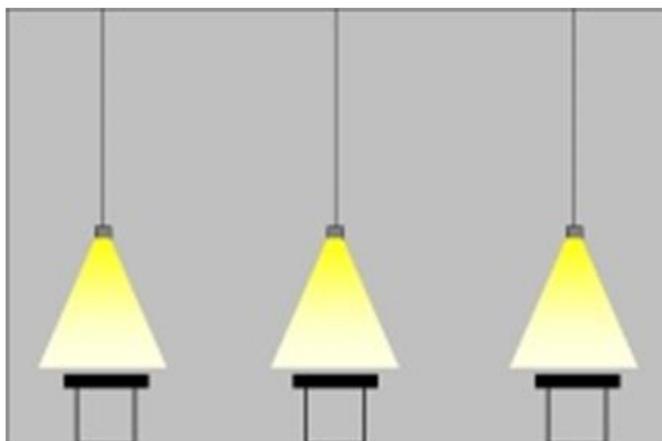


Figura. L.2.3 - Iluminação Localizada
Fonte ANDRÉ, E. T. P

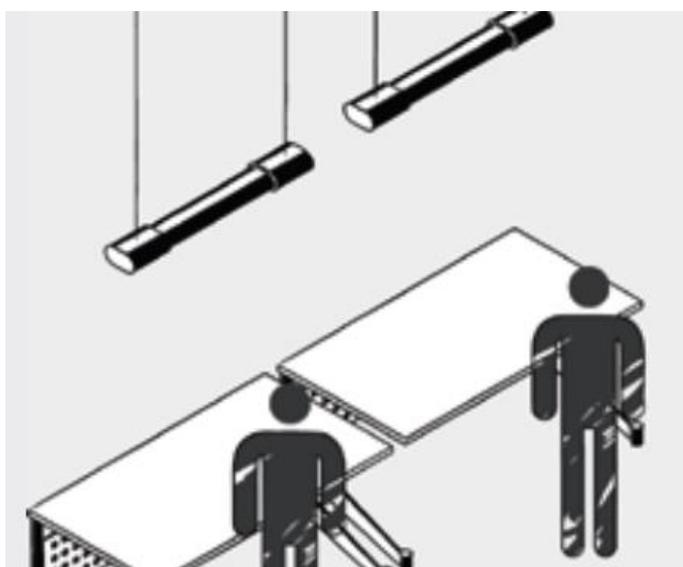


Figura. 2.4.2.4 - Iluminação Localizada
Fonte: Osram Iluminação: Conceitos e Projetos

Iluminação de tarefa: luminárias perto da tarefa visual e do plano de trabalho iluminando uma área muito pequena (figuras 2.4.2.5, 2.4.2.6).

Vantagens: maior controle dos efeitos luminotécnicos, maior economia de energia.

Desvantagens: deve ser complementada por outro tipo de iluminação, e apresenta menor flexibilidade na alteração da disposição dos planos de trabalho.

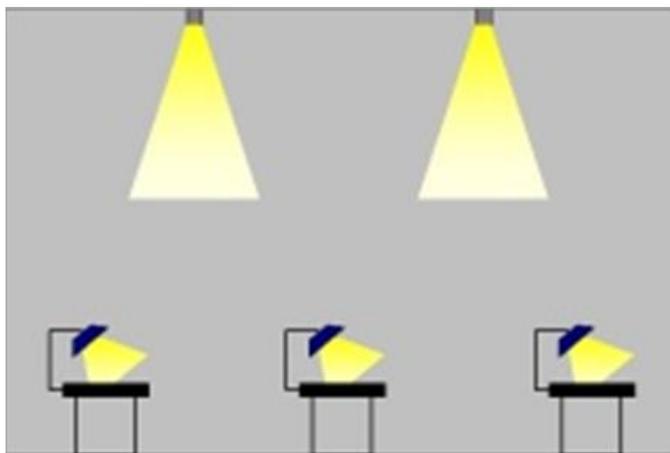


Figura. 2.4.2.5 – Iluminação de Tarefa combinada com Iluminação Geral
Fonte ANDRÉ, E. T. P

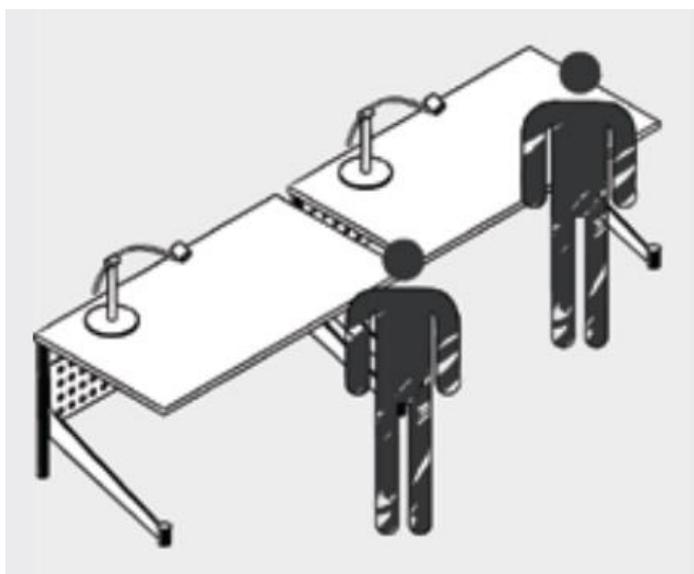


Figura. 2.4.2.6 - Iluminação de Tarefa
Fonte: Osram Iluminação: Conceitos e Projetos

“2ª. Como a luminária irá distribuir a luz?”

Alguns autores classificam os sistemas simplesmente por: direto, indireto e direto-indireto. Analisa-se a forma pela qual o fluxo luminoso é irradiado pela luminária, ou, mais precisamente, de acordo com a quantidade do fluxo luminoso

irradiado para cima e para baixo do plano horizontal e da luminária e/ou lâmpada. Como mostrado na figura 2.4.2.7.

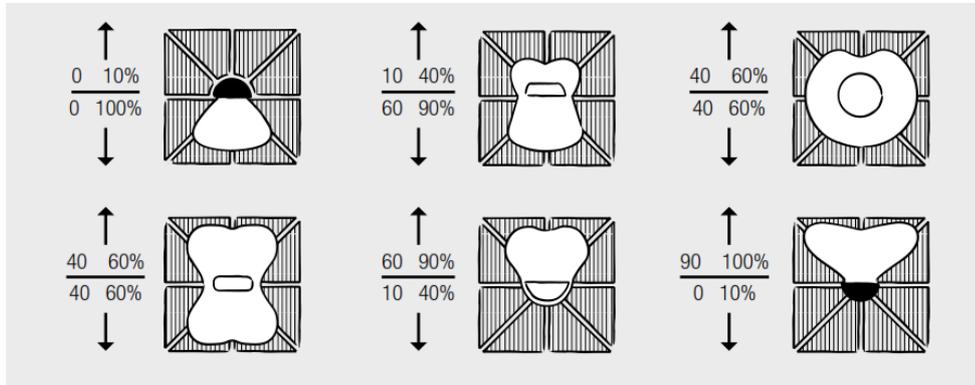


Figura 2.4.2.7 – Classificação das luminárias segundo a radiação do fluxo luminoso
Fonte: Osram Iluminação: Conceitos e Projetos

3ª. Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço?

