



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

DISPOSITIVOS DE CONTROLE NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM
AMBIENTES RESIDENCIAIS: ELEMENTO PARA VALORIZAÇÃO DA
ARQUITETURA E CONFORTO VISUAL

DANIEL COELHO FELDMAN

TESE DE DOUTORADO

Área de Concentração: Conforto Ambiental e Eficiência Energética

Linha de Pesquisa: LUZ e ESPAÇO

Orientador: Professor Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ

Setembro de 2007



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

DISPOSITIVOS DE CONTROLE NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM
AMBIENTES RESIDENCIAIS: ELEMENTO PARA VALORIZAÇÃO DA
ARQUITETURA E CONFORTO VISUAL

Daniel Coelho Feldman

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador:

Prof.: Aldo C. de Moura Gonçalves, D.Sc.

Rio de Janeiro
Setembro de 2007

DISPOSITIVOS DE CONTROLE NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM
AMBIENTES RESIDENCIAIS: ELEMENTO PARA VALORIZAÇÃO DA
ARQUITETURA E CONFORTO VISUAL

Daniel Coelho Feldman

Orientador: Prof.: Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D.Sc.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

Prof. Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D.Sc. (orientador)

Prof. Eunice Bomfim Rocha, D.Sc.

Prof. Jorge Luiz do Nascimento, D.Eng.

Prof. Maria Maia Porto, D.Sc.

Prof. Claudia Mariz de Lyra Barroso-Krause, D.Sc.

Rio de Janeiro
Setembro de 2007

Feldman, Daniel Coelho

Dispositivos de controle na iluminação artificial em ambientes residenciais: elemento para valorização da arquitetura e conforto visual/ Daniel Coelho Feldman. – Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2007.

xxvii, 174f. XIX il.; 31cm

Orientador: Aldo Carlos de Moura Gonçalves.

Tese (doutorado) – UFRJ/ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2007.

Referências bibliográficas: f. 175-178.

1. Luz Artificial. 2. Controle de Iluminação. 3. Dispositivos de Controle. 4. Arquitetura. 5. Ambiente Residencial. 6. Conforto Visual. 7. Eficiência Energética. I. Gonçalves, Aldo Carlos de Moura. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

RESUMO

DISPOSITIVOS DE CONTROLE NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM AMBIENTES RESIDENCIAIS: ELEMENTO PARA VALORIZAÇÃO DA ARQUITETURA E CONFORTO VISUAL

Daniel C. Feldman

Orientador: Aldo Gonçalves

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura.

A iluminação artificial é uma das ferramentas do mundo moderno para valorização da arquitetura. Através da luz, se torna possível ao ser humano ver pessoas, objetos e demais superfícies ao seu entorno. A luz pode estimular, excitar, informar, enfim, dirigir o olhar para aquilo que é desejado.

O conteúdo teórico desta tese é resultado de pesquisa quantitativa e qualitativa, de caráter interdisciplinar, com seu alicerce na arquitetura, porém com informações também trazidas de áreas afins referentes ao campo da iluminação, como engenharia e medicina, entre outras.

O enfoque é dado na utilização dos dispositivos de controle da iluminação artificial no ambiente residencial. Procurou-se explorar os possíveis benefícios advindos do uso destes dispositivos, tais como: flexibilidade, segurança, conforto, bem-estar e economia de energia.

Buscou-se alertar e orientar para o melhor uso possível destes dispositivos para valorização dos mais variados ambientes residenciais, procurando-se coadunar com as

mudanças da luz natural durante o dia no que se refere à intensidade e aparência de cor. O ambiente construído pode e deve ser provido de elementos que estejam em consonância com a sustentabilidade do planeta. Afinal, a própria vida na Terra cada vez mais será dependente desta adequação.

Entre os diversos dispositivos de controle, o *dimmer* mereceu maior destaque devido sua função singular. Todos os demais tipos de controle ou comando da iluminação artificial são basicamente “interruptores”, ou seja, ligam ou desligam totalmente o circuito elétrico relativo a um conjunto de lâmpadas. No entanto, o *dimmer*, além desta função, ainda pode graduar a intensidade desejada e isto lhe diferencia substancialmente dos demais.

A seqüência da tese apresentada em capítulos registra desde as informações referentes a recente descoberta de uma nova célula fotoreceptora no olho humano, as opiniões de renomados *lighting designers* brasileiros, as instruções referentes aos dispositivos de controle e demais produtos inseridos no sistema de iluminação artificial, até chegar nas recomendações para melhor utilização desses dispositivos no ambiente residencial.

Palavras-chave: Luz Artificial, Controle de Iluminação, Dispositivos de Controle, Arquitetura, Ambiente Residencial, Conforto Visual, Eficiência Energética.

Rio de Janeiro
Setembro de 2007

ABSTRACT

*CONTROL DEVICES IN ARTIFICIAL LIGHTING AND HOME ENVIRONMENTS:
ELEMENT OF ARCHITECTURAL ENHANCEMENT AND VISUAL COMFORT.*

Daniel C. Feldman

Counselor: Aldo Gonçalves

Abstract of the PhD dissertation for the Graduate Program in Architecture and Urbanism, School of Architecture and Urbanism of the Federal University of Rio de Janeiro – UFRJ – a mandatory requirement to obtain the PhD certificate of Sciences in Architecture.

Artificial lighting is one of the tools available in the modern world to enhance architecture. By using light, human beings can see people, objects and other surfaces around them. Light can stimulate, excite and inform thus guiding sight to the desired spot.

The theoretical content of this dissertation results from a quantitative and qualitative interdisciplinary research work based on architecture, which also contains information from other areas related to the field of lighting, such as Engineering and Medicine among others.

The focus of this dissertation is on the use of artificial lighting control devices in a home environment. This dissertation was developed as an exploration of the possible advantages entailed to their use, such as: flexibility, safety, comfort, well-being and power saving.

The aim of this dissertation is to provide awareness and guidance about the best possible use of such devices to enhance a broad range of home environments, in an attempt to harmonize the changes in natural light during the day regarding color intensity and appearance. A constructed environment can and should be promoted by elements in consonance with the planet's sustainability. After all, life on Earth depends more and more on this adaptation.

Among all control devices available, the dimmer stands out the most because of its unique function. All the other devices or artificial lighting commands are basically “switches”, in other words, they either turn on or off completely the electrical circuit of lamps.

The sequence of chapters of this dissertation presents information ranging from the discovery of a new photoreceptor cell in the human eye to the opinions of well-known Brazilian lighting designers regarding how to control devices and other products included in the artificial lighting system building up the way to the recommendations about how to best use such devices in a home environment.

Key-words: Artificial Light, Lighting Control, Control Devices, Architecture, Home Environment, Visual Comfort, Power Efficiency.

Rio de Janeiro
September of 2007

Dedicatória

Em especial a minha esposa Teresa Raquel Santos Feldman,

Minha mãe Moema Pereira Coelho Feldman,

Meu pai Abrahão Feldman,

Minha Tia Dalva Coelho D'Oliveira,

Meu Tio José Fernandes de Barros (*in memoriam*)

Meus sogros José Ivan Santos e Nely Santos

Minha “bisavó” Maria Dolores Guedes

Meus familiares,

A todos vocês pelo amor, colaboração, atitude, perseverança, confiança, afeto, sensibilidade, amizade, carinho, presteza, e outras inúmeras virtudes que certamente influenciaram minha conduta ao longo da vida. A vocês o meu sincero e muitíssimo obrigado!

Agradecimentos

Ao orientador da Tese, Aldo Carlos de Moura Gonçalves, pela amizade e respeito. Profissional respeitado e qualificado nos meios acadêmico e profissional. Possui enorme capacidade para desenvolvimento de diversas funções simultaneamente e sempre com alto nível de qualidade. Parabéns e obrigado pelos ensinamentos.

Aos demais membros da banca do exame de qualificação, por todas as orientações e contribuições para o melhor desenvolvimento da pesquisa:

Profa. Eunice Bomfim; Prof. Guilherme Lassance; Prof. Jorge Luiz do Nascimento

Aos amigos e colaboradores diretos nesta pesquisa:

Arq. Esther Stiller, Arq. Jose Luiz Galvão, Eng. Milton Martins Ferreira.

As amigas: Viviane Martinez e Flavia Deus.

Aos amigos: Isac Roizenblatt e Peter Gasper

A família Gorenstin. Muito obrigado a todos pela incessante colaboração.

Agradeço também a todos que colaboraram e responderam o questionário desta tese.

Abrahão Feldman	Isabela Saramago	Thiago Rodrigues
Adriana Amendola	Jair Gomes	Tiago Campos
Adriana Boscolo	João Silva Fernandes	Vinicius Brasileiro
Adriana Colafranceschi Durante	Jorge Barbosa Dos Anjos	Vinicius dos Santos
Alexandre Lopes Francisco	José Antonio S. Bordeira	Vivian Barros
Alexandre Vieira	José Eduardo de A. Vieira	Viviane Martinez
Alice Brasileiro	José Guimarães de Faria	Weber Pereira Rocha
Aline Gerbassi	Layla Furlan	Wellington J.K. Perfetti
Aline Pereira	Leandro G. da Silva	
Alline Ribeiro Pacheco	Leonardo G. Cosenza	
Almerinda Lourenço Pontes	Liane Flemming	
Ana Lucia Pazos Moraes	Luana Cristina	
Ana Paula Leandro	Luciana Kiatkoski de Cristo	
Andréa F. C. de Sousa	Luciana Moutinho Pimenta	
Angela Abdala	Luciana Vitale Constantin	
Bianca Palazzo	Luzia Aparecida	
Carla Cappelletti	Luzia Gagliano	
Carlos Alberto B. Zenicola	Maíta de Mendonça Bittar	
Carlos Alberto Furtado	Mara Carvalho	
Caroline C. de Pin e Almeida	Marcello Bruno	
Cecília Leles	Marcelo Castilho	
Claudia Lysenko Canola	Marcelo Macedo Taborda	
Cláudia Vargas	Marcos Aurelio M. Marcones	
Claudine Morma	Maria Angélica R. R. Patrão	
Cristina Monteiro	Maria do Carmo C. Oliveira	
Deise M. Aoes	Maria Dolores M. Custodio	
Denilson Montero	Maria Erundina C. Marinõ	
Denise Barros Fruitos Motta	Maria Paula C. Mendonça	
Doralice Fernandes	Melissa Venturotti P.de Lima	
Elisa Guimarães Silva	Michelle P. Medeiros	
Evelyn Mendes Lima	Mirtes Hcines	
Fabiana Sassone de Nóbrega	Nara Iwata	
Fabio Garcia	Natalia Custodio Chaves	
Fabiola de Oliveira	Natasha Marques	
Fernanda Vieira	Palucia Duarte Bessa	
Fernando	Paula Silveira Mello	
Fernando A. Vieira Junior	Renata Jesus de Castro	
Flávia Salles	Renata M. Quattrone	
Gabriel Fernandes Vinagre	Renata P. B. Mendes	
Gilberto Gil Silva Ribeiro	Renato Felix de Andrade	
Giulliano Lins Fraga	Roberto Arena Ozores	
Guilherme P. Paz de Carvalho	Roberto Innecco	
Gustavo	Rosana Silva Soares	
Gustavo Figueiredo	Simone Muniz	
Helena Guido	Sônia Simões	
Heloisa Martins Pereira e Souza	Tatiana Brandão	
Inês M. R. Vasconcelos Garcia	Thiago Athayde	

SUMÁRIO

	PÁGINA
Resumo.	v
Abstract.	vii
Lista de Ilustrações.	xvi
Lista de Tabelas.	xxv
Siglas e Abreviações.	xxvi
Publicações.	xxvii
Introdução.	1
Considerações Iniciais.	1
Relevância e Originalidade.	17
Objetivos.	21
Metodologia.	22
Estrutura da Tese.	24
Bibliografia de Referência.	27

1º. Capítulo - Projetos de Iluminação - Estado da Arte	30
1.1 - Estado da Arte.	30
1.2 - Arte ou ciência?	40
2º. Capítulo – Os Dispositivos de Controle da Iluminação Artificial.	57
2.1- Compatibilidade entre controles e equipamentos auxiliares.	57
2.2 - Equipamentos Auxiliares.	59
2.3 - Equipamentos auxiliares – Possibilidades de dimerização e compatibilidade entre produtos.	65
2.4 - Dispositivos de controle.	71
2.5 – Sistemas de controle.	79
3º Capítulo – Dispositivos de controle da luz artificial. Análise da utilização do dimmer.	84
3.1 – Considerações Iniciais.	84
3.2 – Potencial de redução do consumo de energia elétrica utilizando <i>dimmer</i>	85
3.2.1 – Utilização do <i>dimmer</i> – principais benefícios.	85
3.2.2 – Tipos de <i>dimmer</i> em função da carga.	87

3.2.3 – <i>Dimmer</i> . Como pode ser associado à pesquisa de Kruithof	88
3.2.4 – Experiência para medição do potencial de redução do consumo de energia elétrica utilizando dimmer.	91
3.3 – Redução de consumo de energia elétrica utilizando dispositivos de controle da iluminação artificial.	101
3.4 – Comparativo econômico entre lâmpadas fluorescentes compactas integradas e lâmpadas incandescentes.	102
3.5 – Questionário – pesquisa com profissionais e usuários.	106
4º Capítulo – Utilização dos dispositivos de controle da iluminação artificial no ambiente residencial.	120
4.1 – Sistemas de controle em residências.	120
4.2 - Aspectos qualitativos da iluminação artificial.	122
4.3 – Requisitos básicos para iluminação residencial.	125
4.4 – Definição de ambientes de estar e trabalho em residências.	128
4.5 – Uso dos dispositivos de controle da luz artificial no setor Social.	129
4.6 – Uso dos dispositivos de controle da luz artificial no setor Íntimo.	138
4.7 – Uso dos dispositivos de controle da luz artificial no setor de Serviços.	143
4.8 – Uso dos dispositivos de controle da luz artificial em áreas de lazer.	146

4.9 – Uso dos dispositivos de controle da luz artificial em “outros” setores.	148
4.10 – Possibilidade de integração entre sistemas.	151
5º Capítulo – Aplicação de controle em um caso real.. . . .	154
Considerações Finais.. . . .	167
Recomendações para trabalhos futuros.	174
Referências Bibliográficas.	175
Anexos.	I
Anexo I – Gráfico de eficiência luminosa das principais fontes artificiais de luz.	II
Anexo II – Currículo resumido dos profissionais entrevistados.	IV
Anexo III – Questionário.	VI
Anexo IV – parte 1 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 23W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 100W Philips).	VIII
Anexo IV – parte 2 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 23W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 100W Philips) – Tabela anual da incandescente utilizando dimmer.	X
Anexo IV – parte 3 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 23W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 100W Philips) – Gráfico.. . . .	XII

Anexo V – parte 1 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 15W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 60W Philips). XIV

Anexo V – parte 2 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 15W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 60W Philips) – Tabela anual da incandescente utilizando dimmer. XVI

Anexo V – parte 3 – Comparativo econômico: lâmpada fluorescente compacta Integrada (modelo UNI 15W Philips) x lâmpada incandescente (modelo Standard 60W Philips) – Gráfico.. . . . XVIII

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Nº.		Página
01	Sol artificial. Olafur Eliasson's Weather Project - Tate Modern, Londres (2003). (Fonte: Made of Light – The Art of Light and Architecture p.17).	07
02	Instituto do Mundo Árabe – fachada Sul – Paris – França. (Fonte: Made of Light – The Art of Light and Architecture p.89).	09
03	Planeta Terra visto do espaço. Ilustrando a divisão dia e noite. (a) mapa aberto; (b) visão do planeta. (Fonte: Internet. site Yahoo-Cade em 03/06/07).	10
04	Em vermelho, ilustração das conexões nervosas entre a retina do olho, aqui representada por seus cones e bastonetes, com o córtex visual (visual córtex) localizado no cérebro. Em azul, ilustração da conexão entre a retina, agora representada pela nova célula fotorreceptora, o núcleo supraciasmático (SNC) e a glândula pineal (pineal gland), localizados na parte mais central do cérebro. (Fonte: Van Bommel et al. – artigo: Lighting for work: visual and biological effects).	12
05	Relação entre a idade do observador e a quantidade relativa de luz requerida para ler um livro com boa qualidade de impressão. Quanto maior a idade da pessoa maior será a luz requerida para executar a tarefa. Eixo horizontal – light requirement (luz requerida); eixo vertical – age (years) (idade (anos)). (Fonte: Fortuin; apud Van Bommel – artigo: Lighting for work: visual and biological effects).	13
06	Transmitância das lentes do olho para três faixas etárias. Valores são expressos como porcentagem no comprimento de onda 560nm para uma criança recém nascida. Curva em azul claro para recém nascido;	14

	<p>curva em vermelho para pessoas entre 20 e 29 anos; curva em azul escuro para idosos entre 60 e 69 anos. Eixo horizontal correspondente a comprimentos de onda em nanômetros; eixo vertical correspondente ao percentual de transmitância.</p> <p>(Fonte: Brainard et al. apud Van Bommel – artigo: Lighting for work: visual and biological effects).</p>	
07	<p>Foto ilustrativa do olho humano. (a) olho de um idoso (mais acima) e de um jovem. (b) composição do olho. (Fonte: Adriano Paiter, FAU, UFRJ).</p>	15
08	<p>Desenho ilustrativo mostrando um momento de indecisão do usuário quanto ao uso do controle mais apropriado. O usuário olhando para o interruptor e o dimmer instalados na parede. (Fonte: Course of Fundamentals of Automated Lighting Controls – Lightfair 2006).</p>	34
09	<p>Foto ilustrativa do significado ameaçador de um temporal. Okeechobee Florida EUA. (1991) Fred K. Smith. (Fonte: Esther Stiller).</p>	36
10	<p>Ilustrações mostrando a harmonia e a diversidade encontrada na natureza. (Fonte: Esther Stiller).</p>	37
11	<p>Fotos de uma Sala de Jantar iluminada. Em ambas as fotos utilizaram-se o mesmo mobiliário, luminárias e fontes de luz. (a) luminária pendente e abajur com fluxo luminoso em 100%; (b) luminária pendente e abajur com fluxo luminoso em 25%. (Fonte: Revista Lume Arquitetura, out/nov, 2005).</p>	39
12	<p>Destaque para iluminação da parede da sala de jantar encontrada na figura 11b. <i>Uplight</i> com <i>leds</i> amarelos. (Fonte: Revista Lume Arquitetura, out/nov, 2005).</p>	40

13	Todas as lâmpadas apagadas. Foto ilustrativa. Quatro circuitos numerados: 1 - para três arandelas de quadro; 2 - para coluna da esquerda; 3 - para coluna ao fundo; 4 - para abajur. (Fonte: site da Philips iluminação versão holandesa).	46
14	representando a cena 2 com apenas as luminárias acima dos três quadros ligadas; (Fonte: PHILIPS).	47
15	representando a cena 3 com apenas o abajur ligado. (Fonte: PHILIPS).	48
16	representando a cena 4 onde apenas a coluna da esquerda está ligada; (Fonte: PHILIPS).	48
17	representando a cena 5 onde apenas a coluna ao fundo está ligada; (Fonte: PHILIPS).	49
18	representando a cena 6 onde as arandelas e a coluna da esquerda estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	49
19	representando a cena 7 onde as arandelas e a coluna ao fundo estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	50
20	representando a cena 8 onde as arandelas e o abajur estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	50
21	representa a cena 9 onde as duas colunas estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	51
22	representa a cena 10 onde a luminária abajur e a coluna da esquerda estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	51
23	representa a cena 11 onde a coluna ao fundo e o abajur estão ligadas;	52

	(Fonte: PHILIPS).	
24	representa a cena 12 onde as arandelas e colunas estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	53
25	representando a cena 13 onde arandelas, coluna da esquerda e abajur estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	53
26	representando a cena 14 onde arandelas, coluna ao fundo e abajur estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	54
27	representando a cena 15 onde a luminária abajur e as colunas estão ligadas; (Fonte: PHILIPS).	54
28	representando a cena 16 onde todas as lâmpadas estão acesas. (Fonte: PHILIPS).	55
29	Diagrama mostrando opções de equipamentos auxiliares para operar lâmpadas fluorescentes tubulares e de descarga elétrica (mercúrio, sódio e metálica).	69
30	Princípio de funcionamento de uma minuteria. (Fonte: LAMBERTS).	77
31	(a) Diagrama de Kruithof. Iluminâncias (expressas em lux) no eixo vertical; Temperaturas de cor das fontes de luz (expressas em Kelvin) no eixo horizontal. Segundo Kruithof, a área em branco representa a zona de conforto visual onde o gráfico sugere temperaturas de cor mais elevadas para níveis de iluminação mais elevados e temperaturas de cor mais baixas para também níveis baixos. Fonte: IESNA Lighting Handbook, edição n.9, 2000. (b) publicação original do investigador holandês, A.A. Kruithof (“ <i>Tubular Luminescence Lamps for General Illumination</i> ”, Philips	90

	<p><i>Technical Review</i>, vol.6, 65-96, 1941).</p> <p>Fonte: (http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn21/wn21-3/wn21-308.html. Acesso em 01/07/07 - 14h).</p>	
32	Circuito elétrico da experiência com os pontos de medição A (entrada) e B (saída do dimmer).	93
33	Foto ilustrativa da montagem da experiência. A foto mostra a parte superior de duas luminárias brancas, cada uma com três lâmpadas dicróicas voltadas para baixo, instaladas a 1 metro do chão, cujo suporte lateral estão feitos pelas madeiras dispostas no armário de ferro. Em baixo (no chão) é possível observar o luxímetro. Esta foto foi tirada com a iluminação do ambiente ligada, e no momento em que o dimmer da experiência estava desligado – nível 0. Foto apenas para visualização da montagem.	93
34	Foto ilustrativa da montagem da experiência. Aparecem duas luminárias cada uma com três lâmpadas dicróicas voltadas para baixo, instaladas a 1 metro do chão. Em baixo é possível observar o luxímetro. Momento com o <i>dimmer</i> ligado ao máximo – nível 10.	94
35	Foto com os instrumentos de medição e dimmer utilizados na experiência. (Alicate Amperímetro Digital: Modelo - 266, Fabricante - Force Line), (Luxímetro: Modelo - LD-500, Fabricante – ICEL) e (Dimmer 300W 127 V – vale ressaltar que o <i>dimmer</i> foi marcado a caneta com números de 1 a 10. Esses números representam os 10 níveis de iluminação a serem medidos).	95
36	Relação entre os valores obtidos de iluminância e potência. Gráfico em linhas.	99
37	Qualidade da iluminação: a integração entre necessidades humanas, arquitetura, economia e ambientes. (Fonte: Figura 10-1. IES	123