É o momento para o projetista colocar “personalidade” no espaço, a sua “ambientação” por meio da luz, numa abordagem mais livre e menos funcional.

Luz de destaque: Enfatiza-se determinados aspectos do interior arquitetônico, como um objeto ou uma superfície, chamando a atenção do olhar. Normalmente, esse efeito é obtido com o uso de spots, criando-se uma diferença 3, 5 ou até 10 vezes maior em relação à luz geral ambiente. Posicionando a luz muito próxima à superfície a ser iluminada conseguimos o mesmo efeito. Exemplo: paredes, objetos, gôndolas, *displays*, quadros, etc. (fig. 2.4.2.8).



Figura 2.4.2.8 – Luz de Destaque
Fonte: LUCIAADVERSE.

Luz de efeito: O objeto de interesse agora é a própria luz: jogos de fechos de luz nas paredes, contrastes de luz e sombra... (fig. 2.4.2.9).

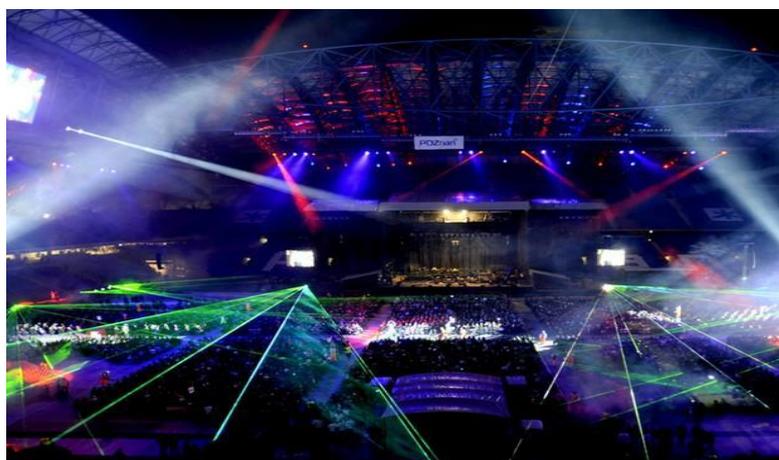


Figura 2.4.2.9 – Luz de Efeito
Foto: AGÊNCIA AP

Luz decorativa: O objeto que produz a luz é o importante neste caso não o efeito de luz. Ex: Lustres antigos, arandelas coloniais e velas criam uma área de interesse no ambiente, destacando o objeto mais do que iluminando o próprio espaço (fig. 2.4.2.10).



Figura 2.4.2.10 – Luz de Decorativa
Fonte: DICAS PARA DECORAR

Modulação de intensidade (dimerização): É a possibilidade de aumentar ou diminuir a intensidade das várias luminárias modificando com isso a percepção ambiental. É o conceito que mais nos interessa, pois com a automação consegue esse efeito de maneira autônoma ou manual, possibilitando a adequação do ambiente de acordo com a necessidade do usuário (fig. 2.4.2.11).



Figura 2.4.2.11 – Aplicativo para iPad permite controlar iluminação da casa, entre outras funcionalidades

Foto: MIRELLA NASCIMENTO/G1

Luz arquitetônica: Toda luz deve ser, por definição, arquitetônica, estando em perfeita harmonia com a arquitetura. Mas, neste caso, utilizamos essa definição quando posicionamos a luz dentro de elementos arquitetônicos do espaço, como cornijas, sancas, corrimãos e outros (fig. 2.4.2.10).



Figura 2.4.2.12 – Luz Arquitetônica
Foto: HIRSCH BEDNER

2.4.3 - TIPOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS

As lâmpadas são classificadas de acordo com o seu mecanismo básico de produção de luz. Segundo Freitas:

2.4.3.1 - LÂMPADAS CONVENCIONAIS

Incandescentes Convencionais: Incandescência consiste no processo de emissão de radiação eletromagnética por um corpo sob alta temperatura. Foram as primeiras a serem desenvolvidas e são bastante difundidas até hoje, apesar das campanhas contra seu uso, devido ao alto consumo de energia, baixa eficiência energética e vida útil diminuída. Pode-se dizer que as únicas vantagens dessa lâmpada se comparada as outras é uma temperatura de cor agradável 2700K e uma reprodução de cor (IRC) de 100% (Tabela. 2.4.3.1.A).

Incandescentes Halógenas: Têm o mesmo princípio de funcionamento das convencionais, o que as diferencia é o acréscimo de gases halógenos (flúor, cloro, bromo, iodo ou astato) dentro do bulbo, o que resulta numa luz mais branca, brilhante e uniforme durante todo o uso; maior eficiência energética; vida útil mais longa; dimensões da ordem de 10 a 100 vezes menores. Lâmpadas halógenas inferiores a 50W são alimentadas geralmente a 12V ou 24V.

Emite o infravermelho e o ultravioleta, por isso, deve-se tomar cuidado para não deteriorar o objeto iluminado, caso essa lâmpada seja utilizada com o fim de destaque.

Com o intuito de evitar esse efeito indesejado foram criados os refletores dicróicos, que refletem a radiação visível e absorvem a radiação infravermelha.

Bastante utilizada na Iluminação Decorativa (Tabela. 2.4.3.1.B).

Lâmpadas de Descarga: assim como relâmpagos, aproveitam a luminescência, isto é a emissão de luz por uma substância quando submetida a algum tipo de estímulo como luz, reações químicas, radiações ionizantes.

Podem ser classificadas em lâmpadas de alta ou baixa pressão, de acordo com a pressão no interior do tubo.

Baixa pressão de vapor de mercúrio: fluorescente, boa vida útil e boa eficiência energética, mas não possui um bom IRC. Revestida pelo “fósforo” absorve o ultravioleta e emite luz visível. São compactas e, surgiram para substituir as incandescentes, para que essa lâmpada fique estável é necessária a utilização de um reator indutivo ou eletrônico (Tabela. 2.4.3.1.C).

Lâmpadas de baixa pressão vapor de sódio: devido ao comprimento de onda por elas emitido, 589,0 e 589,6 nm, no qual a acuidade visual é a maior, a lâmpada de sódio nos permite uma boa noção de profundidade do objeto no espaço. Por ser uma lâmpada de alta eficiência luminosa se torna ideal para iluminação de ruas com pouco tráfego de pedestres, de túneis, de autoestradas, etc. Por sua composição espectral quase monocromática (luz amarela) não é indicada para iluminação onde se precisa de reprodução de cores. (Tabela. 2.4.3.1.D).

Lâmpadas de descarga de alta pressão: trabalham em pressões de 1 a 10 atmosferas, e comercialmente existem três tipos básicos: Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, lâmpada de sódio de alta pressão e lâmpadas de alta pressão de vapores metálicos.

Vapor de mercúrio a alta pressão (HPM -High Pressure Mercury), como toda lâmpada de descarga, necessita de um reator para ligá-la. Quando o reator é indutivo convencional faz com que a reignição dessa lâmpada só seja possível após 3 a 5 minutos, tempo necessário para o seu esfriamento e conseqüente queda da pressão. Nos instantes iniciais da descarga tem-se uma luz verde clara, após 6 a 7 min a luz se torna branca, levemente esverdeada.

Possui boa reprodução de cor, com eficiência luminosa boa, mas abaixo da lâmina de vapor de sódio a alta pressão; um fluxo luminoso elevado, assim como sua

vida útil. Sendobastante utilizadas em exteriores, como iluminação pública urbana (Tabela 2.4.3.1.E).

Lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão (HPS -High Pressure Sodium): suas maiores vantagens são a elevada eficiência luminosa e vida útil longa, e a desvantagem mais proeminente é seu baixo IRC. Além de utilizar reatores indutivos, como as de vapor de mercúrio, necessitam de um ignitor. Essa lâmpada vem substituindo as de HPMna iluminação pública (Tabela 2.4.3.1.F).

Vapor Metálico: são lâmpadas que apresentam uma boa eficiência energética e IRC, com uma vida útil razoável, é geralmente usada em estúdios cinematográficos, iluminação de vitrines, eventos com transmissão pela televisão, onde a reprodução de cores é determinante (Tabela 2.4.3.1.G).

Tabela 2.4.3.1 – Tipos de lâmpadas

| Lâmpadas | Imagens |
|-----------------------------------|---|
| A Incandescente |  |
| B Halógenas |  |
| C Baixa Pressão Vapor Mercúrio |  |
| D Baixa Pressão Vapor Sódio | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p data-bbox="916 958 986 972">ELIPSOIDAL</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p data-bbox="1098 1032 1161 1046">TUBULAR</p>  </div> </div> |
| E Alta Pressão Vapor Mercúrio |  |
| F Alta Pressão Vapor Sódio |  |
| G Vapor Metálico |  |

Adaptado de catálogos dos fabricantes de lâmpadas Osram e Philips.

2.4.3.2 - LED

LED: iniciais em inglês depara Diodo Emissor de Luz. Seu funcionamento parte da fotoluminescência, capacidade que algumas substâncias tem de emitir luz própria, assim como acontece com os vagalumes.

Os LEDs assim como as lâmpadas convencionais de descarga e as halógenas de baixa tensão, necessitam de equipamentos auxiliares para ligar e aperfeiçoar seu desempenho. O Driver garante ao LED uma estável e constante corrente contínua, sem ele o LED não funcionaria; o dissipador serve para dispersar a energia térmica gerada pelo LED, que sai 100% na parte traseira do aparato.

A luz do LED é naturalmente direcional, portanto, para uma iluminação geral de ambientes essa luz tem que ser “gerenciada” a fim de que possa iluminar em diversos ângulos de abertura de fecho. Objetivando esse efeito usam-se refletores e lentes que produzem os mais variados efeitos. O fato dessa tecnologia emitir luz direcionada tem suas vantagens, como por exemplo na iluminação de destaque.

Quando colocamos um LED de temperatura de cor igual a 3000K ao lado de outro de 3200K tem-se um efeito chamado de *binning* ruim, ver figura 2.4.3.2.1, isso acontece, geralmente, quando queremos LEDs com as mesmas características mas os compramos de fornecedores não confiáveis. Deve-se sempre buscar um bom *binning*.



Figura 2.4.3.2.1 – Efeito binning ruim ao fundo.
Fonte: JOHN CULLEN

Atualmente a eficiência luminosa da maioria dos LEDs está entre 55 e 100lm/W, entretanto existem LEDs de alta performance que conseguem atingir mais de 150lm/W.

Devido as suas dimensões reduzidas, o LED pode ser utilizado em luminárias mais compactas, ressaltando o conceito de que quem tem que aparecer é a luz e não a fonte que a emite. É a prova de vibrações, pois não possui filamento, funciona num *chip* muito reduzido, e pode ser colocado em locais adversos, sem que isso diminua sua vida útil, diferentemente das lâmpadas convencionais, que teriam sua vida útil reduzida por esse uso.

Conforme o elemento que formará a luz no LED, ele emite um comprimento de onda numa frequência determinada e específica, isto fornece uma única cor de luz ou uma luz saturada, perfeito para quem quer acrescentar em seu projeto cores puras. O fato do LED não emitir infravermelho nem ultravioleta permite uma iluminação mais próxima ao objeto ao qual se quer dar destaque, o que era praticamente impossível com as lâmpadas convencionais.

Ligar/desligar, também, não é mais problema. Nas lâmpadas de descarga esse ato é o grande vilão: quanto mais se liga e desliga essas lâmpadas mais decresce sua vida útil. O LED pelo contrário não tem sua vida útil alterada quando sofre o *On/Off*. O limite operacional está direcionado apenas aos equipamentos auxiliares que, por serem componentes elétricos, se deterioram com o tempo e com as operações repetidas.

OLEDs ou LEDs orgânicos, são inovadores em sua forma de fazer luz, permitindo criar projetos futurísticos, belos e funcionais por oferecer muita flexibilidade em seu uso. Diferentes de todas as outras fontes luminosas elétricas, os OLEDs são películas que podem ser articuladas e/ou dobradas em curva, possibilitando assim várias formas de aplicação no ambiente e objetos como mostrado na figura 2.4.3.2.2.



Figura 2.4.3.2.2 – Exemplos de OLEDs
Fonte: LG Electronics.

Uma aplicação interessante para os OLEDs seria uma parede que ao mesmo tempo fosse divisória, tela de projeção de TV e computador e que possa ficar indevassável, transparente, colorida ou em uma só cor, funcionando como fonte auxiliar de iluminação do ambiente (fig 2.4.3.2.3).



Figura 2.4.3.2.3 – OLED Transparente e como Fonte de Luz
Fonte: DIGITALVERSUS

Depois de todas essas vantagens citadas sobre o LED ele ainda apresenta duas características que podem ser consideradas as mais importantes para quem quer executar um projeto de iluminação inteligente. A dimerização e o sistema RGB.

A dimerização, permite controlar o fluxo luminoso da fonte de luz, para que esse efeito ocorra no LED é necessário que a fonte que o ligará também permita esse efeito. O sistema RGB permite o efeito de troca de cor pelo mesmo conjunto de LED. Neste caso também é necessário compatibilidade com a fonte, e com o próprio dispositivo.

O esquema geral para se ligar um LED aproveitando dele todas características é: fonte/ controle/dímer/LEDs.

Recentemente o principal monumento brasileiro, o Cristo Redentor no Rio de Janeiro, recebeu uma iluminação 100% de LED. Para controlar essa iluminação todos os equipamentos foram acoplados a um software especial que permite o controle tanto na base do monumento, quanto por sinal de internet. Assim como a maioria dos projetos inovadores, a nova iluminação do Cristo Redentor, também foi alvo de críticas, que, felizmente, logo se transformaram em elogios quando se percebeu que a troca de cores não era um ato contra a religiosidade, que pelo contrário, aumentava sua simbologia quando o monumento é iluminado com as mesmas cores que os sacerdotes usam durante os atos litúrgicos de cada época.