	<i>Handbook</i> 9ª edição).	
38	Iluminação a serviço das necessidades humanas. (Fonte: Figura 10-2. <i>IES Handbook</i> 9ª edição).	124
39	Zonas de visualização e proporcionalidade de luminância para execução de tarefas visuais. Fonte: <i>Lighting Handbook</i> – Cap.18 – p.18-2.	127
40	Foto ilustrativa de um Sala de Estar. (a) lado esquerdo: – iluminância elevada sendo possível enxergar os diferentes elementos inseridos no ambiente; (b) lado direito: – iluminância mais baixa colocando em destaque o estofado de um lugar vermelho e a lareira ao fundo. (Fonte: <i>Lighting Style</i> – Kevin McCloud – p.35).	130
41	Uso da cor luz na sala de estar. Iluminação cênica e dramaticidade. (Fonte: <i>Revista Lume Arquitetura</i> , outubro, 2005).	131
42	Foto de uma sala de jantar integrada a sala de estar.	132
43	Exemplo de iluminação de um <i>Home Theater</i> utilizando controle das luzes artificiais. (a) momento para ver um programa de TV; (b) maior nível de iluminamento da mesa para proporcionar a realização da tarefa leitura. (Fonte: LUTRON)	133
44	Exemplo de um nível de iluminação escolhido pelos usuários de um <i>Home Theater</i> no momento de um filme romântico. (Fonte: LUTRON).	134
45	Átrios. Utilização do dimmer em ambos. (a) Iluminação central com lustre de cristal; (b) iluminação periférica com embutidos no teto. (Fonte: Randall Whitehead: <i>Lighting Source Design</i> , 2002 – p.11 e 31)	135

46	Iluminação do Hall de entrada de uma residência. Iluminação convidativa para dar uma primeira impressão da casa de forma positiva e acolhedora. (Fonte: OSRAM).	137
47	Quarto de casal com iluminação individual de cabeceira com controle de intensidade de luz. (Fonte: OSRAM).	138
48	Foto ilustrativa de um quarto de criança. Uso de cores nos objetos de decoração e variador de luminosidade são elementos importantes nesse tipo de ambiente. (Fonte: OSRAM).	139
49	Ilustração de um banheiro iluminado por dois pendentes na área do espelho. (Fonte: OSRAM).	141
50	Closet iluminado de forma difusa e homogênea para melhor visualização das portas de armários e objetos. O uso de luz pontual não é o mais indicado para solução lumínica deste tipo de ambiente por causa do contraste excessivo. (Fonte: OSRAM).	142
51	Correto posicionamento de luminárias. (a) sombra indesejada na bancada, (b) iluminação adequada. (Fonte: OSRAM).	144
52	Cozinha iluminada por pendentes, embutidos no teto (não visíveis na foto) e luminárias sob o as portas do armário (também não visíveis). O comando foi feito por interruptores simples. (Fonte: Randall Whitehead: Lighting Source Design, 2002 – p.88)	145
53	Cozinha iluminada por pendentes, embutidos no teto (visíveis no lado direito) e luminárias sob o as portas do armário (não visíveis). O comando poderia ser feito por um sistema de controle de cenas. (Fonte: Randall Whitehead: Lighting Source Design, 2002 – p.88)	146

54	Ilustrações de uma área externa de residência em Campinas – SP. (Fonte: arquivo pessoal arquiteta Mirian Thiele).	148
55	Iluminação de destaque (quadros) e segurança (deslocamento entre pavimentos). Possibilidade de utilização de <i>dimmer</i> e interruptor paralelo. (Fonte: Lighting Style – p.29).	149
56	Escada e corredor de ligação entre dois pavimentos de uma residência. Sugestão de interruptor paralelo com dimerização nas duas extremidades para comandar as luzes artificiais. (Fonte: Lighting Style – p. 29).	150
57	Planta baixa das salas de estar, jantar e TV do apartamento.	155
58	Localização do prédio na rua Sorocaba – Botafogo – RJ. É possível ver a varanda branca e descoberta no prédio marcado por um quadrado na foto. As salas de estar, jantar estão localizadas paralelas a esta varanda. A sala de estar está na posição mais ao Norte. (Fonte: Google Mapas e Imagens. Acesso em 19/10/07).	156
59	Sala de TV antiga (antes da obra) iluminada apenas por uma luminária tipo plafon instalada no ponto central do ambiente e com lâmpadas fluorescentes compactas com temperatura de cor de 4000 K.	157
60	Espaço reservado para nova sala de Jantar. A iluminação é composta por uma sanca que divide os ambientes de estar e jantar, uma segunda sanca sobre a mesa de jantar, dois embutidos que projetam um fecho de luz na parede à direita, dois pendentes em formato da lâmpada incandescente de Edison instalados ao fundo e, uma última sanca próxima da parede ao fundo.	158
61	Detalhe do teto. Sancas e pendentes ao fundo iluminados.	160

62	Sala de Jantar. Todas as lâmpadas acesas no nível máximo.	160
63	Registro fotográfico do espaço destinado à nova sala de TV.	162
64	Foto ilustrativa da parede rugosa localizada na sala de TV e as duas luminárias embutidas no teto localizadas próximas a parede.	163
65	Sala de TV. Registro fotográfico no momento em que apenas as duas luminárias tipo arandela estão ligadas em toda sala, com 10% de sua intensidade máxima.	164
66	Detalhe dos comandos tipo maestro da Lutron. O controle da direita possui um receptor infravermelho para uso com controle remoto.	164
67	Dimerização das lâmpadas halógenas nas arandelas. (a) em 35%; (b) em 25%.	165
68	Registro fotográfico de mais dois momentos distintos. A maior luminosidade das paredes nestas fotos quando comparado com as fotos de figura 67 é devido à interação das fontes artificiais de luz instaladas nas salas de estar e jantar agora também ligadas.	165

LISTA DE TABELAS

01	Diversos tipos de lâmpadas e suas possibilidades de dimerização.	66
02	Possibilidades de dimerização entre os tipos de equipamentos auxiliares utilizados nas diversas lâmpadas.	69
03	Valores obtidos com a MÉDIA das três medições realizadas.	96
04	Quadro de relação: LUZ emitida e POTÊNCIA dissipada.	98
05	Tabela apresentada no seminário Fundamentals of Automated Lighting Control – Feira Internacional de Iluminação – Las Vegas 2006. Potencial de economia de energia em função da estratégia de controle adotada relativada ao interruptor simples.	101
06	Resultados de diferentes estudos apresentados na <i>Lightfair</i> 2006 sobre controles de iluminação.	119
07	Quesitos importantes para iluminação de ambientes residenciais.	126
08	Setorização de diversos ambientes encontrados em residências.	128
09	Resumo dos principais dispositivos de controle utilizados nos espaços residenciais.	153

ABREVIACÕES E SIGLAS

BEN – Balanço Energético Nacional;

CEPEL – Centro de Pesquisas da Eletrobrás;

DALI – Interface para iluminação com endereçamento digital (Digital Addressable Lighting Interface);

FAU – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo;

HVAC – Aquecimento, Ventilação e ar condicionado (Heating, Ventilation and Air conditioning);

IESNA – Sociedade Norte Americana dos Engenheiros de Iluminação (Illuminating Engineering Society of North América);

LED – Diodo emissor de luz (Lighting Emmiting Diode);

LFCI – Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada;

LFCNI - Lâmpada Fluorescente Compacta Não Integrada;

OLED – Diodo emissor de luz orgânico (Organic Lighting Emmiting Diode);

PROARQ – Programa de Pós-graduação em Arquitetura;

RGB System (Red – Green – Blue). Sistema (Vermelho – Verde – Azul) de troca de cores;

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro;

PUBLICAÇÕES

A pesquisa para esta tese de doutorado gerou a publicação de dois artigos, relacionados a seguir:

Artigo: “Influências da iluminação no estado fisiológico e psicológico do usuário”;

Autores: Ingrid Fonseca, Márcia Adegas, Daniel Feldman e Aldo Gonçalves;

Aceito para apresentação oral e publicação nos anais do ENCAC 2005, realizado em Maceió/AL, Brasil, dias 5 a 7 de outubro de 2005.

Artigo: “Controles de Iluminação: compatibilidade entre diversos produtos que envolvem o controle da iluminação artificial”;

Autores: Daniel Feldman, Aldo Gonçalves;

Publicado em Cadernos do PROARQ 08, p.41-64, dezembro de 2004.

INTRODUÇÃO.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este trabalho tem como propósito estudar os benefícios advindos da utilização de controles de iluminação em ambiente residencial. Alguns trechos encontrados em livros de iluminação¹ sobre este tema, mesmo que de forma discreta, mostram que os dispositivos de controle de luz por vezes servem para promover conforto visual, eficiência energética, segurança, entre outros. Vale lembrar que um sistema de iluminação poderá contemplar um conjunto destes benefícios ao mesmo tempo, ou seja, um benefício não exclui o outro. Para promoção de tais benefícios, a luz artificial pode ser concebida e controlada por meio de equipamentos específicos. A arquitetura contempla uma série de soluções para controlar a luz natural, mas este relevante tema não será objeto principal desta tese de doutoramento, direcionando a pesquisa para iluminação artificial.

Do ponto de vista tecnológico pode-se afirmar que os controles de iluminação evoluíram bastante nas últimas três décadas. Do ponto de vista prático ainda percebe-se que sua utilização continua discreta e restrita às classes sociais mais elevadas da sociedade. Embora o arquiteto escocês Jonathan Speirs, em resposta à entrevista concedida em seu próprio livro², reproduzida a seguir, tenha se mostrado comedido quanto ao futuro dos controles de iluminação, ele ainda mostra-se esperançoso.

Como você vê as futuras tecnologias em iluminação?

Jonathan: Melhorias nos diodos emissores de luz (LEDs), nos Diodos emissores de luz orgânicos (OLEDs) e em materiais luminescentes. Seria maravilhoso pensar que haverá produtos bioluminescentes. Eu não estou certo se vai ocorrer uma modificação rápida no **controle de iluminação**

¹ Livros: COSTA, Gilberto J.C., Iluminação Econômica. MOREIRA, Vinicius de A. Iluminação Elétrica.

² Texto original em inglês para a pergunta e resposta de Jonathan: What do you see as the future lighting technologies? Jonathan: Improvements in LEDs, Organic-LEDs and luminescent materials. It would be marvellous to think there will be bio-luminescent products. I am not sure that lighting control will change that rapidly at a basic level though hopefully it will get easier to use! Made of Light. The Art of Light and Architecture. Pag.224.

para atingir um nível básico de utilização embora esperançosamente creio que isto começará a ser mais fácil se usar! (grifo nosso)

Conversas informais com os principais projetistas de iluminação brasileiros na maioria das vezes apontam os controles de iluminação como uma das três mais fortes tendências de mercado para os próximos anos, uma vez que a tecnologia eletrônica está evoluindo constantemente e marcando sua forte existência em vários segmentos. No que se refere ao campo da iluminação; Leds, Oleds e controles são alguns frutos dessa presença eletrônica.

Quanto ao interesse em estudar os dispositivos de controle em um ambiente luminoso **residencial** justifica-se inicialmente como sendo um trabalho de pesquisa que procura dar continuidade a outro estudo que teve seu início em 2001 durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado intitulada “Iluminação Residencial: Ciência e Arte na iluminação de ambientes residenciais”, onde foi desenvolvida uma investigação minuciosa sobre os diferentes tipos de lâmpadas disponíveis no mercado nacional até aquele momento e suas aplicações nos ambientes que compõem uma residência. Nesta presente tese, busca-se acrescentar informações relevantes no que se refere à utilização de dispositivos de controle como sendo um dos equipamentos importantes dentro do sistema de iluminação artificial aplicado no setor residencial e citado por especialistas como uma tendência de mercado.

Existem algumas outras razões que levaram à escolha do setor residencial para o desenvolvimento desta pesquisa. Uma delas é a tendência crescente de escritórios tipo "*Home Office*" em nosso país e no mundo. A princípio pode ser um pouco tênue entender como isto pode ter influenciado na escolha do setor residencial, mas os escritórios em casa são certamente tipos comuns de ambientes que carecem do uso de controles de iluminação para dar ao espaço maior flexibilidade de utilização. A possibilidade de variações de intensidades luminosas dentro de um ambiente permite que o usuário utilize a quantidade desejada quando quiser. Esta questão pode parecer simples, entretanto é prudente ressaltar a importância de se utilizar a expressão "quantidade desejada" ao invés de "quantidade ideal". A "quantidade ideal" de iluminação sugerida em normas técnicas nacionais e internacionais para execução de tarefas, é a representação de uma média, e isto não atenderá plenamente a 100% dos usuários. Isto não diminui evidentemente a importância e relevância destas normas, mas por outro lado, abre campo para pesquisas e propostas para iluminação que atendam as reais necessidades de

cada indivíduo. "Quantidade desejada" é a quantidade de luz que o usuário anseia naquele determinado momento, e utilizando-se da tecnologia de controles disponível no mercado, a preços acessíveis para as diferentes classes sociais, pode-se dar o direito para o usuário fazer essa escolha.

Outro fator que contribuiu para a escolha do ambiente residencial, embora numa menor escala, foi à violência urbana. Infelizmente, ao menos baseado nos recentes acontecimentos na cidade do Rio de Janeiro, percebe-se que o aumento da violência nas últimas três décadas provocou uma mudança de hábitos na sociedade. Essas mudanças estão aparentes e são de natureza física e comportamental. Alguns exemplos como grades, câmeras de monitoramento, vias desertas à noite, segurança privada, expansão de shoppings e condomínios fechados, evidenciam esta mudança. O antropólogo Gilberto Velho deu a seguinte declaração³:

A sociabilidade foi gravemente atingida pela violência. As pessoas passaram a ter medo umas das outras. O outro ser humano passou a ser visto como um atacante em potencial. Como consequência, as relações sociais ficam prejudicadas, as pessoas ficam mais trancadas em casa. Nessa cidade do medo, proliferam os condomínios e a segurança privada.

Além disso, uma das mudanças urbanísticas apontadas em matéria publicada no jornal O Globo de 05 de novembro de 2006 é justamente um aumento da utilização de um dispositivo de controle de iluminação, o sensor de presença.

Um último aspecto não menos importante para justificar a escolha do setor residencial é que de uma forma ou de outra, toda população mundial é usuária residencial, com seus costumes e hábitos, independente de classe social, econômica ou religiosa. O ambiente residencial está ou deveria estar presente na vida de todo ser humano e faz-se importante promover conforto sob todos os aspectos. No campo da iluminação, os controles são produtos que podem colaborar nesta direção.

³ Fonte: Jornal O Globo, 05/11/06, p.19.

Além disso, o setor residencial é mais flexível, ou seja, menos rígido quanto ao emprego de normas técnicas e quase que imune a fiscalizações punitivas que geralmente acontecem em estabelecimentos corporativos. Isto não quer dizer também que tudo é permitido. As possibilidades de criação artísticas podem ser um pouco mais exploradas nas residências e dar existência a cenários luminosos onde são modificadas a intensidade luminosa e a cor das superfícies, por exemplo, por vezes adequados aos anseios dos usuários. O fator tempo também influencia nessa dinâmica da luz e todas essas possibilidades fazem do setor residencial um ambiente favorável à utilização desses dispositivos e sistemas de controle.

Os produtos que compõem um sistema de iluminação artificial estão basicamente inseridos em cinco grandes grupos: Lâmpadas, Luminárias, Equipamentos Auxiliares, Controles e Acessórios. A seqüência digitada destes grupos não faz nenhum julgamento de valor, ou seja, lâmpadas não são mais importantes do que luminárias ou qualquer outro grupo citado e vice-versa. O Sistema de Iluminação é que deve contemplar os melhores produtos dentro da realidade econômica de cada indivíduo buscando sempre os maiores benefícios.

Desta forma, esta tese poderia perfeitamente ser desenvolvida sob o ponto de vista de luminárias, equipamentos auxiliares, acessórios ou controles, admitindo-se que muito já foi estudado sobre lâmpadas⁴. Após pesquisar dissertações e teses desenvolvidas no próprio Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROARQ) e em outras instituições, destacaram-se algumas citações que nortearam a escolha para o estudo na área de controles de iluminação neste momento, devido sua importância evidenciada, direta ou indiretamente em alguns trechos, tais como:

verificou-se que o funcionamento do relógio biológico interno dos seres humanos, que determina a predominância diurna de suas atividades, apresenta sincronia com a iluminação ambiental, que é **regulada** pelo ciclo dia-noite, e que age na produção de hormônios relacionados ao sono, estado de alerta e estresse, promovendo, desta forma, **bem-estar e saúde do homem**. Informou ainda, que determinadas combinações entre qualidade e **quantidade de iluminação** apresentam-se mais familiares ao ser-humano, e favorecem as condições de maior introspecção ou de maior sociabilidade,

⁴ FELDMAN, Daniel. Iluminação Residencial. Ciência e Arte na Iluminação de ambientes residenciais. Dissertação de mestrado. 2001.

sendo indicadas, desta forma, para realização de determinadas tarefas podendo, inclusive, tendenciar certos comportamentos⁵. (grifo nosso)

Esta passagem revela o importante papel que exerce a luz no comportamento do homem. Se dispositivos de controles de luz estão disponíveis no mercado brasileiro e mundial, qual será a melhor maneira de aplicá-los para obter resultados positivos em prol do ser humano? Outros trechos do exame de qualificação da MSc. Ingrid Fonseca também revelam a importância do controle da iluminação: “A estimulação com luz tem se mostrado eficiente também para aumentar o desempenho e o alerta nos trabalhadores noturnos e pode ser benéfica também para pessoas que são especialmente sensíveis a ambientes com deficiência de luz (Kasper et al., 1989⁶)”.

Uma questão importante quanto ao controle da iluminação artificial encontra-se em um estudo⁷ onde pesquisas comprovam que é muito importante dar às pessoas uma sensação de controle sobre seu ambiente, caso contrário elas se rebelam e ficam furiosas. Este controle deverá ser uma escolha e não um dever. O sistema correto permite ao usuário controlar o ambiente, mas não o obriga a isto. Exigir que o usuário faça constantemente ajustes no sistema é como ter um garçom em um restaurante que interrompe continuamente uma conversa para perguntar se está tudo correto. O usuário vai aos poucos ficando irritado.

Segundo MORROW et al (1998), a maioria dos ocupantes utilizam os controles manuais quando tem esta oportunidade. Elas ajustam as luzes para realizarem suas tarefas com maior conforto, nunca pensando em economizar energia, mas a redução no consumo acaba acontecendo naturalmente.

E a questão energética também é um fator muito importante em residências. Cerca de 16% do total de energia elétrica consumida no país é para iluminação⁸, e este consumo é assim distribuído:

⁵ Ingrid Fonseca, Exame de Qualificação de Doutorado. “A dimensão da luz natural na interação do homem com a Arquitetura. Pesquisa de Campo: À Luz do Renascimento Italiano”. FAU-UFRJ, Agosto/2005, p.2.

⁶ KASPER et al [1989], apud Ingrid Fonseca, p.41.

⁷ De MORROW et al [1998] apud Marcos de Souza – Tese de Doutorado, Florianópolis, 2003, p.42.

⁸ JANUZZI(1992), apud Marcos de Souza.

◇ Iluminação comercial 6%;

Iluminação residencial 4%;

◇ Iluminação pública 3%;

Iluminação industrial 2%.

Da energia elétrica consumida no Brasil (229 TWh em 1992)⁹, cerca de 23% era utilizada por edificações residenciais. A tabela 1.9 do Balanço Energético Nacional (BEN) 2005 apresenta valores da composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil. Em 2004, o setor residencial foi responsável por 21,9% desse consumo. Uma média obtida dos últimos 35 anos (1970-2004) para o setor residencial indica um consumo de 21,3% do total geral que ainda considera os seguintes setores: energético, comercial, público, agropecuário, transportes e industrial. Dentro deste cenário, aproximadamente¹⁰ 12% do consumo está vinculado ao uso de sistemas de iluminação nas residências, aquém dos níveis verificados para o consumo de geladeiras e chuveiros. Ainda assim é possível reduzir os gastos de energia com iluminação sem depreciar sua qualidade.

Sobretudo é cada vez mais necessário verificar a aceitação dos usuários para implementação de sistemas de controle, quer no intuito de gerar redução de consumo, quer para gerar outros benefícios como conforto e bem estar. Cabe salientar que é comum surgirem programas de incentivo para projetistas de iluminação que enfocam na maioria das vezes uma análise custo/benefício dos vários sistemas disponíveis, esquecendo algumas vezes em dar prioridade ao usuário, e este, uma vez descontente com o sistema de controle adotado poderá sabotar seu uso, reduzindo a economia de energia esperada.

A luz, natural ou artificial, possui papel fundamental na vida de qualquer ser humano com visão total ou parcial. O fator “tempo” também se mostra muito importante em iluminação, apresentando-se como a quarta dimensão da arquitetura e da ciência. A luz natural é variável no tempo e todos os seres vivos reagem milenarmente a esta mudança lenta da luz ao longo do dia. Sem ter uma percepção clara, o homem cria em seu inconsciente uma vontade de promover condições artificiais de luz muito semelhantes ao da luz natural que permeia a natureza.

⁹ Lamberts et all. Eficiência Energética na Arquitetura. 1997, pág. 20.

¹⁰ Idem referencia 8.

O Sol artificial exibido na figura 1, no coração do *Olafur Eliasson's Weather Project* no interior do *Tate Modern*¹¹, Londres (2003) demonstra o poder simbólico da luz. Milhares de pessoas reuniram-se a esta fonte sintética que, com sua qualidade estranha de luz, da névoa fina, do calor radiante e do teto espelhado, criaram uma percepção nova da luz. Curiosamente, as pessoas optavam muitas vezes por saborear suas refeições naquele local mesmo quando estava ensolarado externamente. Este é somente um dos exemplos de ambientes, onde o homem tenta recriar o natural com o artificial, e certamente os dispositivos de controle de luz artificial podem ajudar a promover tais semelhanças entre iluminações criadas pela natureza e pelo homem.



Figura 01 - Sol artificial. Olafur Eliasson's Weather Project - Tate Modern, Londres (2003).

(Fonte: Made of Light – The Art of Light and Architecture p.17).

Entre outras, esta é apenas uma das questões que justificam uma necessidade de mais estudos sobre controles artificiais da luz no intuito da sua utilização da forma mais correta e eficiente possível. Sabe-se que o impacto da luz e do Sol no humor e nos impulsos humanos foi registrado antes mesmo dos tempos bíblicos¹².

¹¹ Made of Light, pág.17.

¹² Dr. David Servan-Schreiber – Curar – Capítulo 7 – p.114 – edição 3 - Ed.Sa - 2004.

A luz é fundamental ao homem e sem ela não há vida. A luz é radiação eletromagnética capaz de sensibilizar o olho humano. Os seres humanos que possuem 100% da visão ou algo próximo a isso, são pessoas menos dependentes dos outros sentidos: paladar, audição, tato e olfato, quando comparados a indivíduos que apresentam diferentes estágios de perdas visuais. Isto se deve ao fato de que 80% das informações registradas pelo indivíduo são provenientes da sua visão. Segundo Rosalia Fresteiro¹³: “A iluminação é um elemento conformador dos espaços que segue o determinado por normas quase sempre pensadas para as necessidades de pessoas com visão normal, ou sem problemas de mobilidade”. Certamente para esses indivíduos videntes, maioria no mundo, a iluminação, seja ela natural ou artificial, têm papel fundamental no seu cotidiano.

A luz natural é marcada por sua trajetória durante o dia. Enquanto o planeta Terra gira em torno de si, o Sol trilha um caminho muito bem definido aos olhos do ser humano. Em cada ponto que uma pessoa se encontre, seja no hemisfério Norte ou Sul e a cada estação do ano, sabe-se exatamente o “caminho” que o Sol irá percorrer ao longo do céu. Em cada país ou cidade, os habitantes conhecem, mesmo que intuitivamente, os períodos mais quentes e frios, de maior ou menor luminosidade, de dias mais longos ou curtos, das projeções das sombras ocasionadas por árvores ou edifícios. Tudo isto, revela o quanto à luz natural é importante em nossas vidas.