3. APROFUNDAMENTO DE ESTUDOS

3.1 PSICOLOGIA

É inegável que cores provocam reações físicas e psíquicas em seres humanos, e que na maioria das vezes são involuntárias e imperceptíveis. Fèrè (1960) concluiu que “a luz colorida intensifica a circulação sanguínea e age sobre a musculatura no sentido de aumentar a sua força segundo uma sequência que vai do azul, passando pelo verde, o amarelo e o laranja culminando no vermelho”.

Max Lüscher, psicólogo suíço consultor empresarial de cores, afirma que vários experimentos têm provado ser o vermelho-puro excitante. Quando pessoas olham essa cor por um determinado intervalo de tempo, observa-se que há uma estimulação de todo o sistema nervoso. É constatado um aumento da pressão arterial e nota-se que o ritmo cardíaco se altera. Segundo ele, “o vermelho-puro atua diretamente sobre o ramo simpático do sistema neurovegetativo”.

Ao contrário do vermelho, o azul-puro produz o efeito exatamente contrário: o ritmo cardíaco e a respiração diminuem. Segundo Lüscher, “o azul-puro é psicologicamente calmante e atua principalmente através do ramo parassimpático do sistema neurovegetativo”.

O fundamento científico em que ele se baseia é que o sistema neurovegetativo relaciona-se com as funções que ocorrem abaixo do limiar da consciência, é automático e auto regulador, sendo por isso também denominado sistema nervoso autônomo; pode ser dividido em sistema simpático e parassimpático. O simpático, quando estimulado, dentre outras funções, acelera o ritmo cardíaco, que é diminuído quando o sistema parassimpático está estimulado.

Portanto, para utilizar as cores de maneira correta em um projeto de iluminação, é importante que se saiba e se leve em consideração suas características psíquicas e as sensações que podem proporcionar aos indivíduos. De maneira geral: cores mais claras passam a impressão de amplitude do ambiente, detalhes com cores mais intensas destacam-se e percebem-se maiores, detalhes com cores saturadas percebem-se como mais complexos.

É relevante que aprofundemos o estudo sobre as características físicas e psíquicas de algumas cores, devido a suas versatilidades de utilização em projetos de iluminação. Existem uma infinidade de cores e para cada uma delas características

físicas e psíquicas próprias. Foram destacadas as cores abaixo por serem classificadas como primárias, de qual todas as outras derivam. A verde foi selecionada por reunir as melhores condições para decoração de interiores.

Azul

Propriedade Físicas: É indecomponível tanto em cor-luz quanto em cor pigmento. Nas luzes coloridas seu complementar é o amarelo, em cor-pigmento seu complementar é o laranja, misturado ao vermelho produz o magenta, e ao verde, produz o ciano.

Propriedades Psíquicas: Traz o efeito de menor temperatura, dando uma sensação de frescor em dias quentes e desconforto em dias frios. Todas as cores que se misturam ao azul esfriam-se, por ela ser a mais fria das cores. Um ambiente azul acalma e tranquiliza, mas diferente do verde ele não revigora, uma vez que não remete ao real, o que pode gerar uma depressão ao fim de algum tempo. Dá uma sensação de afastamento ou amplitude ao ambiente. (PEDROSA, 2009).

Vermelho

Propriedade Físicas: Assim como a azul é indecomponível tanto em cor-luz quanto em cor-pigmento. É a mais saturada das cores, a única que não pode ser clareada sem perder suas características essenciais, clareando com o amarelo produz-se o laranja, clareando com o branco produz-se o rosa. Sua aparência mais bela e energética é conseguida quando aplicado sobre fundo preto; sobre fundo branco, torna-se escuro e terroso, ao lado do verde forma uma dupla de cores complementares vibrante.

Propriedades Psíquicas: Extremamente estimulante, dinâmico e agressivo o vermelho em decoração de interiores é utilizado em pisos e algumas vezes em tetos, principalmente em lojas, casas comerciais e de espetáculo. Utilizado em paredes quando se deseja dar um toque de alarde ao ambiente. Seu efeito na distância é de aproximação, traz referência a alimentação e remete a uma sensação de calor.

Amarelo

Propriedade Físicas: Por ser uma cor fundamental é indecomponível, tem como complementar o violeta. É a mais clara das cores sendo a que mais se aproxima do

branco em uma escala de tons. Utilizada para destacar quando contrastada com cores vivas.

Propriedades Psíquicas: Cor quente por excelência, com isso, a que mais transmite sensação de calor ao ambiente. Provoca sensações de excitação e inquietude tem um efeito de aproximação.

Verde

Propriedade Físicas: Uma das três cores primárias em cor-luz, o verde tem a cor magenta como sua complementar. Misturado ao azul, produz o ciano, misturado ao vermelho produz o amarelo. Situa-se no ponto mais alta da curva de visibilidade. Em cor-pigmento, é cor secundária, formada pela mistura do amarelo com o azul, sendo complementar do vermelho. (PEDROSA, 2009). Segundo Farina (2006), “É um sedativo que dilata os vasos capilares e tem efeito de reduzir a pressão sanguínea, suas radiações acalmam as dores nevrálgicas e resolvem alguns casos de fadiga nervosa e insônia.”

Propriedades Psíquicas: pela escala de saturação que o verde possui, ele reúne as melhores condições para a decoração de interiores. Seu poder tranquilizante e até sedativo, quando claro, pode se tornar estimulante e até inquietantemente estridente se conjugado com tons fortemente saturados, o que possibilita o emprego tanto em ambiente de repouso, como de estudos e trabalho. É o ponto de equilíbrio entre o frio e o quente. Transmite uma sensação de afastamento. (PEDROSA, 2009).

As cores secundárias e terciárias tem efeitos intermediários e semelhantes aos das quais se originam. Como exemplo o laranja, resultado do equilíbrio do vermelho, amarelo e azul; é uma cor quente, com efeito de aproximação, áreas coloridas por ela parecem maiores que são na realidade, causa excitação. (PEDROSA, 2009).

3.2 AUTOMAÇÃO

A automação geralmente não é feita em apenas um setor, pois sua grande vantagem é fazer com que setores diferentes consigam se integrar para resolverem tarefas de maneira autônoma ou permitir que os comande de um único ponto.

Na automação residencial, redes conectam dispositivos inteligentes, sistemas de telecomunicação, sistema de controle, segurança, iluminação, gerenciamento de energia, ar-condicionado, entre outros (figura 3.2.1). Para que estes dispositivos se comuniquem,

realizem as devidas atividades e que essas informações cheguem ao usuário em tempo real, onde ele estiver, tem-se normalmente:

- Rede de alta velocidade;
- Gateway residencial;
- Rede interna;
- Protocolos de comunicação;
- Dispositivos inteligentes;
- Software;
- Interfaces homem-máquina.

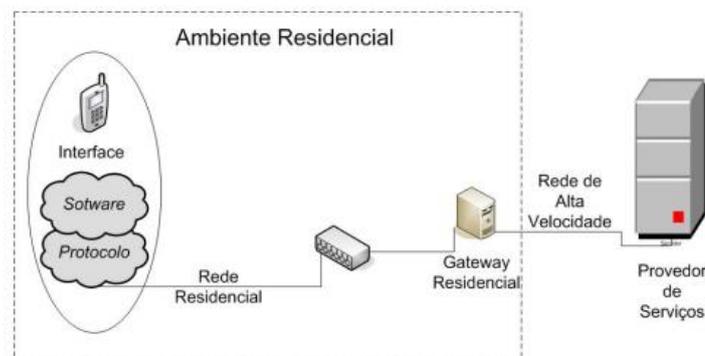


Figura 3.2.1 – Redes Residenciais
Fonte: BOLZANI, 2004

A automação residencial parte da premissa de que o sistema automatizado é que deve se adequar ao usuário, e não o oposto. Sendo ela pensada para adaptar-se aos mais diferentes tipos de usuários, pois estes são temporários, ao contrário da automação.

3.2.1 SISTEMAS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO:

Residência Inteligente: O projetista em conjunto com o proprietário levantarão instruções específicas para definir as funções do projeto e a forma de utilização do produto. Dessa maneira, o sistema torna-se um Gerenciador, ao invés de apenas um controlador remoto. Os sistemas residenciais inteligentes dependem de comunicação de mão-dupla e realimentação de status entre todos os subsistemas para um desempenho acurado.

Segundo Bolzani (2004), o mais simples tipo de controle de iluminação requer pouco mais que módulos ligados em tomadas simples de parede. Os dispositivos

modulares recebem um endereço digital que será utilizado pelos controladores para identificá-los quando emitir um sinal a ele dirigido. Controladores mais "inteligentes" incluem timers (radio-relógios especiais, por exemplo) ou sensores de luz solar. Assim, as lâmpadas vão poder ser acesas conforme o horário programado ou então quando a luz solar for insuficiente.

Ainda segundo o mesmo autor, este sistema caracteriza-se pela relativa simplicidade de instalação e baixo custo. Do outro lado desta simplicidade estão os sofisticados sistemas de controle que operam através de seu próprio cabeamento dedicado. Estes sistemas dedicados podem ser para um só ambiente ou multi-ambientes. Eles podem responder a uma gama de sinais, desde um sensor de presença até a ativação de um home theater. Podem escurecer e clarear em níveis bastante precisos, criando os chamados cenários, ou iluminar um caminho pré-definido. Mais importante que isso, estes sistemas inteligentes podem gerenciar outros sistemas eletrônicos, como o de segurança, de ar condicionado e de entretenimento. O sistema de iluminação pode ser programado de tal forma que o toque de um interruptor instrua o sistema de segurança a ser armado e acender certas luzes.

Existem ainda sistemas de controle de iluminação que não utilizam fio. Os interruptores se comunicam com as lâmpadas em rádio-frequência. São sistemas que, por não precisarem de fio, podem ser instalados e expandidos com mais facilidade (PINHEIRO, 2006).

3.2.2 PADRÕES DE COMUNICAÇÃO:

Para Torres (2001), protocolo é uma linguagem usada pelos dispositivos de uma rede de modo que eles consigam se entender, ou seja, trocar dados e informações entre si. Os protocolos servem também para dividir uma tarefa complicada em diversas tarefas simples, ou em camadas mais simples (BOLZANI 2004).

DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) é um padrão de interface não proprietário para os mecanismos de controle eletrônicos dimerizáveis, oferecendo maior funcionalidade e uso mais fácil. Podem ser controlados com um alto grau de

flexibilidade de controle, de 2 fios individualmente ou em modo de transmissão e em até 16 grupos.

A comutação e a dimerização são feitas por meio da linha de controle. Não há necessidade de relé. Informações importantes como, por exemplo, status da lâmpada são armazenadas no mecanismo de controle e estão disponíveis ao controlador.

Mesmo se luminárias diferentes forem acionadas com diferentes valores de dimerização ou tipos de lâmpadas diferentes forem combinados entre si, o DALI muda de uma cena para outra na sincronização. Todas as fontes de luz alcançam o novo valor de luz ao mesmo tempo.

Graças à sua flexibilidade e extensiva funcionalidade, as instalações DALI podem ser facilmente integradas aos sistemas de automação do edifício existentes ou incluídas nos planos dos novos prédios. Em tais casos, a tecnologia DALI é implementada nos sistemas de barramento de classificação alta. A iluminação otimizada pela energia melhora muito o conceito de “edifício verde” e a iluminação também pode ser facilmente controlada a nível individual. (OSRAM).

1-10V

Equipamentos dimerizáveis modernos com interfaces de 1...10 V em combinação com os controladores adequados e sensores oferecem a base para sistemas de iluminação simples e econômicos. O mecanismo de controle e os controladores são conectados um ou outro através de uma linha de controle de dois fios polarizada. A tensão de controle é determinada pela configuração da dimerização dos ECGs conectados.

Há muitos tipos diferentes de ECGs dimerizáveis que podem ser usados em aplicações como escritórios e fábricas com controladores dependentes da luz do dia, salas de reuniões e de conferências com iluminação dependente da situação e salas de controle com ajuste individual do nível de iluminação. Eles podem ser controlados manualmente ou automaticamente.

Os controladores automáticos com sensores são ideais para economizar os custos com iluminação. O nível de iluminação é controlado pelos sensores de luz de acordo com a quantidade de luz do dia disponível (controle de iluminação constante) de modo que a luz do dia gratuita possa ser usada. Economias de energia de até 45 % são

possíveis. As economias em potencial de mais de 70% podem ser alcançadas pelo uso de sensores com desconexão automática, detectores de movimento ou sensores de presença.

DMX

DMX significa “Multiplex Digital” e é o protocolo de comunicação digital para o controle da iluminação, controlando um grande número de canais de dimerização com alto nível dinâmico e em absoluta sincronia.

Durante anos essa tecnologia tem sido usada em todo o mundo em palcos, casas noturnas, teatros, museus e iluminação arquitetônica. Isso porque elas são ideais para aplicações de cor e efeito com as lâmpadas fluorescentes e não somente com LEDs. E além disso, dispositivos dimerizáveis com a interface DMX são configurados de modo a responder aos comandos com absoluta precisão e em tempo real. Essa compatibilidade extremamente precisa resulta em um controle de iluminação altamente profissional, que é especialmente importante em eventos ao vivo e em aplicações de iluminação inovadora com a última tecnologia como, por exemplo, LED e OLED. Esse modo de operação também assegura vida útil da lâmpada e do LED.