A iluminação natural deve ser considerada sob muitos aspectos para valorização da arquitetura e serve de partido para que seja feita uma análise do modo e do lugar onde irá penetrar na edificação. A maneira com que um observador visualiza a massa e o volume exterior de um prédio é totalmente influenciado pela quantidade e qualidade da luz natural que o atinge. Os conceitos de dimensão, aberturas, material de superfície, situação, textura e cor da luz tem bastante influência nas decisões de desenho a serem tomadas para fachadas e cortes.

“No space, architecturally, is a space unless it has natural light” Louis Khan

“Nenhum espaço, arquiteturalmente, é um espaço se não tiver a presença da luz natural”.

¹³ Rosalia Holzschuh Fresteiro é Arquiteta e Doutora pela Universidad Politécnica de Madri. Revista Lumière – ed.87 – junho/2005, página 58.

Entretanto, uma relevante questão pode ser apresentada como um desafio a ser solucionado, o controle desta luz. Como controlar essa abundante luz natural em nosso território brasileiro? “Se a arquitetura existe porque o homem a criou para seu refúgio e inter-relação, o arquiteto deve desenhar visando à satisfação dos objetivos e das necessidades humanas”.¹⁴

E os arquitetos possuem um leque de soluções arquiteturais para um devido controle da luz natural com elementos laterais e / ou zenitais. Na arquitetura contemporânea, segundo MEYHOFER (1994)¹⁵, encontra-se instalações como o Instituto do Mundo Árabe de Jean Nouvel, figura 2, com sua fachada mais importante revestida com dispositivos em forma de diafragma que lembram a tapeçaria árabe. Estes elementos têm sua forma controlada eletronicamente, criando diferentes condições de iluminação e oferecendo proteção contra a luz do Sol.

Embora existam pequenas críticas a solução final adotada na fachada deste Instituto Árabe, considerando principalmente os efeitos indesejáveis na biblioteca interna devido à proximidade que esta tem com a própria fachada, essa é apenas uma ilustre referência às inúmeras soluções possíveis para o devido controle da luz natural.

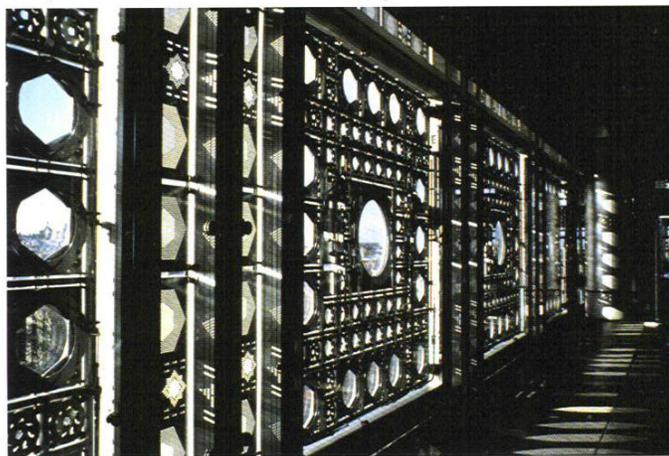


Figura 02 – Instituto do Mundo Árabe – fachada Sul – Paris – França.

(Fonte: Made of Light – The Art of Light and Architecture p.89).

¹⁴ Idem 1, p.59.

¹⁵ MEYHOFER, D.; [1994]. Contemporary european architects. Vol. 2. Benedikt Taschen, Germany.

Contudo, infelizmente não dispomos dessa luz vinte e quatro horas por dia. A figura 3 mostra uma foto do planeta terra tirada por um satélite. A foto mostra claramente que enquanto metade do planeta vive sob a luz natural à outra metade necessita lançar mão da luz artificial para desfrutar do cotidiano da vida moderna. Nesse ponto, evidencia-se uma vez mais, a também necessidade da iluminação artificial tanto de noite quanto durante o dia para suplementar, complementar ou até mesmo substituir temporariamente a luz da natureza.

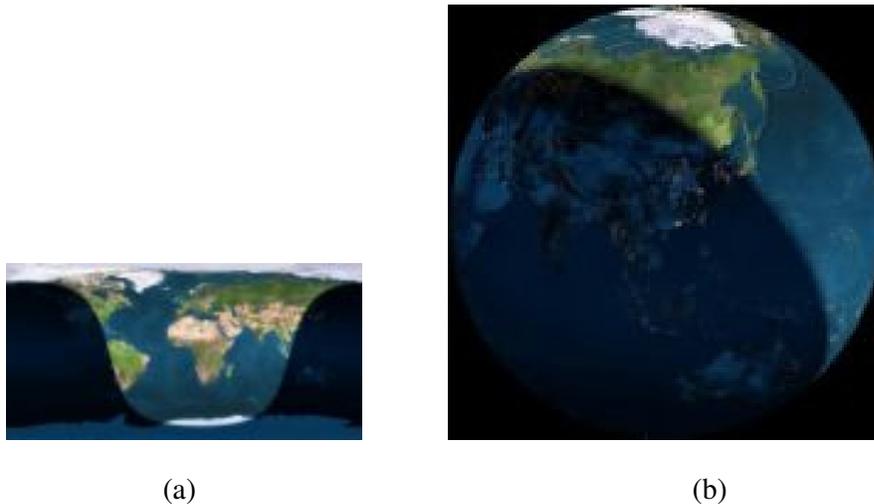


Figura 03 – Planeta Terra visto do espaço. Ilustrando a divisão dia e noite.

(a) mapa aberto; (b) visão do planeta.

(Fonte: Internet. site Yahoo-Cade em 03/06/07).

Neste momento, o controle de iluminação artificial apresenta-se como ferramenta para quem busca “imitar” e desfrutar do prazer advindo da luz natural.

Uma vez interpretado e entendido a expectativa de um usuário sobre determinado ambiente residencial, conhecendo as fontes artificiais de luz, pode-se complementar o projeto de iluminação a fim de controlar a luz desses ambientes, colocando-a em níveis desejados para cada atividade praticada ao longo do dia. Isso cria uma certa semelhança com a mais perfeita das luzes, a luz natural, do Sol, variando sua iluminação suave e lentamente, estabelecendo uma sensação bastante agradável.

A recente descoberta¹⁶ de uma nova célula fotoreceptora no olho humano, estimula o desenvolvimento de diversas pesquisas relacionadas à iluminação de ambientes. O efeito biológico que a luz provoca nos seres humanos ainda precisa ser mais bem compreendido para que as soluções luminotécnicas até hoje utilizadas possam ser avaliadas e melhoradas com a inserção de produtos de iluminação artificial adequados, baseados nos estudos científicos realizados no mundo. Por mais de 150 anos, os cientistas consideraram apenas os cones e os bastonetes como sendo as únicas células fotoreceptoras encontradas no olho humano.

Os cones são fotoreceptores responsáveis pela visão diurna – fotópica, visão das cores, cerca de 7 milhões no interior do olho, onde alguns são sensíveis ao azul, outros ao vermelho e os demais a cor verde. A estimulação combinada destes três grupos é capaz de reproduzir toda gama de cores existente. Os bastonetes, fotoreceptores responsáveis pela visão noturna – escotópica, visão do preto e branco, cerca de 98 milhões, são os mais exigidos durante as noites, pois requerem pouca luz para funcionar.

Em 2002, David Berson et al, da Brown University (USA), detectaram o que passou a ser conhecido como o terceiro tipo de célula fotoreceptora dentro da retina dos mamíferos. Esta célula, denominada de núcleo supraciasmático, age diretamente na glândula pineal, que é um órgão cronobiológico, responsável pela secreção de hormônios como a melatonina, por exemplo. A figura 04 ilustra as conexões entre estas células fotoreceptoras e o cérebro humano.

¹⁶ Berson, D.M., Dunn, F.A., Motoharu Takao; “Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock”, Science, February 8; (2002).

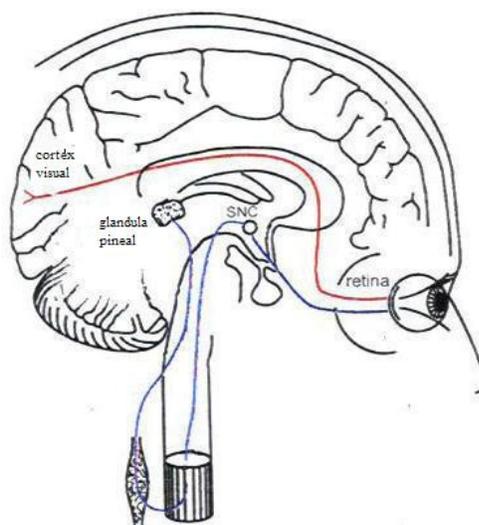


Figura 04 – Em vermelho, ilustração das conexões nervosas entre a retina do olho, aqui representada por seus cones e bastonetes, com o córtex visual (visual córtex) no cérebro. Em azul, ilustração da conexão entre a retina, agora representada pela nova célula fotoreceptora, o núcleo supraquiasmático¹⁷ (SNC) e a glândula pineal (pineal gland), localizados na parte mais central do cérebro.

(Fonte: Van Bommel et al. – artigo: Lighting for work: visual and biological effects).

Existem indicações de que doses apropriadas de variações na iluminação de ambientes exercem efeitos positivos no estado de alerta das pessoas nos ambientes de trabalho¹⁸. Em lugares onde os benefícios advindos da dinâmica presente na luz natural não são suficientemente projetadas ou disponíveis para agregar valor ao ambiente construído, a luz artificial dinâmica apresenta-se como ferramenta que pode trazer algumas vantagens. Visualmente é natural que se utilize a luz somente quando é necessário “ver” alguma coisa. Biologicamente, o tempo e a duração em que a luz estimula o olho humano apresenta-se como regra essencial para controlar o ciclo circadiano. Aspectos qualitativos relativos à luz carregam um forte significado emocional, evidenciado nas diferentes percepções das pessoas quando experimentam diversas atmosferas possíveis em um mesmo ambiente ou espaço.

¹⁷ Em ingles: The suprachiasmatic nucleus (SNC).

¹⁸ Vallenduuk, V., “The effect of variable lighting on mood and performance in an office environment”, graduation report, Eindhoven University of Technology, (1999).

Uma consideração não menos importante é o fato de que as pessoas não dependem somente da quantidade e qualidade ideal de luz para exercerem suas tarefas, mas também das suas próprias habilidades visuais. Isso quer dizer, que nosso próprio olho pode apresentar diferentes tipos de problemas, o que torna singular a percepção individual de cada ambiente. Com respeito a isso, ressalta-se o envelhecimento da lente do olho com a idade do observador.

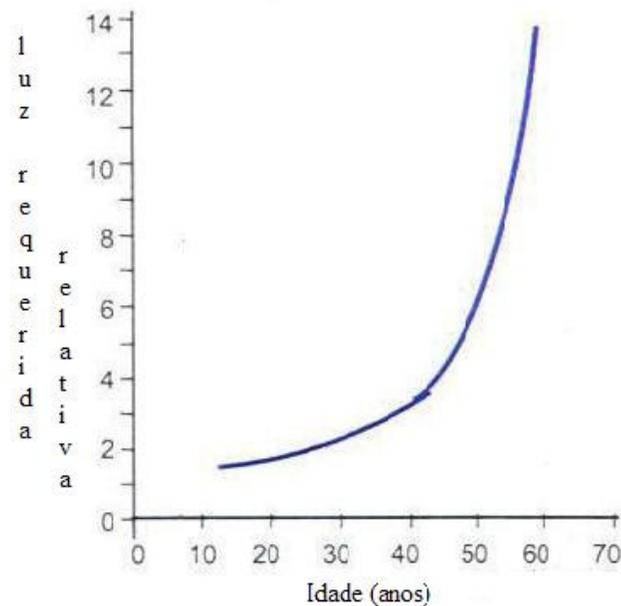


Figura 05 – Relação entre a idade do observador e a quantidade relativa de luz requerida para ler um livro com boa qualidade de impressão. Quanto maior a idade da pessoa maior será a luz requerida para executar a tarefa. Eixo vertical – light requirement (luz requerida); eixo horizontal – age (years) (idade (anos)).

(Fonte: Fortuin; apud Van Bommel – artigo: Lighting for work: visual and biological effects)

Desta forma, a iluminância recomendada para uma pessoa mais jovem comumente será inferior quando comparada à outra mais idosa. No ambiente residencial, as diferenças de idades entre os integrantes da família é bastante comum. Este convívio exige portanto níveis adequados para que todos tenham condições de exercerem suas tarefas com segurança e conforto. A figura 5 mostra a quantidade relativa de luz requerida para uma leitura de um livro de boa qualidade de impressão, em função da idade do indivíduo.

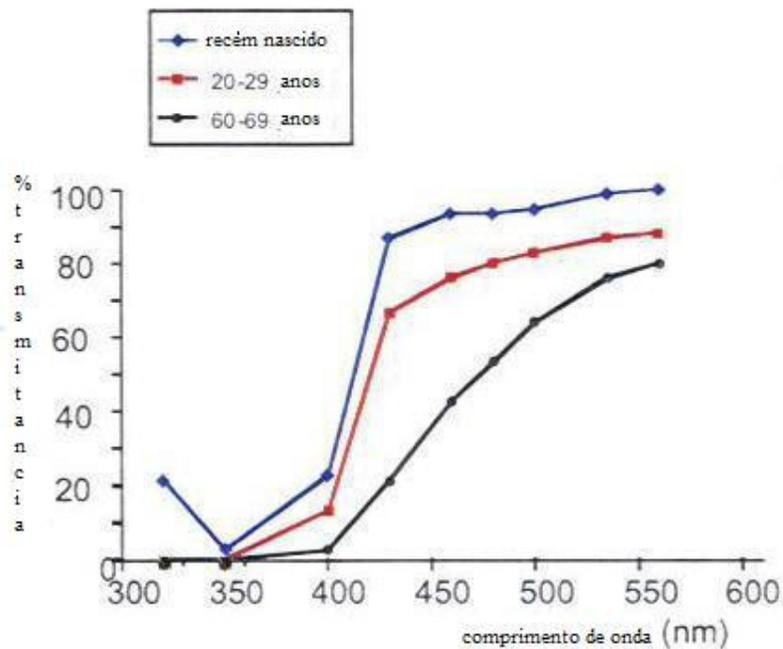


Figura 06 – Transmitância das lentes do olho para três faixas etárias. Valores são expressos como porcentagem no comprimento de onda 560nm para uma criança recém nascida. Curva em azul claro para recém nascido; curva em vermelho para pessoas entre 20 e 29 anos; curva em azul escuro para idosos entre 60 e 69 anos. Eixo horizontal correspondente a comprimentos de onda em nanômetros; eixo vertical correspondente ao percentual de transmitância.

(Fonte: Brainard et al. apud Van Bommel – artigo: Lighting for work: visual and biological effects).

Uma das inúmeras razões para que ocorra este efeito depreciativo em função da idade do individuo é a deterioração na transmissão das lentes dos olhos; estas lentes tornam-se amareladas com o passar do tempo. A figura 6 mostra a transmitância das lentes no olho humano de várias idades. Os valores são expressos como porcentagem para o comprimento de onda de 560nm¹⁹ de uma pessoa recém nascida.

¹⁹ O pico de sensibilidade visual do olho humano para a visão diurna (escotópica) é de 555nm (verde).

Essa deterioração significa que o envelhecimento das lentes provoca uma perda na transmitância da luz que incide nos olhos. Significa também que com seu gradativo amarelamento, cada vez menor serão transmitidos comprimentos de onda mais baixos, como é o caso da cor azul. Equacionar essas diferenças torna-se tarefa difícil e estimulante.

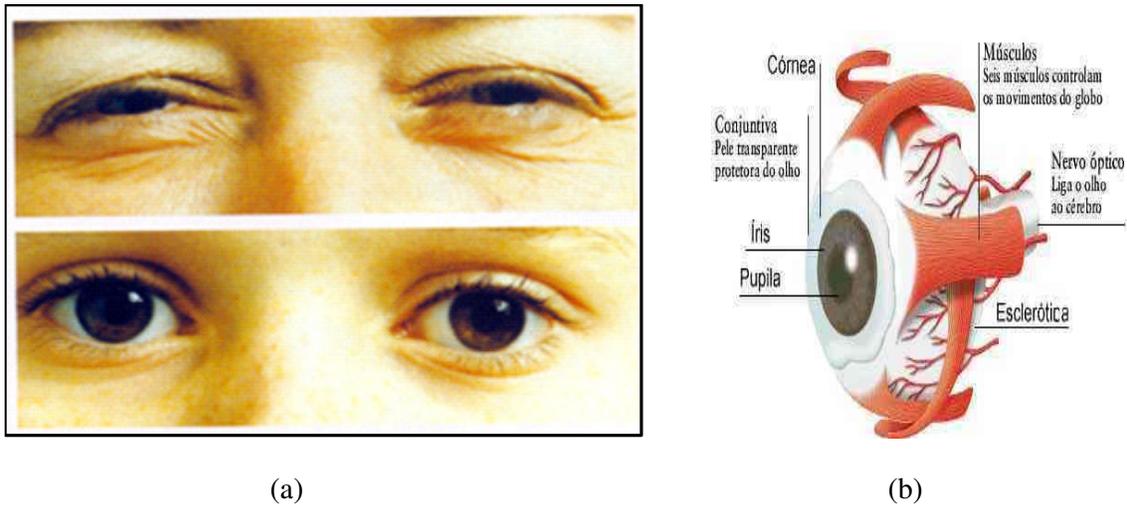


Figura 07 – Foto ilustrativa do olho humano.

(a) olho de um idoso (mais acima) e de um jovem. (b) composição do olho.

(Fonte: Adriano Paiter, FAU, UFRJ).

Outro fator importante na caracterização deste estudo de tese é a preocupação com energia elétrica por parte de governantes e população intensificada nas últimas décadas. A crise de energia elétrica ocorrida em 2001 foi um momento negativo, mas relevante na história porque ajudou de certa forma a manter a sociedade em alerta. O PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, e gerido por uma Secretaria Executiva subordinada a Eletrobrás, tem como objetivo promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais. A atuação do PROCEL durante esse período foi importante e sua principal ação no campo da iluminação foi incentivar a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas integradas.

Antes dessas dificuldades em 2001, dez anos antes (1991), o PROCEL já tivera suas abrangências e responsabilidades ampliadas, momento em que se tornou programa de governo. E durante os últimos anos, este programa também vem premiando vários produtos eficientes no mercado brasileiro estimulando um aprimoramento constante das empresas para produzir e fornecer produtos de melhor qualidade e eficiência a população.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, o crescimento do consumo de energia elétrica é uma constante (entre 3 a 5% a.a.)²⁰. Quando o consumidor conscientemente economiza energia elétrica ele possibilita que outro consumidor possa ser favorecido com esta energia não gasta. Isto ao menos adia que atividades humanas, tal como, construção de uma nova hidroelétrica, interfira na natureza.

Outro fato relevante que incentiva a pesquisa em edificações residenciais é o percentual de 23% de energia elétrica consumida no Brasil neste setor²¹. O consumo de energia elétrica no setor residencial foi o que mais cresceu na última década do milênio, sendo que o consumo total de energia no país quase triplicou entre 1979 e 1997. Por essa razão que especialistas estudam soluções para que o potencial elétrico instalado não fique insuficiente num futuro próximo.

Embora somente 12% do consumo desta energia elétrica em edificações residenciais sejam provenientes do sistema de iluminação, ainda assim o consumo total pode ser diminuído em muito em grande parte das edificações. O engenheiro Isac Roizenblatt²², enfatizou na última festa para entrega de prêmios do selo PROCEL, realizado em dezembro de 2006 na Marina da Glória RJ, que o setor de iluminação foi um dos que mais evoluíram durante o ano e ainda tem muito potencial para melhorar, uma vez que fazendo uso de sistemas mais modernos e eficientes de iluminação recentemente lançados no mercado, ainda é possível atingir reduções com níveis de até 40%. Esse potencial de redução deve ser visto de maneira muito positiva uma vez que a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) divulgou²³ que no primeiro

²⁰ www.eletobras.com. Apresentação. Info sobre o setor elétrico. Acesso 12/01/07.

²¹ LAMBERTS, R. et all. Eficiência Energética na Arquitetura. SP, 1997. p.20.

²² Diretor da Philips do Brasil durante 35 anos. Diretor da Abilux. Consultor em iluminação.

²³ Revista Lumiere, edição 107, marco de 2007, pg.144.

mandato do presidente Luiz Inácio Lula da Silva a tarifa de energia elétrica acumulou alta de 75,34%, ante os 49,5% somados nos anos anteriores.

RELEVÂNCIA E ORIGINALIDADE

A ciência e a arte são indissociáveis na questão lumínica. O romantismo da luz de velas, a tranquilidade de uma luz bem suave no quarto de um bebê, o aconchego da luz controlada em áreas sociais, a luz bem distribuída e intensa para os trabalhos culinários e a iluminação controlada e bem dirigida para destacar objetos de valor, são algumas das inúmeras situações possíveis encontradas na arquitetura residencial. Para iluminar e atender essas expectativas é também necessário estudar e conhecer os diversos produtos de iluminação, entre eles os controles, capazes de ajudar na obtenção desses desejos.

Um projeto de iluminação inadequado pode causar desconforto aos usuários além de fadiga visual, redução de produtividade, ofuscamento velador e por vezes danos físicos devido a acidentes. Por essa razão, deve se buscar máxima excelência ao projetar a iluminação de qualquer ambiente.

YONEMURA (1981) julga como sendo fatores importantes quando se ilumina um espaço: aceitabilidade do usuário e performance do trabalho. Em se tratando de uma afirmativa para o início da década de 80 percebe-se que sua intenção era apenas voltada para atividades laborativas. Todavia, este início de século XXI revela uma tendência cada vez mais forte de pessoas que permanecem por longos períodos dentro de suas próprias residências, utilizando-as para lazer e trabalho. Cada atividade desenvolvida na residência carece certamente de uma quantidade e qualidade de luz adequada.

A dificuldade em se obter iluminâncias ideais para cada atividade, e aceitável para todos os usuários, é ainda mais evidenciada em uma pesquisa realizada por MILLS e BORG (1998) onde compararam os níveis de iluminação recomendados em 19 países e foi constatada uma variação significativa. Entre os países que recomendam níveis de iluminação mais elevados

estão a Bélgica, Japão e o Brasil. Os níveis mais baixos são recomendados na Austrália, China, México e Rússia. O estudo também revela que a sociedade norte americana de iluminação é que apresenta os valores intermediários para maioria dos casos.

Na Alemanha existem duas normas de iluminação, uma com recomendações para iluminação artificial DIN 5035 (1983) e outra para iluminação natural quando integrada à artificial DIN 5034 (1983). É no mínimo interessante perceber que os valores recomendados na DIN 5034 são, em média, 40% menores quando comparados aos níveis exigidos apenas com o sistema artificial de iluminação (DIN 5035).

O Brasil, conforme pesquisa já mencionada, possui um dos mais elevados níveis de iluminação recomendados em Norma. Uma vez que a luz natural está presente praticamente o ano inteiro com níveis elevados, talvez fosse interessante uma revisão das normas nacionais buscando-se uma possível associação com as normas adotadas na Alemanha, respeitando as devidas proporções relativas aos níveis de iluminação natural que são encontrados em território brasileiro.

No mercado brasileiro e em muitos outros países existe uma variedade de lâmpadas disponíveis para iluminação de ambientes e que vem crescendo muito nos últimos anos, possibilitando inúmeras combinações que permitem alterar a percepção visual dos espaços iluminados. Além disso, os controles ou sistemas de controle de iluminação aumentam a gama de produtos que podem ser utilizados por profissionais e usuários da luz.

Segundo FRESTEIRA²⁴ “dada à impossibilidade de encontrar o nível e o tipo de iluminação recomendáveis com caráter geral para todas as pessoas, considera-se como método mais prático dispor de sistemas de regulagem de intensidade ou dimerização, que permitam um controle flexível e auto-ajustável”. O engenheiro Gilberto Costa também menciona em seu livro “Iluminação Econômica” que o olho humano não é uma máquina newtoniana, variando de indivíduo para indivíduo as relações de causa e efeito sob a percepção da luz, sendo,

²⁴ FRESTEIRA, ROSALIA HOLZSCHUH - Revista Lumière – ed.87 – junho/2005, p.59.

portanto, questões muito mais complexas do que as simples definições de fórmulas²⁵ e modelos matemáticos inseridos no contexto lumínico.

Segundo Hopkinson²⁶:

Aquilo que vemos depende não somente da qualidade física da luz ou da cor presente, mas também do estado de nossos olhos na hora da visão e da quantidade de experiência visual da qual temos de lançar mão para nos ajudar em nosso julgamento... Aquilo que vemos depende não só da imagem que é focada na retina, mas da mente que a interpreta.

A arquitetura está classificada dentro das ciências sociais onde os aspectos qualitativos constituem parte fundamental do estudo e tomadas de decisões em prol da qualidade de vida das pessoas em sintonia com a própria natureza. Sob o ponto de vista da qualidade de iluminação no ambiente doméstico, os controles de iluminação poderiam ser utilizados para aumentar a funcionalidade, flexibilidade e a beleza de um ambiente.

O crescimento do uso de sistemas de controle individuais ou automatizados pode ser avaliado nas associações de automação residencial como Aureside²⁷, nas matérias publicadas em revistas especializadas e em conversas informais com profissionais do setor. A singularidade do trabalho de investigação concentrado em dispositivos de controle de iluminação nesta tese de doutoramento consiste na discussão sob a visão da arquitetura de um tema em evidência.

Estudos realizados no final do século XX e início deste século, VEITCH (2000, 2001), estabelecem que a qualidade de um sistema de iluminação está determinada pelo grau de excelência alcançado, no qual se define como um conceito relativo que depende do contexto na qual se desenvolve o projeto de iluminação, incluindo a saúde e o bem estar das pessoas, bem como sua integração com as necessidades arquitetônicas e condições econômicas.

²⁵ COSTA, Gilberto J.C., Iluminação Econômica, p.20.

²⁶ HOPKINSON, R.G. & KAY, L.D. The light of building, ed. Faber and Faber Ltd, London, 1969; apud Curso de Iluminação Osram: Conceitos e Projetos, material impresso dezembro de 2006.

²⁷ Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside).

Do ponto de vista energético o setor residencial possui importância média. Entretanto, do ponto de vista social, o consumo de energia elétrica em residências é da maior relevância já que energia é condição indispensável para se desfrutar das comodidades essenciais da vida moderna.

Existem várias situações tanto no ambiente residencial, quanto em outros ambientes, onde a luz artificial é usada em variadas circunstâncias e o controle da sua intensidade é positiva, uma vez que inúmeros parâmetros podem variar, tais como: a contribuição da luz natural no ambiente; a atividade na área iluminada pode mudar; a atividade em si pode requerer condições de iluminação diferentes. Atualmente, nota-se que ao menos os especialistas em iluminação entendem o papel do controle de iluminação, e são especialmente cuidadosos para especificar os melhores sistemas que devem ser práticos, intuitivos, e com interfaces amigáveis para serem mais bem utilizados pelo consumidor final.

A qualidade indispensável presente na luz natural não deve ser negligenciada. A luz está mudando constantemente do alvorecer ao anoitecer criando uma variedade infinita de movimento e efeito. Intensidade, foco e direção da luz modificam-se criando contrastes, texturas e cores diferentes durante o dia. É natural que o ser humano caminhe em busca de reproduzir artificialmente todo esse movimento harmonioso da natureza.

Ao arquiteto cabe a concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes, logrando com essa postura o conforto dos usuários e o uso racional de energia. Uma abordagem acadêmica dos assuntos referentes ao uso de dispositivos de controles de iluminação no ambiente residencial, permeia a multidisciplinaridade que um profissional de arquitetura deve prover para realização de projetos arquitetônicos. Especialidades como materiais, estrutura, obra, instalações de água quente, ar condicionado, eletricidade e iluminação, devem ser conhecidos ao menos em um nível básico para permitir uma melhor integração.

Perfaz algum tempo que a iluminação artificial se tornou indispensável, sobretudo no período noturno, e parte do cotidiano dos seres humanos. No mundo moderno deste início de século

XXI pode-se dizer que são poucas as atividades que ocorrem sem sua presença. Enquanto existem vários livros, dissertações e teses sobre luz ou iluminação, poucos são os que cobrem o assunto controle de iluminação. Em termos gerais, pode-se dizer que estes dispositivos ainda são vistos e utilizados sob uma perspectiva limitada. Diante deste cenário justifica-se mostrar todo este estudo aqui proposto sobre a utilização de dispositivos de controle de iluminação no ambiente residencial, visando não somente conservação de energia elétrica, mas também dar flexibilidade e versatilidade de uso aos espaços, valorizando a estética dos ambientes arquitetônicos e promovendo maior conforto ao ser humano.

Diante da ousadia de se trabalhar com informações relativamente novas para o tema iluminação, em ambientes residenciais que abrigam pessoas com diferentes faixas etárias e tipos de atividades, justifica-se uma investigação dos benefícios do uso de dispositivos de controle. Estes dispositivos são ferramentas que auxiliam na solução lumínica de uma residência e atendem tanto ao trabalho quanto ao lazer, proporcionando maior conforto ao ser humano.

A relevância e a originalidade desta tese ultrapassa o conceito de eficiência energética e as questões quantitativas diretamente relacionadas ao tema, pois através do uso de controles de iluminação estes benefícios podem ser ampliados aos aspectos qualitativos, tais como: flexibilidade, versatilidade e plasticidade dos espaços.

OBJETIVOS

O objetivo principal desta tese de doutoramento é avaliar os benefícios que podem ser obtidos ao utilizar dispositivos de controle de fontes artificiais de luz em projetos de iluminação no ambiente residencial, tais como: conforto visual, segurança, eficiência energética, flexibilidade e versatilidade das instalações. Nesse contexto, se pretende avaliar se estes benefícios influenciam para uma valorização da arquitetura bem como contribuem para o bem estar do ser humano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Contribuir para discussão sobre esta possibilidade de se promover conforto visual e economia de energia nos ambientes residenciais por meio do uso de dispositivos de controle de iluminação artificial;
- Fomentar a pesquisa acadêmica multidisciplinar sobre o tema iluminação especialmente nas áreas de conhecimento da arquitetura e da engenharia;
- Discutir sobre a necessidade do conhecimento sobre iluminação por arquitetos e outros profissionais uma vez que a luz é um elemento conformador na Arquitetura;
- Comparar e confrontar as diferenças existentes nas características técnicas dos diversos dispositivos de controle de iluminação dos principais fabricantes, do produto em si e destes inseridos no ambiente luminoso;
- Avaliar o potencial de redução do consumo de energia elétrica através do uso de *dimmers* nos circuitos de iluminação residencial;

METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento da tese inicia-se por uma pesquisa bibliográfica e desenvolve-se através de três principais ações, a saber:

- Realização de experiências práticas com medições;
- Questionários para usuários e projetistas de iluminação;
- Entrevista com usuários e projetistas de iluminação;

Ao desenvolver a introdução e os capítulos referentes aos dispositivos de controles de iluminação artificial foi adotado o método de pesquisa bibliográfica interdisciplinar, aprofundada basicamente nas áreas do conhecimento de engenharia e arquitetura. Nesta pesquisa, foram retiradas e destacadas algumas partes cujo conteúdo julga-se importante para o desenvolvimento do tema em questão. A maior parte das informações foram obtidas em

livros existentes sobre o assunto ligados as duas áreas do conhecimento já citadas. Também foram consultados dissertações, teses, artigos, textos em revistas especializadas, internet, catálogos e folhetos técnicos de fabricantes. O conjunto de informações obtido através da pesquisa bibliográfica serviu como base teórica para apoio e discussão em relação às informações apuradas por meio de entrevistas e questionários com usuários e projetistas de iluminação.

Foi desenvolvida uma experiência com medições envolvendo o uso dos *dimmers*, para efeito de comparação e avaliação do potencial nível de redução do consumo de energia elétrica com iluminação através deste dispositivo. Curiosamente, durante o decorrer das pesquisas sobre este percentual de redução de consumo, somente foram encontradas tabelas originadas pelos próprios fabricantes dos produtos, não encontrando nenhuma tabela produzida por órgãos independentes que pudessem corroborar ou não com os números divulgados pelos produtores. Desta forma, foram realizadas algumas medições que estão divulgadas no terceiro capítulo da tese. O método consistiu na realização de uma experiência onde seis lâmpadas incandescentes halógenas dicróicas são colocadas em um circuito elétrico comandado por um *dimmer*. Ao variar a intensidade luminosa das lâmpadas, mede-se a energia consumida no circuito para cada nível de iluminação pré-estabelecido. A partir desses dados pode-se comparar com os valores apresentados pelos fabricantes em seus catálogos ou folhetos explicativos.

Com o apoio do Cepel, alguns gráficos obtidos experimentalmente nos ensaios do laboratório de iluminação, foram utilizados nesta tese a fim de mostrar visualmente alguns conceitos e dar sustentação para algumas discussões em relação ao uso de determinados tipos de lâmpadas e seus respectivos controles no ambiente residencial.

A pesquisa descritiva norteou este trabalho, tendo por base a abordagem qualitativa. Ressalta-se que uma pesquisa bibliográfica deve preceder qualquer atividade de pesquisa, tanto para diagnosticar a situação existente como para fundamentar teoricamente ou ainda justificar os limites e contribuições da própria pesquisa. A pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos sem manipulá-los (Rudio, 1992; Trivinos, 1992). Este tipo de pesquisa pretende descrever “com exatidão” os fatos e fenômenos de determinada realidade. Este ainda admite várias formas, tais como estudos exploratórios, estudos

descritivos, pesquisa de opinião, pesquisa histórica, estudos de caso, pesquisa documental, estudos causais comparativos, experimentos e histórias (Cervo e Bervian, 1983; Rudio, 1992; Trivinos, 1992; Yin, 1990).

A abordagem indutiva, e indicada para situações ambientais, teve sua parcela de contribuição ao longo da tese uma vez que esta abordagem busca compreender os múltiplos inter-relacionamentos entre as dimensões que surgem dos dados sem fazer suposições à *priori* sobre tais relações.

Evidentemente que o planejamento faz e deverá sempre fazer parte do desenvolvimento de uma pesquisa científica, mas, sobretudo os caminhos também devem ser abertos caracterizando-se na observação científica de exploração e descoberta.

Um questionário contendo perguntas sobre o conhecimento e a utilização de controles de iluminação no ambiente residencial destinado a arquitetos, engenheiros, *lighting designers* e usuários finais foi aplicado para obtenção do grau de conhecimento desses usuários sobre controles, bem como sua utilização em suas próprias residências, correlacionando a dados pessoais, tais como: faixa etária, classe social e sexo. Os resultados também são apresentados no terceiro capítulo. Entendendo que o assunto é relativamente novo para os profissionais do setor, este questionário também tem o objetivo de verificar este pré-julgamento.

ESTRUTURA DA TESE

A tese de doutoramento, inserido na linha de pesquisa Luz e Espaço, está dividido em 5 capítulos conforme descrição a seguir.

O primeiro capítulo traz uma abordagem sobre o estado da arte dos projetos de iluminação para o setor residencial. As opiniões de renomados profissionais do setor enriquecem a discussão do tema. Além disso, dentro do conteúdo deste capítulo tenta-se separar as fases

existentes entre luminotécnica e o projeto de iluminação, buscando conceituar de forma distinta as diferentes razões para utilização da luz artificial.

O segundo capítulo aborda os Dispositivos de Controle de Iluminação. Seu desenvolvimento consiste em enumerar, classificar e definir os principais dispositivos de controle de iluminação encontrados no mercado brasileiro. Foram pesquisadas normas técnicas, livros e revistas especializadas sobre o tema.

Dos cinco grandes grupos de produtos integrantes de um sistema de iluminação, um desses grupos é composto por uma série de equipamentos indispensáveis ao correto funcionamento da fonte artificial de luz. Trata-se dos equipamentos auxiliares, como reatores e transformadores, que são ligados entre a rede de energia elétrica e a lâmpada. Todos esses equipamentos possuem características elétricas que por vezes são incompatíveis com o dispositivo de controle para iluminação. Outras vezes, não chega a ocorrer incompatibilidade entre os equipamentos, mas poderá haver algumas implicações negativas ao perfeito funcionamento das lâmpadas devendo o projetista advertir aos usuários para o seu correto uso. Desta forma, antes de descrever os dispositivos de controle propriamente ditos, uma breve introdução é apresentada no intuito de esclarecer alguns pontos referentes a esta necessidade de compatibilidade entre dispositivos de controle e equipamentos auxiliares.

O terceiro capítulo teve seu foco desenvolvido na busca de informações sobre o potencial de redução do consumo de energia elétrica com iluminação através da utilização de dispositivos de controles artificiais de luz. No caso do *dimmer*, apontado como o segundo maior dispositivo de controle da iluminação utilizada em residências²⁸, foram realizadas medições para apurar o efetivo percentual de redução de consumo. Pesquisas preliminares em livros específicos sobre iluminação mostraram que os dispositivos de controle ajudam na redução do consumo, mas os percentuais de redução geralmente são dados fornecidos apenas nos catálogos dos fabricantes. É natural acreditar que os dados divulgados por fabricantes ao público em geral, disponibilizados em catálogos ou folhetos explicativos, estejam em conformidade com a realidade, uma vez que a *priori*, todas as empresas devem ser consideradas idôneas. Entretanto, medições realizadas por instituições conceituadas e

²⁸ Foi o que revelou o resultado obtido através do questionário desta tese.

imparciais podem corroborar ou não com os dados apresentados pelas diversas empresas do setor.

O capítulo ainda traz o resultado obtido através de questionário desenvolvido para obter o grau de conhecimento e utilização dos diversos dispositivos de controle no ambiente residencial. Também foi desenvolvido um estudo comparativo entre a opção que o consumidor tem em trocar uma lâmpada incandescente por fluorescente compacta ou inserir um *dimmer* no circuito das incandescentes.

No quarto capítulo são indicadas algumas recomendações para utilização de controles artificiais de luz em vários ambientes encontrados em uma residência. Na realidade, este capítulo pode ser considerado como a interface entre o produto em si e sua aplicação na Arquitetura. É a criação do ambiente luminoso que abriga seus usuários. Áreas externas e internas podem receber controles específicos visando obter benefícios para essas pessoas. A integração da luz artificial com a natural ou a integração da luz artificial com os sistemas de ar condicionado e áudio também são possibilidades de projeto. Caberá aos projetistas avaliar quais são as necessidades reais para obtenção da “casa inteligente”, concebendo seus espaços, para abrigar da melhor maneira possível residentes e visitantes, especificando de modo conveniente ao propósito a que se destina, em meio à diversidade de produtos existentes face ao constante avanço tecnológico.

O quinto capítulo apresenta uma aplicação do controle de iluminação artificial em um caso real. Foi desenvolvida uma nova solução lumínica para os ambientes de sala de estar, jantar e TV da residência da família Gorenstein, situada a rua Sorocaba no bairro de Botafogo – Rio de Janeiro. O projeto foi desenvolvido com intuito de permitir maior flexibilidade e versatilidade de uso a estes espaços sociais da residência. Interruptores simples e paralelos, *dimmers* deslizantes e digitais foram contemplados na lista de controles que compõem o novo sistema de controle destes ambientes.

Para finalizar estão formalizadas as considerações finais bem como as recomendações para possíveis trabalhos futuros sobre o tema em questão, uma vez que o assunto é vasto e passível

de inúmeras novas descobertas de interesse do público em geral, agregando-se informações a fim de aumentar as ferramentas de trabalho dos profissionais do setor.

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

Tradicionalmente a iluminação foi um ramo da engenharia em que engenheiros adotavam modelos matemáticos a partir de experimentos empíricos para buscar soluções luminotécnicas. Os primeiros projetos de iluminação tenderam unicamente a iluminar ambientes de maneira eficiente e econômica, baseados fundamentalmente em medições físicas e fotométricas, deixando em segundo plano a questão emocional que também é proporcionada pela luz. Só recentemente é que o *lighting designer* está aprendendo a considerar os efeitos psicológicos (fatores humanos) em conjunto com os tradicionais níveis de iluminação e distribuição de luminância sobre as áreas de interesse. Dessa forma, os recentes especialistas em iluminação estão cada vez mais focando os interesses de seus trabalhos nestes aspectos subjetivos²⁹, buscando promover a qualidade da iluminação em seu caráter mais global.

A iluminação cênica, tendência mundial da atualidade, originária fundamentalmente dos palcos teatrais, insinua um movimento gradativo para contemplar também a arquitetura residencial. Elementos inusitados até então no ambiente residencial são utilizados para promover dinamismo e dramaticidade, criando cenários variados em face da multiplicidade de atividades exercidas nos lares. Variação de cor, movimento e intensidade, fazem com que as luzes “modifiquem” os ambientes, exercendo mudanças no estado comportamental do ser humano.

Para embasamento e enriquecimento dos capítulos desenvolvidos nesta pesquisa em relação aos dispositivos de controle da iluminação artificial foram destacados quatro livros como referência, sendo dois destes nacionais e outros dois internacionais. Os primeiros são da área de conhecimento da engenharia denominados “Iluminação Elétrica” de Vinícius de Araújo

²⁹ Tese de Doutorado em Andamento – “La Cultura de la Luz en los Ambientes de Oficinas” – MARIANA LIMA – Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona, Espanha.

Moreira e “*Lighting Control – technology and applications*” de Robert S. Simpson. Os outros dois livros um pouco mais importantes que os primeiros no que concerne ao desenvolvimento específico desta tese em Arquitetura na área de Luz e Espaço, são: “*Made of Light – The Art of Light and Architecture* de Major et al., e também o livro “Eficiência Energética na Arquitetura” de Lamberts et al., porque fazem uma boa ligação entre luz e arquitetura especificamente.

Como caracterização do estudo multidisciplinar que envolve os diversos temas relacionados à iluminação faz-se menção ao livro “Iluminação Econômica” de Gilberto José Correa da Costa³⁰ onde apresenta que num sistema de iluminação convivem dois ramos da ciência que se completam: o primeiro está ligado com a produção da luz enquanto o segundo está relacionado com a utilização da luz. Produzir a luz é mais simples e está diretamente associado com os artefatos luminosos produzidos pelo mercado (sendo as lâmpadas, luminárias, acessórios, controles, equipamentos auxiliares, entre outros), enquanto que utilizar a luz é tarefa bem mais complexa, envolvendo o todo, ou seja, o homem e sua visualização no ambiente que o cerca.

Finalmente, um dos principais livros de referência em iluminação para muitos especialistas no assunto é o *Lighting Handbook – Reference & Application* da Sociedade Norte-Americana dos Engenheiros de Iluminação (IESNA³¹). Este livro está em sua nona edição e se apresenta como uma abundante e fértil fonte de consulta para muitas pesquisas.

Através de contatos pessoais com os principais profissionais brasileiros ligados ao mundo da iluminação, atribuiu-se aos seguintes fabricantes de equipamentos de controle para iluminação como sendo os de maior penetração no mercado nacional: Lutron, Pial Legrand, Prime e Alumbra. Contudo, serão pesquisados muitos outros fabricantes, uma vez que, sem um julgamento mais aprofundado, os citados neste trabalho não podem ser considerados nem melhores nem piores que os demais.

³⁰ Págs.19-20, Edipucri.

³¹ IESNA - Illuminating Engineering Society of North America.

Embora uma tese de doutoramento tenha estritamente um carácter científico e inovador, foi necessário mencionar algumas vezes produtos e fabricantes pelo seu próprio nome, e estes devem ser considerados apenas como exemplos. Desta maneira, assegura-se também que a tese possa ser de uso prático para muitos leitores. Contudo, a inclusão ou omissão de produtos de alguma companhia em particular não implica nenhum endosso ou julgamento de valor por parte do autor da tese durante todo seu desenvolvimento.

CAPÍTULO 1 - PROJETOS DE ILUMINAÇÃO - ESTADO DA ARTE.

1.1 O ESTADO DA ARTE

Este capítulo tem por objetivo mostrar o estado da arte em projetos de iluminação neste início de século XXI, preocupando-se em vincular os assuntos aqui abordados com o tema proposto nesta pesquisa, que são os dispositivos de controle da iluminação artificial para comandar a luz nos diferentes ambientes residenciais.

Diante do desafio de escrever sobre este assunto, procurou-se escolher algumas pessoas consideradas importantes nos meios acadêmico e profissional, nesta área de iluminação, dentro do cenário brasileiro, para colher seus depoimentos. Norteados por este pensamento foram escolhidas três pessoas, sendo, um engenheiro civil e eletricitista, Sr. Milton Martins Ferreira, e dois arquitetos, José Luiz Galvão e Esther Stiller, cujos currículos encontram-se no anexo II exibido ao final da tese.

Seus currículos e experiências vividas dentro dos cenários nacional e mundial no campo da iluminação apresentados nos anexos justificam a escolha destes três ilustres personagens da área para discorrer sobre o assunto proposto neste capítulo. No entanto, outros profissionais também estão aptos a dar contribuições significativas e mereceram destaque no transcorrer da pesquisa.

Engenheiro Milton Ferreira (luminotécnica x *lighting design*)

Ao conversar com o Sr. Milton foi possível perceber que existe uma inquietação da parte dele ao tentar desfazer uma confusão instalada no setor quanto ao emprego correto das palavras luminotécnica e *lighting design*. Presume-se que a interpretação mais lúcida do engenheiro Milton sobre luminotécnica é quando ele enfatiza que esta é a arte de fazer uso dos conceitos consagrados no contexto lumínico, baseados nos princípios físicos da óptica e no desenvolvimento e aplicação dos produtos, adequando-os aos projetos, visando atender de

modo satisfatório as expectativas dos usuários, inseridas dentro do contexto ao fim a que se destinam.