DMX tem capacidade de controlar até 512 canais de iluminação simultaneamente. A taxa de dados está em 250 quilobites por segundo, isso significa que ele pode dar conta de cenários complexos, que necessitam de grande dinamismo, com excelentes resultados. Esse sistema está bem estabelecido como um protocolo de gerenciamento de luz profissional para RGB dinâmico colorido e aplicações de iluminação branca harmoniosa. Em vista dessa versatilidade ele está sendo usado, também, para uma ampla gama de outras aplicações de iluminação.

Comparado com os sistemas de controle de luz convencionais, o DMX é, portanto, a primeira escolha tecnológica para tais aplicações desafiadoras.

e:barramento

O sistema de e:barramento anuncia uma nova era de elementos de controle inovadores, ideal para sistemas de gerenciamento de luz, que sejam extensivamente configuráveis. Eles são conectados aos equipamentos via gateway do e:barramento. As aplicações ideais são salas de conferências e áreas de visitantes onde muitas cenas diferentes têm que ser controladas.

A comunicação é bidirecional. Os sinais de entrada do sistema de e:barramento são enviados para o sistema de barramento DALI e vice-versa. O protocolo de comunicação está em conformidade com a definição DALI para os dispositivos de entrada DALI. Os elementos de controle são conectados e alimentados via e:barramento.

A grande vantagem aqui é que os elementos de controle não precisam de um cabo de alimentação separado uma vez que com o e:barramento uma alimentação de energia de 24 Vcc 0,8 A é combinada com o canal de informações digitais em um único par de cabos (a comunicação da linha de energia). O e:barramento pode ser compartilhado também com o ECGs.

EnOcean

A tecnologia de rádio EnOcean potente permite que os sistemas de controle de luz sejam fornecidos sem fios, sem baterias e sem manutenção, acarretando máxima flexibilidade e conveniência. Outro benefício dos produtos de rádio EnOcean são os custos de instalação baixos. Não há custos adicionais de cabeamento. Os componentes sem fio podem ser facilmente adaptados para se adequar às alterações no modo como os ambientes são usados. Os componentes em questão podem ser realocados sem perda de tempo, sem prejudicar o trabalho normal e sem provocar sujeira ou ruído.

Não há, virtualmente, limites para o uso das soluções de rádio EnOcean. Quase todas as aplicações, incluindo escritórios, hotéis, lojas, residências e escolas, podem ser equipados ou aperfeiçoadas com esses componentes, sem incorrer em custos de instalação altos. Comparado com as soluções com fio, os prédios podem ser planejados, construídos e operados com muito mais flexibilidade e de modo mais econômico.

3.2.3 ILUMINAÇÃO INTELIGENTE: O QUE SE PRECISA

Conforto ambiental, psicologia e eficiência energética são os conceitos que transformam uma simples iluminação em uma *iluminação inteligente*. A psicologia é obtida com a variação das cores do ambiente; o conforto ambiental une os conceitos de ambiente colorido com intensidade luminosa e a eficiência energética, é obtida quando se tem mais luminosidade com menor consumo de energia elétrica.

Para conseguir eficiência energética pode-se: investir em fontes alternativas de energia, utilizar lâmpadas mais eficientes e econômicas, mas a forma mais módica é aproveitar a luz natural como fonte luminosa. Para possibilitar esse aproveitamento, é preciso que o sistema de luz artificial seja controlado para servir de complemento a esta luz, desta forma só se gasta com energia para iluminar onde realmente precisa, tornando a iluminação eficiente (SILVA, 2015).

De maneira geral os produtos necessários para uma automação completa da iluminação se resumem em:

Gateway ou ponte de ligação, é um equipamento intermediário, geralmente destinado a interligar redes, separar domínios de colisão, ou mesmo traduzir protocolos. Da Osram temos o E-BUS-DALI, que se comunica com protocolo DALI, permitindo a comutação e dimerização de 256 reatores; da Legrand Bticino o MY OPEN, que permite que o My Home Systems (protocolo SCS) interaja com outros sistemas e seja monitorado por softwares de supervisão usando o Open Web língua Net. (OSRAM; LEGRAND).

Controlador, é o que faz o controle e integração dos equipamentos, é nele que a programação é descarregada e onde o software atua. O controlador InFusion da Legrand, faz a ligação do Gateway com os equipamentos de entretenimento por várias “portas” como RS232, RS485, TCP-IP, BUS, e com os equipamentos HVAC, através da RS 232, se comunica com o Ponto de Interface HVAC da Legrand. Alguns controladores já possuem um Gateway integrado que permite a automação dos equipamentos, e que sejam diretamente ligados a internet. É o caso do controlador criado pela LuxControl uma empresa especializada em automação residencial.

Software, muito estudo vem sendo direcionado a essa área, é possível encontrar no mercado uma grande gama de softwares que se integram a equipamentos físicos, de marcas diferentes; a plataformas famosas como Windows, Apple, Androide e outras, sem que haja uma rejeição por parte de ambos. Algumas marcas possuem sistemas completos, que vão dos equipamentos físicos à interface com o usuário.

Um exemplo é a Legrand que hoje tem sistemas completos para automação residencial: O MyHome, Vantage & Nuvo. Estes sistemas integram produtos eletrônicos de diversos fabricantes, permitindo a personalização de qualquer projeto de automação de forma simples e flexível, adequado a cada usuário.

Os novos softwares estão facilitando cada vez mais a vida do projetista e do usuário, um bom exemplo são as ferramentas desenvolvidas pelos softwares da Legrand. Design Center é a ferramenta de software fácil de usar, projetada especificamente para atender às necessidades completas de qualquer projeto. Gerenciar projetos que incluem iluminação, conforto, áudio, home theater e outros subsistemas, se tornou mais simples, pois Design Center permite o uso de todos os elementos do sistema através de um programa de software.

A Osram faz parceria com DIALux e RELUX que são aplicativos de software líderes mundiais em planejamento de iluminação profissional.

DIALux: prático software para estudos luminotécnicos, é completo e versátil, pois oferece recursos inovadores que automatizam o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação. Projetado para realizar operações dinâmicas e eficientes, o DIALux possibilita a aplicação de vários modelos de luminárias em um mesmo ambiente e o desenvolvimento de projetos mais originais e sofisticados.

Sensores de presença, são acionados quando a existência de alguém no ambiente é detectada. Além de conforto ao usuário, representa uma economia considerável nas contas de energia, podendo chegar a 75%, como mostrado na tabela 3.3.2.1.

No mercado esses equipamentos funcionam por: sensibilidade à irradiação infravermelha, sensibilidade ao ultrassom e tem-se os que utilizam dos dois sistemas acoplados (SILVA, 2015).

Tabela 3.3.2.1 – Potencial de Redução do Consumo de Energia com o Uso de Sensores de Presença. Aplicação Potencial de Energia (%)

| | |
|----------------------|-----------|
| Escritórios | 20% - 50% |
| Banheiros | 30% - 75% |
| Corredores | 30% - 45% |
| Áreas de estoque | 45% - 56% |
| Salas de reuniões | 45% - 56% |
| Sala de Conferências | 45% - 56% |
| Depósitos | 50% - 75% |

Fonte: Alvarez (1998)

Sensores para gerenciamento de iluminação, permitem controlar o nível de iluminação do ambiente, mantendo-o constante por meio do aproveitamento da luz natural que entra no ambiente. Em alguns desses sensores encontram-se acoplado sensores de movimento. Os sensores de gerenciamento podem controlar grupos de luminárias (SILVA, 2015).