Como exemplo sobre o objetivo de projeto, lembra o Sr. Milton de duas situações de iluminação bastante conhecidas pelos cariocas, a Ponte Rio-Niterói e a Baía da Guanabara. Milhares de pessoas que chegam ao Rio de Janeiro de avião à noite, antes de aterrizar no aeroporto Santos Dumont, podem perceber que não ocorre a poluição luminosa³² na iluminação da ponte. A rodovia parece muito clara e só não dá a impressão que é auto iluminada porque além de obviamente saber-se que a luz é proveniente das lâmpadas instaladas em postes, estas fontes artificiais de luz podem ser percebidas pelo reflexo na água. Entretanto, o segundo exemplo, não deveria ser passível da acusação de uma iluminação incorreta. A iluminação que contorna a Baía de Guanabara possui um objetivo de embelezamento da cidade e o "vazamento" de luz para o hemisfério superior já foi correlacionado como um "colar de pérolas" na visão de muitos turistas que tiveram o privilégio de apreciá-la do alto do morro do Pão de Açúcar.

Se a luminotécnica pode ser entendida sob esta visão do engenheiro Milton, levanta-se uma questão polêmica de que o projeto de iluminação seria apenas uma parte constituinte da própria luminotécnica. Todavia, o projeto de iluminação poderia ser considerado como período mais importante de todo esse extenso trabalho que utiliza a luminotécnica como ferramenta. A primeira fase da luminotécnica é caracterizada pela fase anterior ao projeto de iluminação onde são disponibilizadas ferramentas técnicas, tais como: métodos de cálculo, desenvolvimentos de produtos (luminárias, fontes de luz, equipamentos auxiliares, dispositivos de controle). De posse disso, o projetista de iluminação irá tentar atender as expectativas dos usuários dentro do contexto lumínico e da arquitetura ambiental. É a fase da concepção do projeto, da idéia, de construir o objetivo a ser alcançado. A partir desse ponto, o projetista irá avaliar qual será o melhor método a ser utilizado em função do fim a que se destina e, posteriormente, irá realizar os cálculos bem como especificar os produtos mais apropriados à situação. Uma vez terminada esta etapa, caracterizada como projeto de iluminação, mais uma vez recorrer-se-á a luminotécnica por meio de medições que servirão de realimentação de todo esse processo. Quando o projeto estiver dado como pronto, cuidados

³² Poluição luminosa - termo geralmente utilizado para descrever o desperdício da luz emitida para o hemisfério superior de luminárias instaladas ao ar livre.

também serão desprendidos na manutenção dos equipamentos para não descaracterizar aleatoriamente ao longo do tempo, a original concepção do projeto.

Portanto, o "*lighting design*" ou os projetos de iluminação utilizam a luminotécnica [(antes - cálculo e produtos), (durante - instalação) e (depois - manutenção)] para garantir seu desempenho e sua qualidade.

Historicamente, o Sr. Milton lembra que na década de 20 teve o surgimento desta nova área de atividades, designada naquela época de "*Lighting Engineering*", proporcionando novas oportunidades aos engenheiros e arquitetos³³. Já nesta época, percebia-se que nas aplicações de interiores à iluminação tinha um papel muito maior do que sua função até então meramente iluminadora. Esta iluminação poderia ser incorporada à Arquitetura, exercendo uma função estética que quando bem projetada, poderia valorizar o ambiente, contribuindo para uma prazerosa sensação de bem estar e conforto.

Dessa forma, é que surgiu na década de trinta o conceito de "Arquitetura da Luz" e a figura do "*Lighting Designer*", profissional que buscava associar naquele momento a sua experiência técnica ao gosto estético, e aproveitando-se de seu conhecimento, experiência e sensibilidade, criava ambientes mais aconchegantes ou vibrantes, provocava sensações e emoções diversas, e ainda proporcionava versatilidade aos ambientes.

O Sr. Milton Ferreira justifica a importância deste marco histórico ocorrido nos anos 30 com o seguinte depoimento: “O Brasil soube marcar sua presença nessa época de florescimento das aplicações de iluminação, muito embora este fato histórico digno de registro, seja pouco conhecido em nosso país” (informação verbal).

Também como destaque, fato relevante da história da iluminação no Brasil, foi a fundação do "*Lighting Service Bureau*" (LSB), no Rio de Janeiro em 1927, contando com a parceria da GE e do grupo Light – Rio de Janeiro e São Paulo, onde foram responsáveis por inúmeros cursos e treinamentos sobre iluminação naquele período. Por iniciativa do LSB, criou-se o Instituto Brasileiro de Iluminação em 1928, que segundo o engenheiro Milton, foi nesta instituição que pela primeira vez, passou a se utilizar à expressão "luminotécnica" em substituição ao tradicional termo daquela época "*lighting engineering*". A palavra luminotécnica não existe

³³ Os arquitetos na década de 20 eram vinculados à engenharia.

em inglês ou francês. Sabe-se que na mesma época, um pouco antes ou depois, os argentinos também passaram a utilizar a palavra "*luminotecnia*".

Desde a extinção do LSB em 1935 diversos fatores estimularam uma grande seqüência de mudanças no mundo luminotécnico dentro do nosso país. Destacam-se a presença de outras grandes empresas multinacionais³⁴, a fabricação nacional de luminárias por respeitadas empresas, assim como a introdução de inúmeros novos modelos de lâmpadas halógenas, fluorescentes e de descarga elétrica. Ressalta-se também que a crise do petróleo (1973) passou a exigir um maior controle no consumo de energia influenciando entre outras atividades, a iluminação de ambientes. Por fim, as recentes leis de proteção ambiental e as mudanças de atitude e comportamento do usuário, influenciaram nas novas propostas de projetos de iluminação na busca de maiores benefícios ao ser humano e uma melhor integração com a Arquitetura.

Talvez em função de todos os fatores descritos anteriormente, é que esteja ocorrendo um movimento de translação profissional no tratamento da iluminação de ambientes internos e externos. Essa responsabilidade foi confiada a engenheiros eletricitas até o final da década de setenta e começou a ser transferida lentamente aos arquitetos.

Esta mudança vem a enriquecer as novas soluções lumínicas, baseando-se na melhor integração da iluminação à arquitetura. Foi a partir desse momento que se iniciou a consolidação da figura do projetista de iluminação, profissão que se fundamenta na premissa de se ter conhecimentos técnicos de engenharia e arquitetura, associados à ética, ao bom senso estético e ao conhecimento comportamental da sociedade onde somos parte integrante.

De um modo geral, a maioria dos profissionais consagrados no setor e mais expostos a mídia especializada, são autodidatas e sempre buscaram conhecimentos por meio de cursos esporádicos, seminários, publicações, revistas, feiras e viagens pelo Brasil e exterior. Por outro lado, as universidades também começam gradativamente a despertar cada vez mais para o estudo e pesquisa de um interesse que sempre esteve presente na consciência de mestres e doutores em engenharia e arquitetura. Haverá então cursos adequados e completos sob o ponto de vista teórico e prático para aperfeiçoamento dessa atividade que até agora esteve

³⁴ Destacando-se: Philips, Osram e Sylvania.

fundamentado majoritariamente no esforço, dedicação e coragem de alguns profissionais entusiastas.

Esther Stiller e José Luiz Galvão (depoimentos)

Na busca de uma associação de toda esta narrativa anterior com o tema proposto nesta tese de doutorado, remeti aos arquitetos José Luiz Galvão e Esther Stiller duas perguntas. A primeira: Qual a importância dos controles de iluminação artificial nos projetos de iluminação para residências? A resposta rápida e objetiva do arquiteto foi ao encontro de minhas expectativas. Na visão dele, na atual abordagem dos projetos de iluminação, a utilização de controles é fundamental. Além da criação de cenários, mesmo com a diversidade de tipos dos dispositivos de controle atualmente, é possível evitar-se a poluição visual que várias caixas e placas de interruptores criam nas paredes. Apesar de favorável à sua utilização, o professor Galvão é contra a idéia de usar apenas porque existe, sendo preciso evitar os excessos quanto ao uso dos avanços tecnológicos. Entretanto, ele fomenta a utilização destes produtos com a seguinte frase:

Face à **multiplicidade** atual de sistemas de iluminação para o mesmo ambiente, torna-se necessário "**equacionar**" seus acionamentos, desligamentos, dimerizações, temporizações, sem criar-se com isso um pesadelo para os usuários deste ambiente. (grifo nosso)



Figura 08 – Desenho ilustrativo mostrando um momento de indecisão do usuário quanto ao uso do controle mais apropriado. O usuário olhando para o interruptor e o *dimmer* instalados na parede. (Fonte: Course of Fundamentals of Automated Lighting Controls – Lightfair 2006).

A profissional Esther Stiller inicia a resposta desta mesma pergunta dizendo que tem conceitos bem definidos em relação aos sistemas de iluminação artificial que iluminam os ambientes construídos pelo homem, e todas essas suas considerações, dentro desse tema, fazem parte desse conjunto de conceitos, a saber:

O **conforto visual** – que atende à porção **fisiológica** do ser humano (**visão**) – é fundamental para que as impressões psicológicas que os usuários venham a ter de um ambiente, a partir da iluminação artificial do mesmo, sejam adequadas às suas expectativas e venham a atender os aspectos emocionais dessas pessoas.

Para que os **aspectos emocionais** dos usuários sejam atendidos, é preciso conferir aos ambientes iluminados artificialmente o **significado psicológico / emocional** que esses usuários esperam ter do ambiente. Isso quer dizer que as cores (tons e saturação), as formas (modelagem, dramaticidade) e o brilho (luminosidade, intensidade) do espaço iluminado deverão transmitir impressões assemelhadas àquelas que a luz da Natureza nos oferece, em condições parecidas com o ambiente iluminado artificialmente. Assim, se vamos fazer exercícios físicos, as cores (a luz, portanto), as formas e o brilho da luz artificial deveriam se assemelhar à luz clara, branca, intensa e regular do dia na sua hora de maior atividade, no seu início, até ao meio-dia. Se pretendermos relaxar com os amigos ao final da jornada de trabalho, as cores (luz), formas e o brilho da luz artificial deveriam se coadunar com as tonalidades, a saturação e o brilho da luz no final da tarde, que representa a divisão entre o período produtivo do dia e o repouso merecido após um estafante dia de trabalho. Luz branca, clara, tonalidades azuis, verdes, cian e grande intensidade luminosa na situação dos exercícios físicos; luz morna, amarelada, alaranjada, saturação média e brilho discreto para o encontro com amigos, no final da tarde.

Pode-se dizer, em última análise, que a luz e as cores da natureza são uma referência para a adoção das cores, formas e brilho que daremos ao ambiente iluminado artificialmente, baseando-nos em nosso arquivo emocional, que nos fornece as impressões psicológicas que acumulamos durante a vida, a partir das nossas experiências diárias. Luz dramática, formas exacerbadas: idem à luz contrastante do céu escuro e dos raios marcantes do Sol atravessando as nuvens. Os ambientes excessivamente dramáticos são adequados (não esquecendo que a visão humana adora contrastes!) para locais de permanência efêmera (galerias, festas, jardins

contemplativos, etc), mas resultam ameaçadores (como a véspera do temporal) quando adotados em salas de estar ou de TV de uma residência, cujo uso é permanente e diário.



Figura 09 – Foto ilustrativa do significado ameaçador de um temporal.
Okeechobee Florida EUA. (1991) Fred K. Smith.
(Fonte: Esther Stiller).

Se a luz da Natureza é uma excelente referência para a adoção do significado emocional correto do ambiente iluminado artificialmente, é válido também lembrar das duas mais importantes características da luz da Natureza: Harmonia e Diversidade.

Harmonia: a combinação perfeita de tons, saturação e luminosidade das cores, e a demonstração rica e permanente das formas. Diversidade: a variação diária e sazonal dos tons e intensidade, a diferenciação das formas pela variação dos contrastes e da difusão da luz natural, conforme as condições meteorológicas.

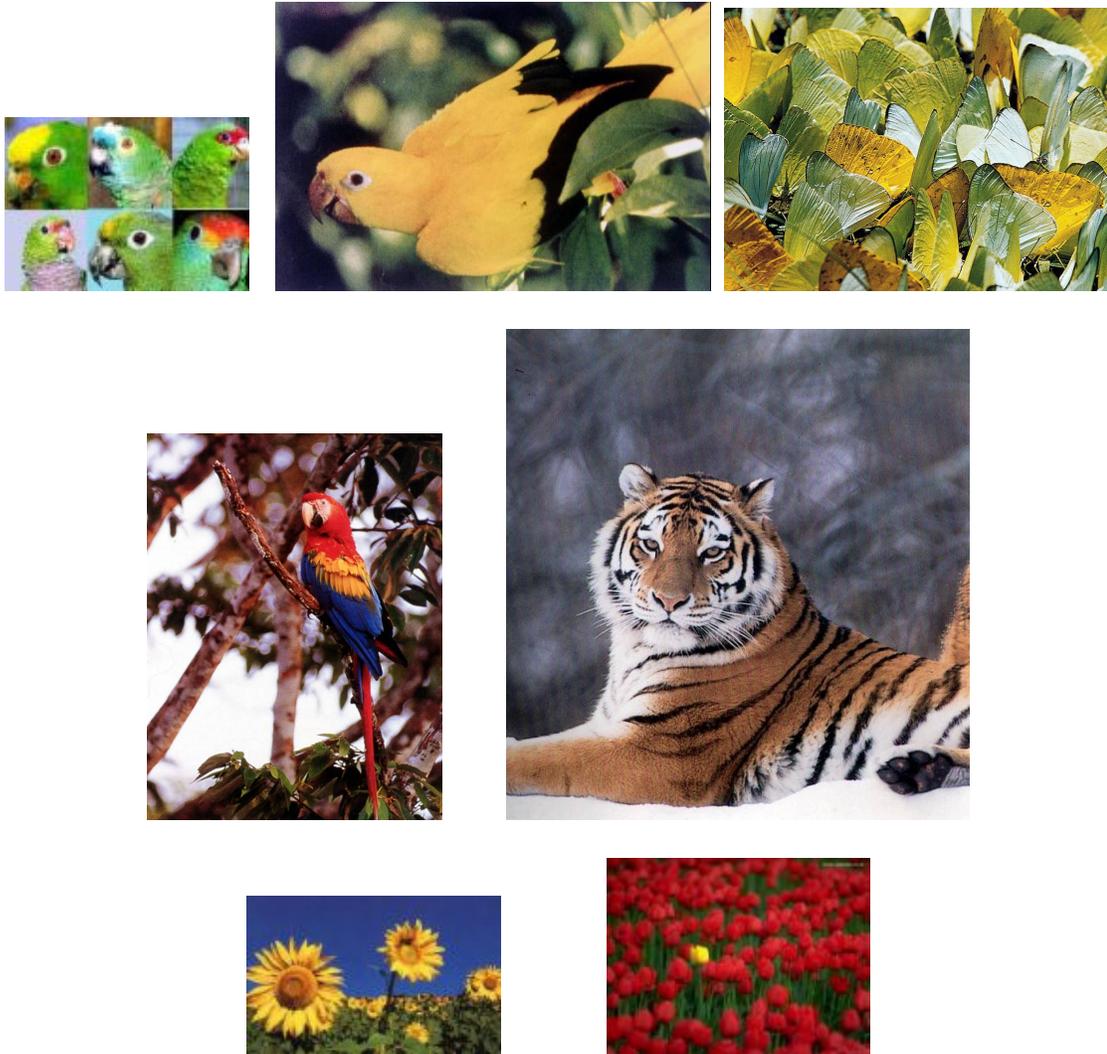


Figura 10 – Ilustrações mostrando a harmonia e a diversidade encontrada na natureza.

(Fonte: Esther Stiller).

Ora, a única possibilidade técnica disponível para inserir num sistema de iluminação artificial a HARMONIA e a DIVERSIDADE que é desejada, em consonância com os eventos diários da luz natural, é a introdução de sistemas de controle automatizado dos circuitos e da intensidade luminosa de cada circuito, garantindo a variedade permanente dos cenários que garantirão a qualidade da luz artificial.

E a residência, por representar o mais importante habitat do ser humano, é o principal lugar em que devemos nos referenciar pela riqueza e pela diversidade visuais da luz natural. Portanto, o uso de sistemas de automação em residências, eu diria, atualmente, é imprescindível (informação verbal).

A segunda pergunta destinada aos arquitetos foi a seguinte: Como estes controles estão inseridos no universo da Arquitetura?

O arquiteto Galvão começa respondendo que de maneira geral os controles estão sendo parte integrante deste universo. Entretanto, Galvão faz um desabafo: "Sou contra apenas ao termo "prédio inteligente" para edificações que, ao contrário, não são nada inteligentes" (informação verbal).

Ele ressalta que uma cortina ser acionada porque não houve a devida proteção da fachada da insolação, ligar e desligar o sistema de ar condicionado porque o prédio é uma estufa, não são elementos dignos de um prédio dito inteligente. Neste contexto, o devido controle não têm sua aprovação. A arquitetura do prédio deve ser inteligente para prescindir deste tipo de controle, não ser dependente dele e sim tê-lo como um suporte ou ajuda ao seu funcionamento.

Para finalizar, a arquiteta Esther Stiller conclui que após muita resistência por parte de seus clientes – devido ao custo adicional que representam esses sistemas – ela crê que a maioria dos projetos de residências (ao menos os que podem contar com um projeto específico de iluminação) já está incorporando esses controles nas áreas de maior diversidade de usos e, conseqüentemente, de cenários: salas de estar, salas de jantar, salas de TV e cinema, terraços e áreas externas de lazer.

Ilustrando a discussão – fotos de uma sala de jantar.

Neste momento, julga-se importante dar um exemplo prático de aplicação de um dispositivo de controle para comandar a luz de um ambiente residencial. As figuras 11a e 11b mostram duas situações distintas de uma sala de jantar residencial iluminada de modo diferente por um mesmo conjunto de fontes artificiais de luz e luminárias. A impressão do espaço foi apenas modificada através do uso do *dimmer* que comanda a luminária pendente central acima da mesa de jantar e também do abajur instalado no móvel ao fundo.



(a)

(b)

Figura 11 - Fotos de uma Sala de Jantar iluminada. Em ambas as fotos utilizaram-se o mesmo mobiliário, luminárias e fontes de luz. (a) luminária pendente e abajur com fluxo luminoso em 100%; (b) luminária pendente e abajur com fluxo luminoso em 25%.

Fonte: Revista Lume Arquitetura, out/nov, 2005.

Como fontes artificiais de luz neste ambiente tem-se:

- Leds, instalados no chão próximo a parede;
- Lâmpadas incandescentes, instaladas na luminária pendente e no abajur;
- Lâmpadas dicróicas, instaladas próximas à cortina.
- Velas, sobre a mesa, apagadas em ambas as figuras.

São várias as impressões que se tem do local iluminado. Fazendo uma análise do espaço da esquerda para direita observa-se:

- Leds - mantido nível constante nas duas fotos. A impressão que se tem é que na figura 11a o led não está 100% aceso. Isso é devido a grande quantidade de luz que ilumina toda parede proveniente principalmente da luminária pendente que está com 100% da sua intensidade. Na figura 11b, essa parede parece mais valorizada, pois o efeito *uplight*³⁵ do led amarelo destaca sua rugosidade. Para visualizar melhor a parede iluminada na figura 11b, mais adiante será exibida a figura 12 que apresenta este efeito em destaque;
- Luminária Pendente - Pode-se dizer que na figura 11a o ambiente luminoso está propício para uma jantar familiar enquanto que na situação mostrada em 11b, o jantar seria

³⁵ *Uplight* - iluminação de baixo para cima.

mais romântico e entre um casal. Entretanto faz-se uma ressalva que neste caso as velas poderiam ser acesas a fim de valorizar ainda mais o ambiente íntimo;

- Luminárias de embutir para lâmpadas dicrônicas - Essas luminárias não sofreram a ação do dimmer e particularmente ao olhar sobre a foto desconfia-se deste fato. Isso é devido à relação de contrastes proporcionados pelos diferentes níveis de intensidades da incidência da luz. A impressão do espaço é fortemente influenciada por essa relação de contraste.
- Luminária Abajur - Essa fonte artificial dimerizada também contribui para uma aparência mais aconchegante do local na figura 11b;



Figura 12 - Destaque para iluminação da parede da sala de jantar encontrada na figura 11b.

Uplight com leds amarelos.

Fonte: Revista Lume Arquitetura, out/nov, 2005.

Diversas outras aplicações de dispositivos de controles da iluminação artificial serão abordadas no capítulo 4, mostrando o ambiente luminoso de alguns espaços residenciais sob diferentes níveis de iluminação, avaliando o aspecto qualitativo da sua utilização.

1.2 ILUMINACÃO - ARTE OU CIÊNCIA?

Antes de se fazer uma discussão sobre o assunto, foi retirado em dicionários o significado das palavras Arquitetura, Arte e Ciência. **Arquitetura** é a arte de criar espaços organizados e animados, por meio do agenciamento urbano e da edificação, para abrigar os diferentes tipos de atividades humanas. Os princípios, as normas, os materiais, e as técnicas utilizadas para

criar o espaço arquitetônico. **Arte** é a capacidade que o ser humano possui de por em prática uma idéia, valendo-se da faculdade de dominar a matéria. Atividade que supõe a criação de sensações ou de estados de espírito, em geral de caráter estético, mas carregados de vivência íntima e profunda, podendo suscitar em outrem o desejo de prolongar ou renovar. **Ciência** é o conjunto organizado de conhecimentos relativos a um determinado objeto, especialmente aos obtidos mediante a observação, a experiência dos fatos e um método próprio.

"Arte é a mentira que nos ajuda realizar a verdade" Pablo Picasso³⁶

Projetos de iluminação: Arte ou ciência? Arte e Ciência do emprego de dispositivos e de processos na conversão de recursos naturais ou humanos em formas adequadas ao atendimento de necessidades do ser humano. Invenção criativa a serviço do homem e de suas necessidades físicas. E também de relações do seu físico com o ambiente, com a natureza.

Na iluminação, essa relação é intensa em face de todos os complexos conceitos físicos e biofísicos dela inerentes e das incessantes transformações tecnológicas dos materiais utilizados para utilização em projetos artificiais.

O ato de iluminar ambientes para contemplação, admiração, bem estar e conforto do usuário requer profundo conhecimento técnico, anos de estudo e inúmeras experimentações práticas. Caso contrário, a prática de iluminar não irá passar de empirismo e mera intuição. E isso talvez crie espaço ao modismo, às cópias e aos incontáveis trabalhos sem o menor fundamento técnico com os quais nos deparamos nas diversas cidades mundiais. *Lighting design* não é moda. Para se obter um bom *design* de iluminação é aconselhável um domínio técnico e, para se intitular "*lighting designer*", um profissional precisará de algo mais do que talento e intuição.

Sem dúvidas, talento e intuição são características importantes para que um projeto surpreenda e ganhe personalidade, superando a composição de elementos técnicos. Porém, talento sem conhecimento e sem estudo é simplesmente empirismo. Iluminação é um tema complexo e, por isso, exige árduo e profundo estudo. Além de talento, muito suor. E muitos profissionais sabem o quanto isso é importante.

³⁶ "Art is the lie that helps us realise the truth" Pablo Picasso. *Made of Light*. p.203.

Na iluminação arquitetural, por exemplo, utilizam-se conhecimentos teóricos e técnicos sobre iluminamento que podem ser aplicados, principalmente, durante o estudo do projeto. A arte fica a cargo da criatividade do *lighting designer* em usar esse conhecimento. A arte e a ciência se encontram desde a elaboração do projeto. O projetista de iluminação Plínio Godoy defende que a Iluminação, dentro dos diversos ramos de aplicação, é arte e também é ciência.

Já Esther Stiller acredita que, em qualquer ramo da atividade humana, a arte e a ciência são “irmãs gêmeas” e não podem ser consideradas separadamente. Ela diz que a beleza de algumas profissões reside, justamente, no contraponto e na alternância de ambas, em todo o processo criativo e que Iluminação e Arquitetura não fogem a esta regra.

Outro profissional de iluminação, Guinter Parschalk, também é adepto da opinião que a credibilidade no projeto é decorrente da diligência técnica. Ele ressalta que se deve dominar a base científica, como certas normas técnicas e cenográficas, pois a ciência é o alicerce para qualquer bom trabalho. Isso porque, segundo ele, se não há embasamento técnico, corre-se o risco de criar um belo cenário, mas sem funcionalidade.

Evidentemente que existem alguns tipos de projetos que necessariamente são mais técnicos e outros em que os aspectos estéticos podem ser mais explorados. Uma vontade de transformar o mundo, cada um à sua forma, mas com objetivos em comum: transformar, alterar, reformar, reler, refazer, reestruturar, criar. É disso que vivem os artistas e os cientistas, ocupações e formações que, se por um lado parecem opostas, por outro lado podem se confundir.

Sob outro ponto de vista, o físico e luminotécnico Guillermo Ramirez aponta discordância sobre o assunto anteriormente abordado e afirma que iluminação é pura e essencialmente técnica ou ciência. O físico adota um discurso que iluminar não tem nada a ver com arte. Ramirez explica que a iluminação é ciência exata, da qual fazem parte a biofísica e a física aplicada, pois exerce influência sobre todos os seres vivos. A luz age nas células dos seres, na produção de hormônios, no habitat, etc, expõe o físico.

A revista L+D conseguiu entrevistar e publicar³⁷ alguns pensamentos de um renomado *lighting designer* alemão. Trata-se do também designer Ingo Maurer. Em 2004, ele visitou pela primeira vez a cidade de São Paulo e participou da exposição intitulada “Iluminar –

³⁷ Revista L+D. Editora Lumière. Edição. 9. junho de 2006. SP págs. 78-81.

Design da Luz” que aconteceu no Salão Cultural do Museu da Arte Brasileira da FAAP³⁸. Nesta entrevista Ingo formulou a seguinte frase: “Iluminar é muito mais do que apenas acender ou apagar um interruptor”. Logicamente que o termo correto seria “acionar” um interruptor, mas Ingo Maurer tem permissão para fazer esse trocadilho e dar seu recado uma vez que é uma pessoa que acumulou bastante conhecimento ao longo dos seus 40 anos de profissão e 74 de vida. Maurer ainda refletiu:

Poetas trabalham com palavras, significados e som. Meu material de trabalho é a luz, algo que eu considero abstrato, imaterial, assim como o som. Poetas conhecem a fundo o material com que trabalham, mas eu tenho apenas algumas noções sobre a luz. No entanto, para os poetas, assim como para mim, existem sempre novas maneiras, possibilidades e novos caminhos ainda não revelados que tentamos desvendar por meio de nossa intuição.

A arquiteta Neide Senzi também expõe sua opinião sobre a iluminação de residências em seu livro³⁹. Ela considera que o fator preponderante para um bom resultado de projeto é entender as suas necessidades técnicas, aliando a ele todas as ferramentas disponíveis das tecnologias existentes, avaliar a expectativa do cliente, a linguagem arquitetônica, imagem corporativa associada, e a inserção do conceito de que iluminação não tem a função só de iluminar, mas também o papel de provocar reações emocionais nas pessoas. Por esta razão, segundo a arquiteta, o projeto de iluminação atualmente não é mais um processo linear e rígido e os conceitos adotados para um não cabe como padrão para outro. Neide acrescenta que está na fase de desmistificação da banalidade de soluções luminotécnicas. É preciso evoluir na defesa de que a luz é sim um elemento de design e arquitetura, e é ela que molda, define e tem o domínio maior na resposta estética dos ambientes, pois invoca sensações ao ser humano de aconchego, conforto, prazer, calma e tranquilidade.

Major e Speirs deram suas contribuições ao moderno mundo da iluminação e publicaram um livro bastante interessante chamado *Made of Light – The Art of Light and Architecture*. O livro traz várias passagens que abordam a dinâmica fascinante da luz. O arquiteto Richard Meier deu a seguinte declaração:

Você sabe que você não pode trabalhar com luz como se fosse um material real ou contínuo. Luz é um elemento transitório. Você aprende somente sobre as possibilidades da luz trabalhando com ela. Você faz algo e algo acontece, mas então um pouco tempo depois algo mais acontece. Algumas

³⁸ FAAP – Fundação Armando Álvares Penteado.

³⁹ SENZI, Neide. *Portfolio Brasil Lighting Design*. Ed. J.J.Carol. 2006, SP.

peças julgam minha arquitetura, demasiado aberta, transparente e saturada de luz. Tanto quanto eu acredito de que nunca pode haver bastante luz. Isso é apenas impossível... Na arquitetura, luz reforça determinadas idéias estruturais em um edifício. Eu não vejo a luz como tendo uma estrutura própria, certamente não na luz artificial. A tarefa que a luz tem que executar é expandir, acentuar e valorizar os espaços, superfícies e coisas existentes. (MEIER⁴⁰).

Nesta prévia análise, compreende-se que os projetos de iluminação são, portanto, passíveis de situações que envolvam arte e ciência, talento e suor. Por conseguinte, é desejável que muitos profissionais liberais procurem o conhecimento desenvolvido nas universidades através de pesquisas multidisciplinares que contemplem este universo da iluminação de ambientes. Eficiência energética, sustentabilidade, saúde, segurança e conforto são temas bastante amplos e relevantes no mundo moderno. Os assuntos relacionados com iluminação (*Lighting Design* ou Luminotécnica) estão intimamente ligados a todas essas questões.

Relembrando sempre que existem duas fontes de luz importantes para contemplar a arquitetura; a "natural" e a "artificial". O Sol, astro centro do nosso sistema planetário, é o responsável pela luz natural. Essa luz é imprevisível, e não pode ser facilmente controlada, mas se deve dar sempre preferência por construir os ambientes considerando sua presença. Por outro lado, a luz artificial evoluiu bastante como uma resposta tecnológica à necessidade de iluminar nosso mundo após obscurecer. Major et al, fazem a seguinte afirmação sobre a iluminação artificial⁴¹:

Inversamente ao que acontece com a luz natural, com a luz artificial nós podemos criá-la e controlá-la. Por toda a civilização, a forma arquitetônica tem levado o Sol em consideração. Até a industrialização da iluminação artificial, restrições tecnológicas limitaram as lâmpadas com relação à função e utilidade. Nós vivemos agora em um mundo onde as fontes

⁴⁰ Made of Light. The Art of Light and Architecture. 2005. pag.42. Texto original em inglês: "You know you can't work with light as though it were a real or solid material. It's a transitory element. You only learn about the possibilities of light by working with it. You do something and something happens, but then a bit later something else happens. Some people find my architecture too open, too transparent, too light saturated. As far as I am concerned there can never be enough light. That's just impossible... In architecture, light reinforces certain structural ideas in a building. I don't see light as having a structure of its own, certainly not artificial light. The task which light has to perform is to support, accentuate and open up existing things, surfaces and spaces." Richard Meier

⁴¹ Made of Light. The Art of Light and Architecture. 2005. pag.13. Texto original em inglês: Conversely, we can create and control it. We can design both the source and the subject. Throughout civilisation, architectural form has responded to the sun. Until the industrialisation of artificial lighting, technological constraints limited light sources to function and utility. We now live in an age where artificial sources offer as many possibilities for expression and the creation of architecture as the light of the sun itself.

artificiais de luz oferecem tantas possibilidades para a expressão e a criação da arquitetura quanto à própria luz do Sol.

Ilustrações – ambiente residencial. Como equacionar a variedade de fontes e comandos?

Entendendo que as imagens muitas vezes carregam informações facilmente entendíveis pelos leitores, e que uma tese de doutorado como qualquer outro trabalho de pesquisa deve ser objeto de estudo de muitas pessoas, foram pesquisados alguns sites de fabricantes ligados à iluminação no intuito de trazer algumas fotos que simbolizassem toda esta narrativa enunciada neste capítulo. Foram encontradas fotos no site da Philips, versão holandesa, de uma sala de estar com diferentes combinações de iluminação que representam muito bem tudo que foi comentado sobre a multiplicidade de pontos instalados em um mesmo recinto bem como da diversidade de uso do espaço. Entende-se que as fotos retiradas deste site, e expostas através das figuras 13 a 28, mostram de forma clara e objetiva todo este universo de possibilidades existentes na iluminação residencial.

As fotos são provenientes de uma sala de estar clássica⁴², e a iluminação está distribuída em quatro circuitos, contendo um total de sete pontos de luz, a saber: circuito 1 – composto por três arandelas para iluminação dos quadros; circuito 2 – composto por uma das duas colunas existentes, localizada a esquerda do sofá; circuito 3 – composto pela outra coluna à direita; circuito 4 – composto por um abajur.

A partir destes quatro circuitos foram retiradas fotos para dezesseis combinações possíveis de iluminação do ambiente, incluindo a foto 13 ilustrativa do ambiente com todas as lâmpadas apagadas. São elas:

Cena 1 – todas as lâmpadas apagadas (ilustração apenas para visualização dos pontos de luz onde a iluminação da foto não corresponde à realidade. Com todas as lâmpadas apagadas, a realidade do ambiente apareceria completamente escura na foto e não haveria qualquer tipo de luz para uma possível visualização do espaço. Portanto, essa foto é meramente ilustrativa e contém os números dos quatro circuitos existentes);

⁴² O site também apresentava uma sala moderna. <http://www.luz.philips.com> (versão holandesa)



Figura 13 - Todas as lâmpadas apagadas. Foto ilustrativa. Quatro circuitos numerados: 1 - para três arandelas de quadro; 2 - para coluna da esquerda; 3 - para coluna ao fundo; 4 - para abajur. (Fonte: site da Philips iluminação versão holandesa).

As demais fotos são correspondentes à iluminação das seguintes cenas:

Cena 2 – somente circuito 1 está ligado;

Cena 4 – somente circuito 3 está ligado;

Cena 6 – circuitos 1 e 2 ligados;

Cena 8 – circuitos 1 e 4 ligados;

Cena 10 – circuitos 2 e 4 ligados;

Cena 12 – circuitos 1, 2 e 3 ligados;

Cena 14 – circuitos 1, 3 e 4 ligados;

Cena 16 - todas as lâmpadas acesas.

Cena 3 – somente circuito 2 está ligado;

Cena 5 – somente circuito 4 está ligado;

Cena 7 – circuitos 1 e 3 ligados;

Cena 9 – circuitos 2 e 3 ligados;

Cena 11 – circuitos 3 e 4 ligados;

Cena 13 – circuitos 1, 2 e 4 ligados;

Cena 15 – circuitos 2, 3 e 4 ligados;

Interessante focar o olhar sobre as fotos tentando visualizar as respectivas distribuições entre luz e sombra.



Figura 14 – representando a cena 2 com apenas as luminárias acima dos três quadros ligadas.
(Fonte: Philips).

Apenas utilizando as luminárias sobre os quadros cria-se um ambiente de contraste excessivo onde o teto permanece bastante escuro e sombras fortes aparecem nas paredes e piso. Este ambiente não seria apropriado para uma leitura mesmo que casual de um livro ou revista. A pessoa que se sentar no estofado de quatro lugares receberia a iluminação pelas costas, resultante da reflexão da luz no quadro e na parede. O olho teria que fazer um esforço para poder equilibrar o forte contraste e provavelmente resultaria em uma fadiga visual.

Sob o ponto de vista visual, o teto predominantemente escuro da figura 14 acaba por representar um rebaixamento do espaço.

No entanto, a luz proveniente do abajur, figura 15, concede ao ambiente uma luz difusa suave que traduz um certo grau de relaxamento ao ambiente. O ambiente se apresenta mais aconchegante e poderia ser utilizado para conversas informais, de preferência para um número reduzido de pessoas. A luminária tipo abajur configura um significado mais intimista ao espaço.



Figura 15 – representando a cena 3 com apenas o abajur ligado.

(Fonte: Philips).

O posicionamento da coluna que está ligada na figura 16 produz uma sombra forte no chão próximo a mesa. Também é possível perceber a sombra da outra coluna projetada na parede ao fundo. Essa iluminação apresenta uma boa solução para quem contemplaria uma leitura casual sentado no sofá de quatro lugares próximo a luminária tipo coluna acesa.



Figura 16 – representando a cena 4 onde apenas a coluna da esquerda está ligada.

(Fonte: Philips).

Uma vez ligada à coluna ao fundo, percebe-se que a luz geral vinda do fundo da sala cria uma maior noção de profundidade do espaço. Paredes claras tendem a aumentar o espaço visualmente.

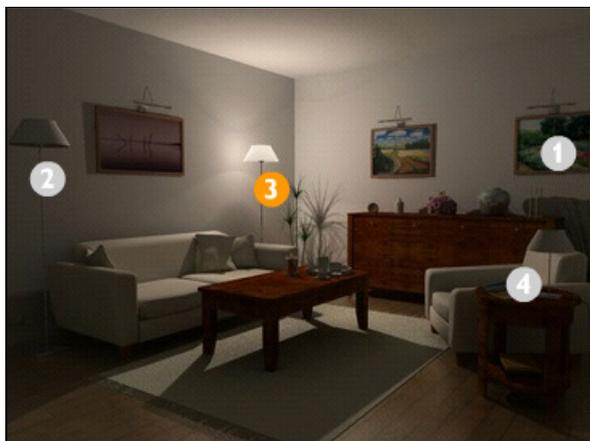


Figura 17 – representando a cena 5 onde apenas a coluna ao fundo esta ligada.

(Fonte: Philips).

As figuras que se sucedem mostram as combinações entre dois ou mais circuitos quando acionados para iluminar o espaço de forma conjunta. Utilizando-se dos circuitos 1 e 2 (luminárias tipo arandela para quadros e coluna), já se faz possível perceber uma maior luminosidade ao espaço quando comparado as quatro figuras anteriores onde somente um dos circuitos era ligado isoladamente.

Com dois ou mais circuitos atuando conjuntamente, o nível de iluminação ou iluminância do ambiente não só é maior, mas também as luminâncias nas superfícies não sofrem contrastes excessivos, possibilitando a permanência das pessoas por mais tempo.

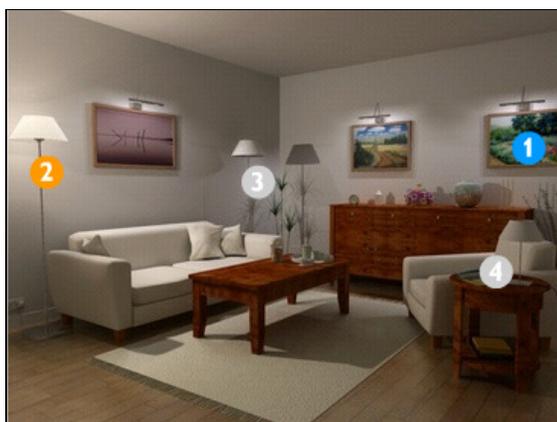


Figura 18 – representando a cena 6 onde as arandelas e a coluna da esquerda estão ligadas.

(Fonte: Philips).

É importante notar que existem muitas opções de luminárias e lâmpadas para iluminação dos diversos ambientes residenciais. Atualmente, existe um grande número de luminárias tipo embutidas em forros que iluminam o teto somente pelas inter-reflexões das superfícies. Durante o dia, desde que o recinto contemple janelas para entrada da luz natural, o teto ficaria suficientemente iluminado. Em caso contrário, essas soluções acabam por deixar o teto muito escuro e isto pode acarretar um certo grau de desconforto.



Figura 19 – representando a cena 7 onde as arandelas e a coluna ao fundo estão ligadas.

(Fonte: Philips).



Figura 20 – representando a cena 8 onde as arandelas e o abajur estão ligados.

(Fonte: Philips).

Uma comparação das fotos 20 e 21 mostram o quanto à iluminação proveniente das duas colunas deixa o teto muito mais claro do que quando o abajur e as arandelas são utilizados. A figura 20 por outro lado insinua um certo grau de dramaticidade.



Figura 21 – representa a cena 9 onde as duas colunas estão ligadas.

(Fonte: Philips).



Figura 22 – representa a cena 10 onde a luminária abajur e a coluna da esquerda estão ligadas.

(Fonte: Philips).

Interessante comparar alguns detalhes entre as cenas 10 e 11, representadas nas figuras 22 e 23. A relação de contrastes nas duas situações proporciona visualizações distintas de alguns objetos dispostos neste ambiente. Entre estes se enfatiza: a sombra na parede ao fundo causada pela planta verde próxima a quina ao fundo da sala onde na cena 10 ainda soma-se a imagem da sombra da coluna do fundo; as almofadas; a inclinação da sombra abaixo da mesa.



Figura 23 – representa a cena 11 onde a coluna ao fundo e o abajur estão ligadas.

(Fonte: Philips).

Esta simulação, ainda permite mais cinco combinações que estão mostradas nas fotos a seguir. Nestas combinações, três circuitos estão ligados conjuntamente. A ultima cena apresenta a iluminação da sala proveniente de todas as luminárias.

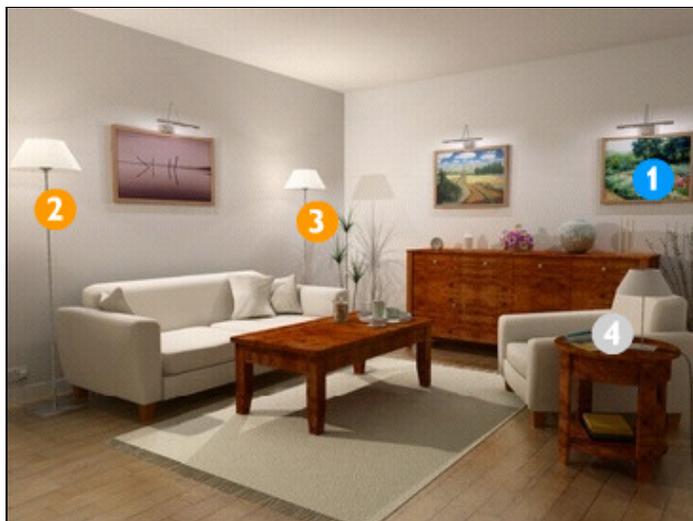


Figura 24 – representa a cena 12 onde as arandelas e colunas estão ligadas.
(Fonte: Philips).

Entre as figuras 24 e 25, a alteração da iluminação é proveniente do desligamento da coluna ao fundo e o acendimento do abajur acima da mesa de apoio.



Figura 25 – representando a cena 13 onde arandelas, coluna da esquerda e abajur estão ligadas.
(Fonte: Philips).



Figura 26 – representando a cena 14 onde arandelas, coluna ao fundo e abajur estão ligadas.
(Fonte: Philips).

Acende-se a coluna da esquerda e desliga-se as luminárias tipo arandela. Essa foi à diferença imposta nas figuras 26 e 27. A uniformidade do ambiente foi aumentada na cena 14.



Figura 27 – representando a cena 15 onde a luminária abajur e as colunas estão ligadas.
(Fonte: Philips).

Importante ressaltar que estas combinações são apenas para circuitos providos de interruptores simples, onde apenas as lâmpadas são ligadas e desligadas, ou seja, estão a 100% ou 0% de sua capacidade luminosa.



Figura 28 – representando a cena 16 onde todas as lâmpadas estão acesas.
(Fonte: Philips).

E se fosse utilizado *dimmers*?

A utilização do *dimmer* em um ou mais desses circuitos aumentaria a flexibilidade do sistema de iluminação. Explorando um pouco mais as possibilidades existentes da iluminação artificial, poderia ser alterada a aparência de cor de algumas lâmpadas, utilizando fontes de luz mais “amareladas” (2700K), “neutras” (4000K) ou “azuladas” (6500K), contribuindo para que o ambiente se torne mais aconchegante, neutro ou vibrante, respectivamente.

A dimerização também poderá contribuir nas residências onde o convívio de familiares de diversas faixas etárias se fizer presente. Para compensar as perdas na transmitância⁴³ da luz que atravessa a retina do olho humano ao longo do tempo de vida, maiores níveis de iluminação devem ser previstos para atender aos mais idosos quando comparados aos mais jovens.

⁴³ Nonvisual effects of optical radiation. Lighting Handbook IESNA. 9ed. Figure 5-4. Pg. 5-4

Quanto aos tipos de lâmpadas utilizadas na simulação dos diferentes tipos de iluminação para esse ambiente residencial tem-se: circuito 1 – arandelas para o quadro (lâmpadas halógenas bipino 20W); circuitos 2 e 3 – colunas (lâmpada incandescente branco leitosa Softone Philips 60W); circuito 4 – abajur (lâmpada incandescente branco leitosa do tipo Disney Philips 25W).

A iluminação poderá valorizar ou prejudicar o design de interiores mais especificamente pelo contraste das luminâncias refletidas nas superfícies. Uma parede ou superfície que apresenta uma luminância mais elevada, visualmente parece mais distante quando comparada à outra superfície de luminância com pequena intensidade.

O elemento motivacional que levará o projetista de iluminação optar por colocar determinados níveis de luminância nas superfícies, influenciando assim diretamente na percepção dos ocupantes, dependerá das prioridades qualitativas que se pretende conceder ao espaço, em função do seu uso, forma e significado. Ressalta-se que estas luminâncias podem facilmente sofrer variações de intensidade ao longo do tempo, exercendo uma dinâmica ao ambiente.

CAPÍTULO 2 - OS DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.

2.1 Compatibilidade entre controles e equipamentos auxiliares de iluminação.

Antes de fornecer informações sobre os dispositivos de controle da iluminação artificial disponíveis no mercado nacional serão prestados esclarecimentos sobre a compatibilidade entre lâmpadas, equipamentos auxiliares e controles. Sendo os controles de iluminação produtos eficientes para obtenção de muitos benefícios ao ser humano, e por sua vez, ainda pouco utilizados no Brasil, torna-se válido buscar maiores informações sobre o assunto a fim de otimizar os projetos de iluminação, fornecendo, por exemplo, maior flexibilidade aos sistemas de iluminação e segurança aos usuários. Como existem vários equipamentos auxiliares eletrônicos e eletromagnéticos para acendimento e operação de diversas lâmpadas, faz-se necessário uma prévia avaliação do que é possível ser empregado quanto à utilização conjunta desses produtos: controle - equipamento auxiliar – lâmpada, principalmente no que diz respeito ao controle de variação de fluxo luminoso, o *dimmer*⁴⁴. O primeiro passo, de caráter simplesmente técnico, consiste na avaliação desta compatibilidade entre esses produtos para posteriormente buscar a melhor solução de iluminação artificial, visando sempre à obtenção de benefícios como eficiência energética, desenvolvimento sustentável e, sobretudo conforto e bem estar do usuário.