Programador de cenários, equipamento para a execução de cenários programados com o software fornecido. O cenário pode ser combinado com horários, datas, ativação manual, gerenciamento de eventos de canais Aux ou gerado em automação e sistema de controle de temperatura. Da Legrand temos o MH-202, que utiliza o software TiMH200 que possui variáveis lógicas internas. A Osram fabrica o DALI PRO CONT-4 que tem como características Plug&Play pré-configurado para uso instantâneo, sem nenhum procedimento de inicialização; bateria para quando houver interrupção de tensão de rede, e todas as luminárias no sistema podem ser dimerizadas ou comutadas. Também é possível a criação simples de cenas e sequências, comutação e dimerização de até 256 reatores eletrônicos/fontes DALI, configuração do ponto para controle dependente da luz do dia, que pode ser armazenado. (OSRAM; LEGRAND)

A **interface do usuário** dos programas de automação, principalmente residenciais, vem seguindo o conceito de simplicidade, já adotado pela Apple a muito tempo. Elas permitem ao utente controlar e interagir de maneira simples com os equipamentos, como ar-condicionado, TV, Iluminação, dentre vários outros que estejam ligados à rede. Desta forma cria-se ambientes pré-programados que podem ser acionados automaticamente ou manualmente através de plataformas externas, tais quais Androide, Apple, e outros; ou em equipamentos de interface dispostos no ambiente, como controle remotos, teclados (Keypads), multimídia touch screen, entre outros. Normalmente esses equipamentos de interface se conectam via internet, Wi-fi, bluetooth, zigBee e outros padrões sem fio.

A Legran, apresenta a Interface Equinox, iniciativa que resulta em uma área de interação simples, que unifica todos os equipamentos de controle em um sistema Vantage. (LEGRAND).

A Philips conta com o TSU9400, um híbrido de todas as funções. O controle de vários dispositivos está ao alcance de um toque, pressionando um único botão por meio de uma macro. Uma macro reúne uma sequência de comandos pré-programados. (PHILIPS).

Reatores eletrônicos dimerizáveis, segundo Cruz Filho, 2006, “Uma enorme vantagem dos reatores eletrônicos é poderem ser “dimerizáveis” em uma ampla faixa. [...] Pode-se conseguir uma economia de 70% em relação a um sistema com reatores eletromagnéticos. [...]”. Dividem-se em duas classes, reatores eletrônicos analógicos, que operam com voltagem contínua 1-10 Volts para dimerização e digitais que utilizam os protocolos DALI, o que permite fazer controles e gerenciamento do sistema de iluminação até por grupos de luminárias (SILVA, 2015).

Luminárias com reatores dimerizáveis e sensores acoplados, trata-se de um sistema de controle automático que compara a luz natural e equaliza a artificial para atingir um valor previamente definido. Assim o sistema de iluminação artificial, trabalha de forma secundária e não principal. Os reatores dimerizáveis permitem que o fluxo luminoso emitido pela iluminação artificial seja variável, aproveitando o total da luz do sol (SILVA, 2015).

Sistema automático ON/OFF com sensor de presença, quantifica a luz natural presente no ambiente, caso seja insuficiente, liga-se o sistema de iluminação, se a luz natural for suficiente desliga-se as lâmpadas. Pode ser integrado com o sistema digital de regulação de fluxo luminoso (SILVA, 2015).

Sistema digital de regulação de fluxo luminoso, controle da luz natural por zonas de iluminâncias, com fileiras de luminárias paralelas a janela e acionadas independentemente. Sensores ligam ou desligam o sistema conforme a necessidade. Já é econômico, quando usado o sistema ON/OFF, mas se torna ainda mais quando utiliza os sistemas dimerizáveis.

Esse sistema funciona de forma variada, dando ao projetista várias opções de controle por exemplo, ON/OFF, criação de senários, regulação do fluxo luminoso, entre outros. (SILVA, 2015).

LED

Como este trabalho é focado em Economia e Psicologia na Iluminação, escolhe-se o LED como fonte luminosa principal, baseado em suas características principais como possibilidade de mudar de cor, RGB, baixo consumo de energia, vida útil superior a qualquer outra lâmpada, bom IRC, não emissão de UV e IV, entre tantas outras características já citadas.

Os próprios fabricantes de lâmpadas já perceberam o “poder” do LED, e por esse motivo estão investindo cada vez mais em novas tecnologias e modelos de

produtos dessa tecnologia. Existem lâmpadas de LED de todos os modelos convencionais que conhecemos. Para se ter uma ideia na quantidade de aplicações temos:

Produtos da Osram:

Tecnologia LED

Lâmpadas

Light Engines e Módulos

Luminárias de LED para uso interno

Fontes de alimentação eletrônicas para módulos LED e reguladores

Sistemas de gerenciamento da iluminação

LED Iluminação de veículo e bicicleta

Iluminação especial

Com destaque para luminárias KREIOS, da Osram, que são luminárias de LEDs eficientes. Composta pelos produtos KREIOS G1, KREIOS SL, KREIOS FL, KREIOS PAR, que vão desde projetores de imagens a iluminação de grandes fachadas arquitetônicas.

Presentemente o mercado apresenta uma infinidade de marcas de lâmpadas de LED, Philips, Sylvania, Golden, Cree, Ivt... Deve-se então tomar cuidado na escolha dessas lâmpadas, atentando-se para a qualidade dos fabricantes, para que a economia no custo inicial não acabe se tornando despesas a mais em manutenção e componentes extras para fazer os sistemas automáticos funcionarem.

4. CONCLUSÃO

Após estudos e pesquisas extensivas nota-se que há uma grande produção de trabalhos com foco na iluminação inteligente, ou seja, na automação dos projetos de iluminação. Observa-se que a tendência atual é a busca pelo conforto ambiental e eficiência energética, por meio da dimerização da luz, o que é refletido na enorme variedade de produtos e serviços dessa área oferecidos no mercado.

Entre tantos, destaca-se o LED, como revisado pelo presente trabalho, pela sua alta eficiência energética e possibilidade de mudança de cor (WRGB), associadas a suas muitas características positivas, como seu bom IRC, sua flexibilidade de uso e aplicações, entre outras. Além disso, é uma tecnologia altamente interativa com os padrões mais modernos de iluminação, e está no ápice de seu desenvolvimento. Isto é, publicações de 2004 já se mostram ultrapassadas em alguns aspectos, comprovado pelo exemplo citado no trabalho sobre o projeto de iluminação do Cristo Redentor no Rio de Janeiro, que quebra o paradigma da impossibilidade de LEDs com potência suficiente para iluminar monumentos externos.