A princípio, os projetos de iluminação poderiam ser classificados em três níveis de excelência⁴⁵: fraco, mediano e bom. O projeto fraco seria aquele que não atende sequer às normas existentes na área de iluminação. O projeto mediano ou permissivo seria aquele que atende somente às normas de iluminação, especialmente a NBR 5413 que recomenda valores ideais de iluminância⁴⁶ para execução de diversas atividades em diferentes ambientes. Contudo, o bom projeto de iluminação, também chamado de verdadeiramente funcional, é aquele que contempla o ser humano de forma mais ampla, ou seja, além de atender requisitos

⁴⁴ *Dimmer* (em inglês) – variador de luminosidade (em português). É um dispositivo de controle que permite variar o fluxo luminoso da lâmpada. A palavra *dimmer* será utilizada por ser um termo considerado usual.

⁴⁵ Jhon Flynn at al (1975) apud José Luiz Galvão, Light and Color as element of the Architectural Design, 1980, Graduate School, Department Archctetural and Engeneering of Penn State - Pensylvania – EUA, p.5-6.

⁴⁶ Iluminância – mesmo que nível de iluminação ou iluminamento – Sua unidade é o lux.

básicos de iluminância também se preocupa com diversas outras questões objetivas e subjetivas que envolvem o bem estar do homem. O bom projeto de iluminação deverá, se possível, emocionar o usuário. O bom projeto deve evitar, por exemplo, o ofuscamento direto ou refletido, deve proporcionar conforto visual, devendo evitar alguns malefícios ao ser humano tais como: cansaço visual, fadiga visual, entre outras patologias. A iluminação é uma poderosa ferramenta que pode modificar, para melhor ou pior, a ambiência de um espaço.

O mestre José Luiz Galvão ainda enfatiza que um projeto de iluminação de interiores poderá ser homogêneo (distribuição homogênea das luminárias no ambiente) ou não homogêneo. Nos dois casos, é possível desenvolver projetos apenas permissivos (atendendo requisitos mínimos) ou verdadeiramente funcionais.

Ao longo de alguns anos estudando assuntos relativos a iluminação artificial e convivendo com muitos profissionais renomados do setor lumínico, cada vez mais se torna aceitável admitir que a iluminação é uma mistura em doses apropriadas entre ciência e arte, com caráter multidisciplinar, tornando-se cada vez maior a necessidade dos estudiosos em iluminação atualizarem-se, deixando de aplicar somente o formalismo matemático, por vezes até muito complexo, e dedicarem-se cada vez mais em buscar uma harmonia entre estes dois importantes aspectos da iluminação. Além das ciências exatas, o projetista de iluminação, deve estudar e compreender questões que envolvam outras áreas da ciência, tais como: filosofia, psicologia, medicina e arte. Talvez dessa forma, esse profissional dedicado ao mundo da iluminação poderá avaliar os efeitos comportamentais de um indivíduo que vivencia um sistema de iluminação.

Os dados publicados pela NAHB⁴⁷ projetavam 1.8 milhões de novas casas para 2005 nos Estados Unidos. Das 1.5 milhões de novas residências em 2004, apenas 7,4% utilizaram sistemas de controles automáticos para iluminação artificial e mesmo assim superaram os valores apresentados em 2003, 1,1%. Embora sejam dados de outro país, o sentimento que se tem é que esses valores são ainda mais baixos no Brasil e isso revela o quão espaço existe para crescer o segmento da automação residencial no que diz respeito particularmente à iluminação artificial e a natural integrada à artificial. Outro fator importante é que o setor residencial vem crescendo nos últimos anos e é um dos setores que mais se beneficiam dos

⁴⁷ NAHB - National Association of Home Builders - site: www.nahb.org, em 02/11/05.

controles de iluminação. Existe uma tendência mundial de pessoas investirem em suas casas para momentos de lazer e de trabalho, existindo um grande aumento no que se refere ao número de pessoas trabalhando em seus lares. Existe uma série de fatores que contribuem para esta tendência mundial de maior aproveitamento das residências, aumentando o número de atividades no setor. Isso ocorre não só nos países chamados de primeiro mundo, como também nos países menos favorecidos economicamente.

Existem vários controles de iluminação disponíveis no mercado brasileiro. São dimmers, fotocélulas, sensores de presença e de luz, temporizadores, seqüenciadores, minuterias e os simples interruptores. Também estão disponíveis sistemas de controle de maior complexidade que são integrados eletronicamente permitindo ao usuário comando absoluto da sua iluminação até mesmo via telefone ou computador remoto. Revistas especializadas em iluminação já divulgaram matérias recentemente sobre os sistemas de controles residenciais que são habilitados através das impressões digitais do usuário ou até mesmo pela íris do olho humano. Os sistemas de controle associam dois ou mais desses controles individuais supracitados, dando origem a um novo setor para estudos, o campo da automação.

Para que possam ser realizados projetos de qualidade é extremamente necessário o conhecimento pleno dos produtos oferecidos no mercado. É fundamental conhecer as características técnicas dos produtos para que possam ser utilizados no lugar certo. Não existem produtos ideais ou perfeitos em todos os quesitos, e sim existem produtos adequados a cada tipo de aplicação de acordo com a necessidade do momento. Uma vez que controlar a luz artificial envolve diretamente as lâmpadas e os equipamentos auxiliares, faz-se necessário também um breve estudo destes produtos para melhor compreensão dos controles de iluminação e suas aplicações.

2.2 Equipamentos auxiliares.

Segue um breve resumo dos diversos equipamentos auxiliares, utilizados em iluminação arquitetural, instalados entre a lâmpada, geralmente fixada em soquetes específicos para cada tipo de base apresentada, e à rede elétrica. São eles:

Autotransformador: Este equipamento permite reduzir a tensão 220V para 127V ou elevar de 127V para 220V. Não deixa de ser um transformador de tensão assim como é um transformador que reduz a tensão da rede elétrica 220V ou 127V para baixa tensão 12 volts. Para os luminotécnicos ou arquitetos de iluminação, por conveniência, faz-se necessário utilizar uma terminologia diferente para essas diferentes aplicações quanto à transformação da tensão elétrica. O autotransformador (220-127V ou 127-220V) permite ao usuário utilizar lâmpadas 127V em cidades em que a tensão fase-neutro é 220V, por exemplo. Apenas é necessário colocar o autotransformador entre a rede elétrica 220V e lâmpada 127V, respeitando as potências envolvidas.

Vale ressaltar o fato de que existe uma norma sobre terminologias (NBR 5461) utilizada no segmento de iluminação que não engloba muito dos termos que estão descritos nesta tese de doutoramento. A norma existente para este fim está sendo revisada e modificada para melhor atender ao surgimento das novas tecnologias e produtos disponíveis no mercado atual. Sua elaboração já contabiliza algumas décadas e mostra-se ultrapassada em alguns aspectos diante da forte e constante expansão do segmento nos últimos anos.

Ignitor: Todas as lâmpadas de descarga, com exceção da lâmpada de mercúrio de alta pressão necessitam uma voltagem superior à da rede para iniciar a descarga. O ignitor é utilizado em conjunto com reatores eletromagnéticos para acendimento dessas lâmpadas (metálica e sódio). Sua principal função é proporcionar a partida da lâmpada fornecendo níveis de tensão da ordem de centenas ou milhares de volts.

Algumas considerações sobre os ignitores disponíveis no mercado brasileiro:

- a) As lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão (HID⁴⁸), por possuírem uma tensão de ionização inferior a 180 V, não necessitam de ignitores.
- b) As lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão (HID), por possuírem uma tensão de ionização variando de 2 a 4 kV, dependendo da potência, tipo e fabricante, torna-se imprescindível à utilização de ignitores para seu acendimento.
- c) As lâmpadas de multi-vapor metálico de alta pressão (HID), possuem tensão de ionização variando desde 750 V até 4,5 kV, dependendo do tipo, potência e fabricante; por esta razão é imprescindível a utilização de ignitores para o seu acendimento.

⁴⁸ HID – *High Intensity Discharge* (lâmpadas de descarga de alta intensidade).

- d) Existem lâmpadas de multi-vapor metálico que possuem ignitores internos integrados à lâmpada, como por exemplo, as lâmpadas de 2.000 W, de fabricação da OSRAM, que são fabricadas em dois tipos: com ignitor integrado e sem ignitor integrado à lâmpada.

Starter: Utilizado em conjunto com reatores eletromagnéticos de partida convencional para acendimento de lâmpadas fluorescentes. A função do starter é semelhante a do ignitor, porém fornece níveis de tensão mais baixos. O starter é um equipamento auxiliar externo ao reator convencional, destinado a fornecer as condições adequadas de ignição para uma correta partida de lâmpada fluorescente. Suas principais aplicações são: locais úmidos de baixas temperaturas ou sem condições de aterramento. Vida útil do starter: 6.000 ciclos/acendimentos.

Inversor: São equipamentos eletrônicos para acendimento de lâmpadas fluorescentes em baixa tensão. Geralmente, encontram-se inversores para essa finalidade em tensão contínua 12 ou 24 volts podendo ser ligados diretamente a baterias. O inversor recebe a baixa tensão contínua e transforma em tensão alternada em um valor próprio para operação da lâmpada, em torno de 100V, dependendo da lâmpada fluorescente.

Reator: Os reatores são equipamentos auxiliares necessários para o acendimento das lâmpadas de descarga. Servem para limitar a corrente e adequar as tensões para o perfeito funcionamento das lâmpadas. Os tipos de reatores encontrados no mercado são: eletromagnéticos e eletrônicos.

Reatores Eletromagnéticos: São aqueles constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado. São impregnados com resina de poliéster adicionado com carga mineral, tendo um grande poder de isolamento e dissipação térmica.

Reator Eletrônico: São aqueles constituídos por capacitores e indutores para alta frequência, resistores, circuitos integrados, e outros componentes eletrônicos. Operam em alta frequência (de 20 kHz a 50 kHz). Essa faixa de operação quando bem projetada proporciona maior fluxo

luminoso com menor potência de consumo, transformando assim os reatores eletrônicos em produtos economizadores de energia e com maior eficiência que os reatores eletromagnéticos.

Graças aos recursos tecnológicos disponíveis atualmente, surgiram reatores eletrônicos com componentes chamados “inteligentes”. A linha de reatores, até mesmo os eletrônicos, convencionalmente fabricados para atender somente uma potencia específica, agora passam a ser disponibilizados em versão “multiwatt”, ou seja, circuitos internos inteligentes reconhecem a potencia da lâmpada ligada ao aparelho operando-as com maior perfeição. As faixas de potência operacionaveis pelo reator são fornecidas pelos fabricantes. Essa novidade é também sinônimo de flexibilidade, pois proporciona uma operação de lâmpadas de potencias distintas, não comprometendo as condições ideais de partida e funcionamento das mesmas.

a) Tipos de Partida e Funcionamento dos Reatores.

Reator Eletromagnético Partida Convencional: O reator fornece por alguns segundos uma tensão nos filamentos da lâmpada para pré-aquecê-lo e, em seguida, com a utilização de um starter proporciona o acendimento da lâmpada.

Reator Eletromagnético Partida Rápida: Neste tipo de partida os filamentos são aquecidos constantemente pelo reator, o que facilita o acendimento da lâmpada em um curto espaço de tempo. Para este tipo de partida não é utilizado o starter, mas o uso de uma luminária (chapa metálica) aterrada é necessário para o perfeito acendimento das lâmpadas.

Reator Eletrônico Partida Rápida: O acendimento é controlado eletronicamente pelo sistema de pré-aquecimento dos filamentos da lâmpada. O reator gera uma pequena tensão em cada filamento e, em seguida, uma tensão de circuito aberto entre os extremos da lâmpada. Esta partida possibilita a emissão de elétrons por efeito termo-iônico. O tempo entre a energização do reator e o acendimento da lâmpada é aproximadamente em torno de 1s a 2,5s.

Reator Eletrônico Partida Instantânea: Nesse sistema não há o pré-aquecimento dos filamentos. O reator gera diretamente a tensão de circuito aberto para o acendimento da lâmpada.

Reator Eletrônico Partida Programada: Consiste na combinação das duas partidas anteriores, onde o reator controla além dos valores de tensão, o tempo de pré-aquecimento da lâmpada, fornecendo em seguida a tensão de circuito aberto e posterior acendimento.

Observação: independente dos sistemas de partida, o reator deve fornecer as características necessárias para o funcionamento da lâmpada para que sua vida útil não fique comprometida.

b) Definições Técnicas de algumas características de Reatores.

Aterramento: Para a instalação de reatores, devemos considerar dois tipos de aterramento: de proteção e de funcionamento. O aterramento para proteção tem como objetivo garantir a segurança da instalação e do usuário, em caso de fuga de corrente provocada por curto-circuito ou qualquer outro defeito no equipamento. O aterramento para funcionamento das lâmpadas tem como objetivo proporcionar um correto acendimento das mesmas, sendo apenas necessário em reatores eletromagnéticos tipo partida rápida, e eletrônicos com a carcaça metálica.

Distorção Harmônica Total (T.H.D): É cada vez mais comum a preocupação dos especialistas com o T.H.D. de equipamentos eletrônicos de alta frequência. Trata-se de correntes alternadas que geram uma interferência na rede elétrica. Essa interferência eletromagnética é gerada por harmônicas de corrente. No campo dos produtos de iluminação, o THD é encontrado em vários reatores e transformadores eletrônicos. A presença de harmônicas na rede elétrica gera os seguintes efeitos: aquecimento excessivo em equipamentos elétricos, disparos de dispositivos de proteção (disjuntores residuais), ressonância (queima do banco de capacitores), redução no rendimento de motores elétricos, queda de tensão e redução do fator de potência da instalação, tensão elevada entre o neutro e o terra, entre outros. Normas técnicas internacionais exigem que os reatores eletrônicos com filtro possuam T.H.D. inferior a 32%.

Efeito “Flicker”: Pode ser notado pela sensação visual de que a luminosidade está variando no tempo. Este efeito é também conhecido como cintilação. Em lâmpadas fluorescentes, o fósforo que reveste a parede interna do bulbo leva um pequeno tempo para perder luminosidade. Reatores eletromagnéticos, que operam em frequência de rede (60 Hz), regeneram o arco elétrico da lâmpada entre 100 e 120 vezes por segundo, o que é tempo suficiente para o olho humano perceber a variação de luminosidade do fósforo. Reatores eletrônicos, que operam em alta frequência (20 kHz a 50 kHz), regeneram o arco elétrico mais de 40.000 vezes por segundo, tempo curto demais para que essa variação possa ser percebida pelo olho.

Fator de Fluxo Luminoso (F.F.L.) ou Fator Reator (F.R.): Este fator determina qual será o fluxo luminoso emitido pela lâmpada. É muito comum encontrar reatores eletrônicos com F.F.L. entre 0,9 e 1,1 no mercado brasileiro. Um F.F.L. igual a 1 indica que a lâmpada emitirá 100% do seu fluxo luminoso nominal, valor este obtido através dos catálogos dos fabricantes. Os fatores 0,9 e 1,1 representam 90% e 110% do fluxo nominal, respectivamente. É bom lembrar que quanto maior o F.F.L maior também será a potência consumida pelo reator.

Fator de Potência: Indica o grau de defasagem entre a tensão e a corrente proporcionada pelo reator no circuito. Esse valor é fornecido pelo fabricante do reator e consta em catálogos e na etiqueta do produto. Neste caso do circuito de iluminação, este fator revela com qual eficiência uma instalação está utilizando a energia elétrica. Consiste na relação entre a potência consumida (kW) e a potência fornecida pela concessionária (kVA).

Aparelhos elétricos, inclusive os reatores, além do consumo de energia ativa (W) também processam energia reativa (VAr) no circuito elétrico. A concessionária fornece a energia conhecida como potência aparente (VA), e o consumo das instalações residenciais geralmente é medido apenas pela potência ativa.

Reator-inversor: Equipamento utilizado em circuitos de iluminação onde existe a preocupação com situações de emergência. Possui dupla função. Faz o papel de reator enquanto houver tensão elétrica alternada proveniente da concessionária ou gerador próprio. Se houver uma interrupção no fornecimento de energia elétrica, o reator-inversor automaticamente deixa de trabalhar como reator e passa a trabalhar como inversor, recebendo

corrente contínua proveniente de baterias, permitindo a operação das lâmpadas fluorescentes. Geralmente, perde-se fluxo luminoso nesta transformação, mas sem dúvida é melhor a perda de fluxo luminoso do que ausência de luz nessa situação. Isto traz segurança para casos de evacuação de grande público, evitando-se o pânico.

Capacitor: Equipamento utilizado para corrigir o fator de potência das instalações elétricas. Existem muitos reatores com baixo fator de potência sendo comercializados no mercado brasileiro. É muito comum utilizar o capacitor em conjunto com reator e ignitor para funcionamento das lâmpadas vapor de sódio e metálico. É importante observar que o capacitor⁴⁹ necessita ser cuidadosamente especificado.

É muito comum encontrar uma informação na carcaça do reator dizendo qual capacitor deve ser utilizado para elevar o fator de potência do mesmo para 0,92 (valor mínimo atribuído por norma técnica para que um equipamento seja considerado alto fator de potência).

2.3. Equipamentos Auxiliares – Possibilidades de dimerização e compatibilidade entre produtos.

Serão apresentadas duas tabelas sobre as relações existentes entre lâmpadas, equipamentos auxiliares e possibilidades de dimerização⁵⁰ (o *dimmer* é um dos controles de iluminação mais difundidos no Brasil). Na tabela, as lâmpadas serão apresentadas em quatro grupos: incandescentes, mista, fluorescentes e descarga. Os dois principais equipamentos auxiliares utilizados para acendimento e funcionamento destas lâmpadas são: transformador e reator. Ambos podem ser de origem eletromagnética ou eletrônica. Outros equipamentos auxiliares por vezes utilizados para ligação de lâmpadas à rede elétrica são: autotransformador (220-127V ou 127-220V); ignitor; starter; inversor; reator-inversor, capacitor.

⁴⁹ A unidade de medida da capacitância de um capacitor é o Farad. É comum encontrar submúltiplo (μF). $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$.

⁵⁰ Dimerização: Alterar o fluxo luminoso de uma lâmpada através do uso do *dimmer*. Ver resultados sobre a utilização do *dimmer* no capítulo 4.

A tabela 1 traz um resumo das famílias de lâmpadas e seus tipos existentes no mercado, a utilização ou não de equipamentos entre lâmpada e rede elétrica e a possibilidade de dimerização destas lâmpadas. A tabela 2 complementa as informações contidas nesta tabela 1.

Como observação geral é importante ressaltar que sempre vão existir exceções às regras observadas a seguir. Apesar disso, o estudo não será inviabilizado, muito pelo contrário, pois se trata de informações válidas para a grande maioria dos casos.

Tabela 01 – Diversos tipos de lâmpadas e suas possibilidades de dimerização.

Lâmpada				
Família	Tipo ⁵¹	Equipamento auxiliar	São Dimerizáveis*?	Observações
Incandescentes	Comuns	-	Sim	(1)
	Halógenas	Transformador	Sim	(2)
	H. Dicroicas	Transformador	Sim	(2)
Mista	Mista	-	Não	(3)
Fluorescentes	Circulares	Reator	Sim	(4)
	Comp. Integr.	Reator	Não	(5)
	Comp. Ñ. Int.	Reator	Sim	(6)
	Tubulares	Reator	Sim	(7)
Descarga	V. Mercúrio	Reator	Não	(8)
	V. Metálico	Reator e Ignitor	Sim	(9)
	V. Sódio	Reator e Ignitor	Sim	(10)

* Ver complemento na tabela 2. (Exemplo: Não são todas as halógenas que necessitam de transformador. Ver coluna de observações).

Observações da tabela 1:

(1) Uma lâmpada incandescente não necessita de nenhum tipo de transformador se ela for ligada na mesma tensão de rede na qual foi projetado seu filamento. Limitando o caso para a cidade do Rio de Janeiro, onde a tensão fornecida pela concessionária é 220 ou 127 volts, as

⁵¹ Tipos de lâmpadas: A descrição de cada tipo pode ser encontrada na dissertação de mestrado: FELDMAN, Daniel Coelho. Iluminação Residencial. FAU. UFRJ. 2001.

lâmpadas incandescentes 220 volts poderão ser ligadas à rede elétrica em 220 volts sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar (transformador). O mesmo raciocínio vale para 127 volts. Também existem incandescentes comuns projetadas com filamento 12 volts. Essas lâmpadas serão ligadas à rede elétrica, 220 ou 127 volts, através de transformador de tensão 220-12V ou 127-12V, respectivamente. Outra possibilidade a ser observada em uma lâmpada projetada para acender em 12 volts é que esta poderá dispensar a rede elétrica e ser ligada diretamente a uma bateria de 12 volts corrente contínua, por exemplo.

(2) No mercado existem halógenas (incluindo as dicroicas) projetadas com filamentos para trabalhar em 220, 127, 12 volts. Existem tensões diferentes destas, mas não são de vasta aplicação na iluminação arquitetural ou de edificações. Lâmpadas em 12 volts ligadas à tensão de rede necessitam de transformador 220-12V ou 127-12V. Os transformadores podem ser eletromagnéticos ou eletrônicos. Os eletromagnéticos podem ser “dimerizados” enquanto que somente alguns transformadores eletrônicos são projetados para oferecer essa possibilidade de dimerização (Ver tabela 2).

(3) Já existem lâmpadas tipo Mista em 127 volts no mercado brasileiro. Entretanto, é desconhecida a fabricação de lâmpadas tipo Mista em 127V em fábricas das quatro grandes multinacionais: Philips, GE, Osram e Sylvania.

(4) Os reatores para lâmpadas fluorescentes circulares, compactas não integradas ou tubulares podem ser eletromagnéticos ou eletrônicos (ver tabela 2). Já para as fluorescentes compactas integradas o reator incorporado à base comumente encontrado é o eletrônico.

(5) Os reatores incorporados à base das lâmpadas fluorescentes compactas integradas são eletrônicos **não** dimerizáveis.

(6) As lâmpadas fluorescentes compactas não integradas estão disponíveis no mercado brasileiro em duas versões quanto ao tipo de encaixe, dois pinos ou quatro pinos. Segundo orientação dos grandes fabricantes as lâmpadas que possuem dois pinos, apresentam starter incorporado à base e devem ser usadas apenas com reatores eletromagnéticos de partida convencional. Os modelos de quatro pinos podem ser ligados à rede elétrica através de

reatores eletromagnéticos (o que é pouco comum) ou eletrônicos, sendo que estes últimos podem ser dimerizáveis ou não.

(7) As lâmpadas fluorescentes tubulares possuem quatro pinos (dois em cada extremidade da lâmpada) e podem ser ligadas à rede elétrica através de reatores eletromagnéticos ou eletrônicos, assim como nas lâmpadas fluorescentes compactas de quatro pinos.

(8) As lâmpadas a vapor de mercúrio necessitam apenas de reatores para seu funcionamento. O mercado disponibiliza apenas reatores eletromagnéticos.

(9) As lâmpadas do tipo vapor metálico necessitam de reator e ignitor para seu funcionamento. Existem pouquíssimos casos dessas lâmpadas que utilizam apenas o reator. A maioria dos reatores disponíveis no mercado brasileiro é de origem eletromagnética. Recentemente desenvolveram-se reatores eletrônicos para estas lâmpadas, mas o custo ainda é muito elevado e a tecnologia não está totalmente dominada. Reatores eletrônicos dimerizáveis também estão em desenvolvimento.