As cores e sua capacidade de provocar diferentes sensações nos seres humanos, por vezes conscientemente imperceptíveis, é indiscutível. Esses efeitos são amplamente estudados e aplicados em projetos arquitetônicos, no marketing comercial e em várias outras áreas, porém, ainda é pouco explorada pelos projetistas de iluminação. O que se tem é a exploração da cor já existente no ambiente, e não da cor que a iluminação pode trazer para ele.

Resumidamente, então, tem-se muitos equipamentos e sistemas com grande capacidade de uso, porém uma subutilização desses recursos, no que tange a sua associação com os conceitos de Psicologia adotados nesse trabalho. Essa falta de integração gera um mercado ainda inexplorado e com grandes possibilidades. Se utilizarmos a automação e o LED para alterar a cor do ambiente adequando-o às necessidades do usuário, conseguir-se-á modificar mais efetivamente as sensações do indivíduo, do que se apenas for utilizada a dimerização da luz monocromática (branca/amarela).

Em meios comerciais com a iluminação inteligentemente colorida pode-se atrair mais clientes, destacando os produtos e provocando sensações subliminares, assim como fazem grande parte das logomarcas. Em residências, a programação de cenários pode se estender a mudanças de cor a fim de contribuir com as necessidades do usuário,

por exemplo, verde, para acalmar; azul, para aplacar a sensação térmica em um dia quente; amarelo para auxiliar na atenção, entre infinitas outras possibilidades.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA AP - *Inauguração do novo estádio em Ponzan*. Disponível em: <<http://globoesporte.globo.com/futebol/futebol-internacional/noticia/2010/09/primeiro-estadio-polones-para-euro-e-inaugurado-com-show-de-sting.html>> - Acessado em 22/06/2015.
- ALBERTAZZI, A., Sousa, A. R. *Fundamentos Metrologia Científica e industrial*. Barueri, SP. Editora Manole, 2008.
- ALVAREZ, M. *El Liderazgo de la Calidad Total*. España: Editorial Escuela Española. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5413 – *Iluminância de Interiores*. Rio de Janeiro, 1992.
- BEAR, M; CONNORS, B; PARADISO, M. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*: Tradução de: Jorge Alberto Quillfeldt ... [et al.]. 2, ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BOLZANI, Caio Augustus Morais. *Residências Inteligentes*. 1º Edição. São Paulo: Livraria da Física. 2004. 332p
- CRUZ FILHO, OSVALDO R. *Diretrizes para o uso da automação no espaço edificado e seus reflexos na racionalização do projeto*. Rio de Janeiro, RJ. Tese (Doutorado em Arquitetura). FAU –UFRJ. RJ, 2006. 190p.
- DICAS PARA DECORAR <<http://dicasparadecorar.com/decoracao/abajur-de-arvore>> - Acessado em 22/06/2015
- DIGITALVERSUS <<http://www.digitalversus.com/led-lamps/oled-future-of-lighting-n29182.html>>. Acessado em 25/06/2015
- ANDRÉ, E. T. P. <<http://www.prof2000.pt/users/eta/iluminacao.htm>> – Acessado em 22/06/2015
- FARINA, Modesto. *Psicodinâmica das cores em comunicação*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1990.
- FERREIRA, K. *Psicologia das Cores*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2013.
- FREITAS, Paula Campos Fadul de. *Luminotécnica e Lâmpadas elétricas*. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica.
- FÈRE, C. *Sensation et mouvement*. Paris: PUF, 1960.
- HIRSCH B. - *Spa em Hong Kong*. Disponível em <<http://maisarquitetura.com.br/spa-em-hong-kong-por-hirsch-bedner-associates-hba>> Acesso em: 22/06/2015.

HISSA, M. N.; LIMA, G. G.; SIMÕES, J. C.; NUNES, R. T. L.; *Melatonina e a Glândula Pineal*. Revista Eletrônica Pesquisa Médica – volume 2 – no. 4 – Out - Dez 2008. Disponível em: <<http://www.fisfar.ufc.br/pesmed/index.php/repm/article/view/208>>. Acesso em: 21/06/2015.

JOHN C. <<http://www.johncullenlighting.co.uk/2013/colour-consistent-led-lighting/>>. Acessado em 24/06/2015

KELLY, G, Home Automation: Past, Present & Future, Electronics Australia, Fevereiro, 1997.

LEGRAND. *Automação Residencial Legrand Perfeitamente Integrável*. Disponível em <www.legrand.com.br>

LENT, R. *Cem bilhões de neurônios?: Conceitos fundamentados de neurociência*. 2,ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2010.

LG. *Copyright© 2015 LG Electronics*. Disponível em: <www.lg.com> Acessado em 25/06/2015.

LIMA, M. *Percepção Visual Aplicada a Arquitetura e Iluminação*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2010.

LUCIAADVERSE, < <https://luciaadverse.wordpress.com/tag/museu-inima-de-paula/>> Acessado em 22/06/2015

LÜSCHER, Max. *O teste das cores*. Rio de Janeiro: Renes, 1980.

MAINARDI, E., BANZI, S., BONFIÈ, M. e BEGHELLI, S., *A low-cost Home Automation System based on Power-Line Communication Links*, 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2005 - September 11-14, 2005, Ferrara, Itália.

MIRELA N./G1. Disponível em:< <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2010/08/casa-high-tech-tem-luz-som-e-tv-controlados-por-celular-ou-ipad.html>> Acessado em 22/06/2015.

MOORE, K; DALLEY, A; AGUR, A. *Anatomia orientada para a clínica*: Tradução de: Claudia Lucia Caetano de Araujo. 7, ed. Rio de Janeiro: Koogan, 2014.

NETO, J. A. S.; CASTRO, B. F.; *Melatonina, ritmos biológicos e sono - uma revisão da literatura*. Rev Bras Neurol, 44 (1): 5-11. 2008. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0101-8469/2008/v44n1/a5-11.pdf>>. Acesso em: 21/06/2015.

NTZ.ARQ <<http://ntz.arq.br/projetosdeiluminacao/restauranteicaro>> - Acessado em 21/06/2015.

OSRAM. *Iluminação: conceitos e Projetos*. Disponível em <www.osram.com.br>

OSRAM. *Manual Luminotécnico Prático*. [2000?]. Disponível em <www.osram.com.br>

PEDROSA, Israel. *Da cor à cor inexistente*, Rio de Janeiro, Léo Christiano Editora Ltda. 5. Ed., co-editado pela Editora Universidade de Brasília, 1989.

PEREIRA, P. <<https://caminhosdorei.wordpress.com/category/dentro-de-casa/page/28/>> - Acessado em 21/06/2015.

PHILIPS. *Catálogo de Produtos Philips*. Disponível em <www.philips.com.br>

PINHEIRO, José Maurício Santos. *ZigBee em Home Area Network*. Projeto de Redes, 2006.

PRIBERAM DICIONARIO. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo>>. Acessado em: 10 de Junho, 2015.

SILVA, M. C. A. *Iluminação natural e automação. Como economizar energia nos recintos corporativos brasileiros*. Lume Arquitetura. n. 73, p. 56-62, Abr/Mai 2015

TORRES, G. *Redes de Computadores: Curso Completo*. 1º Edição. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001. 664p