(10) As lâmpadas a vapor de sódio necessitam de reator e ignitor para seu funcionamento. Os reatores eletromagnéticos ainda são maioria no mercado brasileiro. Recentemente desenvolveram-se reatores eletrônicos para estas lâmpadas, mas o custo é muito elevado. A Philips já apresentava reatores eletrônicos para vapor de sódio desde seu catálogo produzido para o biênio 2003/2004. Reatores eletrônicos dimerizáveis também estão em desenvolvimento.

A figura 2.1 mostra um organograma contendo as opções de equipamentos auxiliares utilizados para acendimento e operação das lâmpadas fluorescentes tubulares⁵², vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico.

⁵² O capacitor citado para lâmpadas de descarga também é opcional em sistema com lâmpadas fluorescentes.

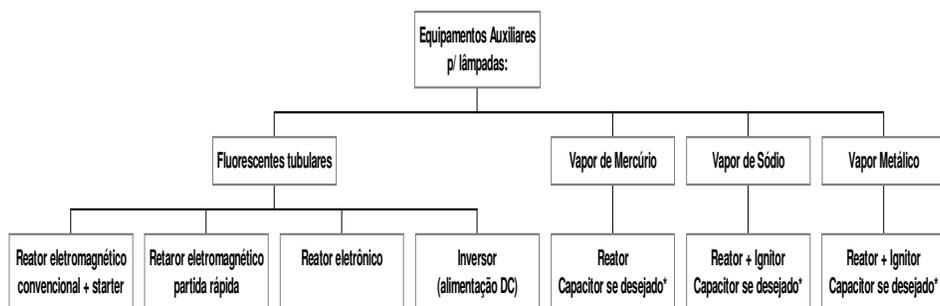


Figura 29 – Diagrama mostrando opções de equipamentos auxiliares para operar lâmpadas fluorescentes tubulares e de descarga elétrica (mercúrio, sódio e metálica).

*Capacitores devem ser utilizados para corrigir o fator de potência⁵³ dos reatores. O reator deve ser específico para cada potência e tipo de lâmpada a ser utilizada.

A tabela 2 complementa as informações mostradas na tabela 1, destacando os tipos de equipamentos auxiliares (eletromagnético ou eletrônico) e as possibilidades de dimerização.

Tabela 02 – Possibilidades de dimerização entre os tipos de equipamentos auxiliares utilizados nas diversas lâmpadas.

Lâmpadas	Equipamento Auxiliar	tipo	Tipo de Partida	São Dimerizáveis?	Observações
Incandescentes	Transformador	eletromagnético		Sim	
		eletrônico		Alguns	(1)
Fluorescentes	Reator	eletromagnético	Convencional	Não	(2)
			Part. Rápida	Não	
		eletrônico	Part. Rápida	Alguns	(3)
			Instantânea	Alguns	
Descarga	Reator	eletromagnético		Não	
		eletrônico		Alguns	

Observações:

⁵³ Fator de Potência: Definição também pode ser encontrada na dissertação de mestrado: FELDMAN, Daniel Coelho. Iluminação Residencial. FAU. UFRJ. 2001.

- (1) A maioria dos transformadores eletrônicos comercializados no Brasil não podem ser dimerizados. Existem alguns modelos apenas que estão projetados com componentes eletrônicos específicos para este fim. Quando isso ocorre, o fabricante indica a possibilidade de usar *dimmer* em seu equipamento.
- (2) Os reatores eletromagnéticos partida convencional necessitam starter para operação de lâmpadas fluorescentes.
- (3) O mesmo raciocínio desenvolvido na observação 1 para os transformadores, também é válido para os reatores.

Protocolos de comunicação.

Para facilitar o gerenciamento dos sistemas eletrônicos existentes em qualquer segmento encontram-se os protocolos de comunicação. São diversos espalhados pelo mundo. Existe uma complexidade inerente à tecnologia que exige estudo profundo por parte de profissionais que anseiam em utilizar e desfrutar das vantagens e benefícios que tais sistemas oferecem. Como exemplos de protocolos de comunicação utilizados em iluminação pode-se citar: DMX512, 0-10V, BlueTooth, Ethernet, DALI⁵⁴ (Interface para Iluminação com endereçamento digital). Especialmente o sistema DALI, mostra-se um dos mais importantes protocolos de comunicação em expansão relativo ao seu uso no mercado mundial. Empresas multinacionais, como Osram e Philips, estão engajadas neste propósito de concentrar um pouco mais seus esforços para entregar ao mercado produtos que se comuniquem harmoniosamente entre fabricantes. As vantagens provenientes da iluminação artificial dinâmica e flexível ficam um pouco mais próximas da realidade com esta postura agora lograda por esses fabricantes, e isto facilita o estudo de projetistas que certamente terão maiores possibilidades para entender melhor as partes destinadas a produção e a aplicação da luz.

⁵⁴ DALI – Digital Addressable Lighting Interface.

2.4 Dispositivos de Controle

Após pesquisar os vários equipamentos auxiliares disponíveis no mercado nacional serão apresentados a seguir os controles de iluminação, começando pelo mais popular entre todos, o interruptor.

Interruptor

Do dicionário da língua portuguesa, Interruptor: (ô). [Do lat. *Interruptore.*] *Adj.* 1. Que interrompe; interruptivo. *S. m.* 2. Aquele ou aquilo que interrompe. 3. *Fís.* Dispositivo que pode interromper ou restabelecer a continuidade num circuito elétrico, ou numa parte dele; comutador.

O interruptor é sem dúvida o equipamento de controle mais comum em iluminação. Em geral o acionamento do interruptor é manual local, mas existem modelos que podem ser acionados via controle remoto. Importante sempre salientar que o interruptor deve interromper o condutor fase de uma instalação elétrica. Conversas informais com moradores e eletricitas da área de Copacabana, Ipanema e Leblon, zona sul do Rio de Janeiro, revelaram que muitas instalações realizadas em décadas passadas, onde o condutor neutro era interrompido e com isto muitos deles levavam choque ao tentar realizar algum tipo de manutenção elétrica.

A revista especializada em eletricidade e iluminação *Lumière* apresentou em sua edição 42 um artigo com algumas definições de controles de iluminação⁵⁵. Quanto aos interruptores couberam os seguintes comentários: O interruptor é um dispositivo de manobra destinado a ligar e desligar circuitos elétricos pela abertura ou fechamento de seus contatos. São muitas opções de design dos interruptores, porém são somente quatro os seus tipos: Simples (usados em circuitos monofásicos), Paralelo, Intermediário (usados em circuitos monofásicos) e Bipolar (simples e paralelo em circuitos bifásicos).

O interruptor simples, como sugere o nome, deve ser usado para manobras (liga/desliga) em um único ponto. O paralelo deve ser instalado a outro dispositivo igual que, atuando

⁵⁵ Fonte: Revista *Lumière*, ed. 42 – outubro de 2001 p.148-150.

paralelamente, permite manobras em dois diferentes pontos (locais) de um mesmo equipamento (como, por exemplo, um lustre). O interruptor intermediário é um dispositivo de manobras que atua entre dois interruptores paralelos, permitindo ao usuário múltiplos comandos de um mesmo ponto (um corredor longo com um interruptor paralelo em cada extremidade e um ou mais interruptores intermediários no centro, 3way ou 4way, por exemplo). Os interruptores bipolares simples e paralelos são empregados em circuitos bifásicos com a mesma função dos interruptores monofásicos.

Quanto à produção dos interruptores pode-se destacar sua matéria que deverá preferencialmente ser fornecida por fornecedores credenciados e habilitados segundo padrões de qualidade de cada empresa. Geralmente, quando se trata de um polímero, a matéria-prima pode ser fornecida na cor necessária e aditivada com componente auto-extinguível que evita a propagação do fogo.

Dimmer

Este equipamento permite variar o fluxo luminoso emitido pelas fontes artificiais de luz. A utilização de *dimmer* em lâmpadas que utilizam equipamentos auxiliares está restrita as características de construção de tais equipamentos auxiliares que podem ser de origem eletromagnética ou eletrônica, sejam estes reatores ou transformadores.

Definição de *dimmer* segundo norma da ABNT TB-23/1991: Dímer. Dispositivo que permite variar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas de uma instalação de iluminação. Em inglês: *dimmer*.

No Brasil, o *dimmer* é também conhecido como variador de luminosidade. As respostas obtidas no questionário desenvolvido nesta tese⁵⁶ indicaram o *dimmer* como o segundo equipamento de controle da iluminação mais utilizado no ambiente residencial, ficando atrás apenas do tradicional e mais barato, interruptor.

⁵⁶ Questionário encontra-se no anexo.

Alguns fabricantes disponibilizam ao mercado brasileiro de iluminação um tipo de *dimmer* que permite um ligar e desligar da fonte luminosa de uma maneira bastante suave. Este efeito é conhecido pelo termo "*fade on*" (certo tempo para ligar totalmente) e "*fade off*" (certo tempo para desligar totalmente). Na verdade, a lâmpada vai de 0 a 100% ou vice-versa de seu fluxo luminoso nominal de uma forma não instantânea, contribuindo para o conforto visual dos usuários.

Sensor de Presença

Estes equipamentos são ativados pela aproximação de pessoas, grandes animais ou veículos⁵⁷. Basicamente existem dois tipos de sensores de presença no mercado de iluminação: tipo infravermelho e tipo ultra-sônico. É possível encontrar dualidade nestes dispositivos, ou seja, presença das duas tecnologias em um mesmo produto.

Antigos no mercado e utilizados inicialmente em sistemas de segurança, os sensores de presença ainda são especialmente instalados em circuitos de iluminação cuja maior preocupação é o uso racional de energia elétrica. Contudo, o conforto também é assumido como segundo objetivo em algumas instalações, ao mesmo tempo em que ocorre a redução do consumo. Estima-se que empresas que produzem controladores de energia elétrica – *dimmers*, termostatos e sensores de presença – aumentaram a produção em 20% no primeiro trimestre⁵⁸ de 2002, sendo que os fabricantes garantem que estes equipamentos geram uma economia de até 60% se comparados com o consumo em ambientes que não contam com estes dispositivos.

Os sensores de presença são equipamentos usados em muitos ambientes, especialmente naqueles onde se pretende controlar o consumo de energia elétrica. Eles podem, nos modelos mais simples, ser programados pelo usuário para controlar o tempo em que o usuário contará com as lâmpadas ligadas. Em outros modelos, mais sofisticados, podem apresentar funções adicionais, como controlar vários tipos de carga (ou de lâmpadas).

Têm como finalidade compor sistemas de segurança, podendo ser empregados para comandar lâmpadas, acendendo-as somente quando alguém estiver presente no ambiente, evitando

⁵⁷ Fonte: MOREIRA, V. de Araújo. Livro: Iluminação Elétrica, 1999, p.132.

desperdício. Depois de um tempo predeterminado, após o último movimento detectado, a luz se apaga automaticamente. Sua utilização é mais freqüente em garagens, hall de elevadores, corredores e áreas de circulação em geral. Geralmente faz-se um estudo da relação custo-benefício para avaliar a escolha do melhor comando para a fonte de iluminação artificial, bem como um cálculo para apontar se haverá retorno do investimento e em quanto tempo este irá ocorrer, uma vez que a conta de energia elétrica será reduzida.

Existem vários modelos de sensores de presença no mercado brasileiro que incorporam uma espécie de fotocélula⁵⁹ que não aciona os contatos do sensor nos casos em que a luz natural é suficiente para iluminação do local. A possibilidade de ligar dois ou mais sensores para acender um mesmo conjunto de cargas é uma opção possível e interessante, principalmente devido ao fato de que o raio de ação é geralmente diferente entre as duas tecnologias. A tecnologia infravermelha detecta fontes de calor em movimento.

Ressalta-se a importância em se projetar corretamente a área de abrangência ou de atuação dos sensores de presença bem como o tempo mínimo ou máximo necessário para permanência acesa da fonte artificial de luz comandada pelo sensor. A utilização inadequada desses sensores em geral acarreta em um grau de irritabilidade nos usuários do espaço. No Rio de Janeiro e em outros estados é possível flagrar uma aplicação incorreta destes sensores. Os equipados com tecnologia ultrassônica por vezes acionam circuitos de iluminação de uma sala ao detectar um movimento no corredor ao lado, por exemplo. Um erro de localização do sensor tipo infravermelho faz com que as pessoas necessitem fazer gestos de aceno ou deslocamentos maiores para conseguir ter seu objetivo alcançado que é simplesmente manter a luz acesa para realizar sua tarefa.

Fotocélula

Utilizados na maioria das vezes em áreas públicas ou externas (postes) permitindo acendimento automático da lâmpada que deve ficar acesa durante toda à noite. Estes dispositivos são sensíveis à luz e possuem ajustes internos indicando valores mínimos de luz para que seus contatos elétricos permaneçam abertos até que o nível fique abaixo do

⁵⁸ Fonte: Revista Lumière, edição 49, maio de 2002, p132-133. Adaptado.

⁵⁹ A definição de fotocélula também é encontrada neste capítulo.

estabelecido. Ao fim da tarde, esse nível é ultrapassado (luz exterior < luz mínima) e a luz elétrica é então acionada com o fechamento do circuito elétrico.

Definição de fotocélula segundo norma da ABNT TB-23/1991: Detector de radiação óptica que utiliza a interação entre radiação e matéria, de que resulta a absorção de fótons e conseqüente liberação de elétrons a partir de seu estado de equilíbrio, e produzindo uma tensão, uma corrente ou uma variação de resistência elétrica, mas não incluindo outros fenômenos elétricos decorrentes da variação de temperatura.

Em matéria publicada⁶⁰ pela revista *Lumière* em junho de 2001 a função básica dos relés fotoelétricos é acender as luzes de noite e apagá-las de dia automaticamente, havendo algumas variações em alguns modelos. Utilizados na iluminação pública: estradas, ruas, avenidas, praças, e na iluminação de letreiros: fachadas e outdoors, entre outros espaços, os relés fotoelétricos constituem-se de controles individuais acoplados às bases para instalação e também podem ser utilizados em grupos de lâmpadas, com o auxílio de chaves de comando em grupo.

Além desta principal função, os relés fotoelétricos possuem também a qualidade de proteger o sistema contra sobrecorrentes, evitando que o resto do circuito de iluminação fique avariado.

Existem relés magnéticos, eletrônicos e térmicos. O sistema magnético é muito bem aceito, pois oferece respostas imediatas: escurecendo-se a fotocélula, o sistema é acionado instantaneamente e, ao surgimento de luz, o sistema desliga, diferentemente de muitos sistemas não magnéticos, cuja resposta é vagarosa.

A vantagem desta precisão consiste na fácil manutenção, uma vez que o técnico logo consegue detectar o problema, sem esperar a resposta do sistema. Além disso, eles são econômicos, requisito importante em tempos de crise energética.

Sensor de Luz

⁶⁰ Fonte: Revista *Lumière*, edição 38, junho de 2001, p.120. Adaptado.

Equipamento muito semelhante à fotocélula. Entretanto, sua principal utilização é em ambientes internos permitindo uma leitura constante do nível de luz natural próximos a aberturas laterais. Com isso, este dispositivo envia informações a centrais controladoras de origem eletrônica microprocessada que mantém sob controle os diversos equipamentos auxiliares e lâmpadas ligados a esta. Esse arranjo permite em muitos casos o gerenciamento do fluxo luminoso de uma ou mais luminárias proporcionando melhor uniformidade ao sistema de iluminação. Grandes empresas do mercado de iluminação começam a introduzir no Brasil sensores de luz que monitoram a luz natural do ambiente e enviam informações, direto a reatores eletrônicos dimerizáveis para lâmpadas fluorescentes, regulando a luz artificial de modo a manter o nível de iluminamento do recinto, economizando energia elétrica.

Temporizador (*Timer*)

O *timer* é um equipamento utilizado em iluminação para ligar e/ou desligar lâmpadas em horas pré-programadas. A utilização deste dispositivo é muito comum em letreiros comerciais e iluminação de fachadas. Uma das mais usuais aplicações em residências é para áreas externas visando segurança, inibindo a ação de vândalos e bandidos. Nos jardins contemplativos também é comum a utilização deste dispositivo.

Minuteria

O autor do livro Iluminação Elétrica⁶¹ menciona que é possível controlar lâmpadas através de minuterias micromotorizadas ou eletrônicas, que ligam e/ou desligam a iluminação em horas pré-programadas ou a desligam depois de um período predeterminado. Esse último controle é utilizado, por exemplo, em edifícios residenciais para desligamento da iluminação das caixas de escadas, corredores e outras partes comuns.

⁶¹ MOREIRA, Vinicius de Araújo. Iluminação Elétrica, p.132.

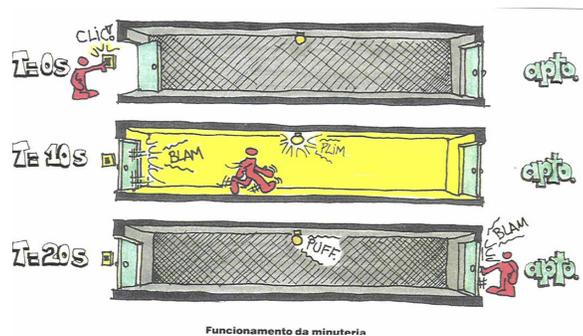


Figura 30 – Princípio de funcionamento de uma minuteria. (Fonte: LAMBERTS).

O engenheiro Hélio Creder⁶² menciona o significado do nome para o dispositivo. Ele diz que em edifícios residenciais, após as 22 horas, quando o movimento diminui, não se justifica ficarem toda a noite muitas lâmpadas acesas, basta que se acendam no momento em que chega uma pessoa, apagando automaticamente pouco depois. Como permanecem ligadas aproximadamente um minuto, são conhecidas por “minuterias”.

Controle remoto: Da mesma forma que esse produto é utilizado em TVs, rádios, etc, também existem modelos para utilização em iluminação. É composto de duas unidades: receptor e emissor.

Portanto, os controles de iluminação mencionados neste capítulo foram: interruptor (simples, intermediário e paralelo), *dimmer*, sensor de presença, sensor de luz, fotocélula, timer e minuteria. Os dispositivos de controle foram analisados em separado, mas vale lembrar que a integração destes equipamentos é importante para obtenção de benefícios visando o conforto, bem-estar e segurança dos usuários, tornando a iluminação um sistema com maior flexibilidade e versatilidade de uso dos ambientes.

Por mais notório que seja, é importante afirmar que todo equipamento de controle de iluminação deve fornecer informações sobre suas características elétricas de potência máxima, tensão de operação e corrente elétrica, entre outras.

⁶² CREDER, Helio. Instalações Elétricas. 14ª ed. p.112.

Diferentes formas de controle do nível de iluminação.

Segundo o Manual de Iluminação Philips, basicamente existem cinco maneiras para controlar o nível de iluminação artificial num interior: liga e desliga manual; controle manual do fluxo; liga e desliga automático; controle gradativo automático; controle automático do fluxo. Segue a descrição destes a seguir:

- a) **Liga e Desliga Manual:** Quando a iluminância interior E_i causada pela luz natural é superior a iluminância do projeto E_d , a luz artificial poderá ser desligada manualmente;
- b) **Controle Manual do Fluxo:** Com o controle manual do fluxo, as modificações abruptas no nível são evitadas, mas a necessidade de um constante ajuste do nível continua;
- c) **Liga e Desliga Automático:** Controle fotoelétrico poderá ser usado para desligar a luz artificial quando E_i excede E_d . Não obstante existem instalações com resultados satisfatórios, também existem casos com resultados desfavoráveis devido à resistência dos ocupantes contra o sistema;
- d) **Controle Gradativo Automático:** As desvantagens do sistema de liga-desliga da instalação poderão ser atenuadas, quando é desligada em partes sucessivas. Por exemplo, 50% e depois 100%, ou 33%, 67% e 100%. Para este tipo de operação luminárias especiais e / ou circuitos são necessários;
- e) **Controle Automático de Fluxo:** O melhor sistema de controle é o que mantém constantemente um equilíbrio entre a luz natural e o nível da luz artificial, de maneira que a iluminância do projeto é mantida. Este sistema requer uma unidade de controle do fluxo e uma combinação lâmpada-reator que permite um controle gradativo de 100% até zero.

2.5 Sistemas de Controle

Existem muitos fabricantes de sistemas de controle automatizados para utilização em ambientes residenciais. Alguns destes serão citados pelo próprio nome, bem como suas terminologias adotadas para as soluções que estão disponíveis no mercado brasileiro, a fim de exemplificar as possíveis soluções que envolvem o controle da iluminação residencial. Relembrando que a inclusão ou a omissão de produtos de alguma companhia em particular não implicam nenhum endosso ou julgamento de valor por parte do autor.

Antes de se aprofundar nos produtos disponíveis para solucionar o controle de uma iluminação residencial, cabe uma breve explicação sobre a diferença entre um controle individualizado e um sistema de controle.

Primeiro, faz-se necessário definir “zona de iluminação”. Uma zona de iluminação é composta por um conjunto de lâmpadas que são acionadas simultaneamente sob o mesmo comando, seja ele um interruptor, um dimmer, ou qualquer outro dispositivo de controle. É importante verificar a potência máxima que o dispositivo pode suportar. São encontrados no mercado nacional, por exemplo, dispositivos que suportam 300, 600, 1000, 1500 watts. De maneira geral, quando a opção de controle é o dimmer, zonas de iluminação que contemplem lâmpadas incandescentes na tensão de rede, incluindo as halógenas, possuem um custo mais baixo quando comparadas às zonas para acionamento de lâmpadas que requerem equipamentos auxiliares, tais como, reatores e transformadores dimerizáveis. No caso das zonas de iluminação com lâmpadas em tensão de rede, não somente o preço de lâmpadas é mais barato, dispensam o custo do equipamento auxiliar, mas também o custo do próprio dimmer é menor, uma vez que as características elétricas dos dois circuitos são diferentes e os aspectos construtivos para dimerização de uma lâmpada diretamente ligada à rede elétrica requer componentes de valores mais baixos.

Infelizmente os dispositivos de controle, principalmente o dimmer, encontrados no mercado de iluminação brasileiro, muitas vezes, não trazem explicações técnicas que orientem com maior precisão o usuário. Isso não quer dizer que as informações encontradas nas embalagens e manuais não atendam muitas vezes as normas vigentes, mas por motivos alheios a nossa vontade, algumas informações são omitidas por vontade ou desconhecimento do fabricante.

Como exemplo, pode-se citar o caso de um dimmer que é fabricado exclusivamente para utilização em lâmpadas diretamente ligadas a rede elétrica, e outro para lâmpadas que utilizam algum tipo de equipamento auxiliar. A Lutron Electronics Co., por exemplo, deixa isso explícito em sua embalagem, e raramente encontra-se outro fabricante que abasteça o mercado com estes dois tipos diferentes de dimmer. Lamentavelmente, isso se configura em falta de informação suficiente para que o usuário final possa fazer sua escolha. Se as informações fossem mais precisas, o usuário poderia procurar de forma mais consciente a solução mais adequada para o acionamento da sua iluminação.

Portanto, se as características elétricas dos circuitos com ou sem equipamentos auxiliares é diferente, e o dimmer também é diferente⁶³, deve-se separar as cargas elétricas (lâmpadas), em uma mesma zona de iluminação.

O **sistema de controle de iluminação** facilita a operacionalidade. Exemplificando, pode-se criar um ambiente de estar e jantar residencial com três zonas de iluminação. A primeira e a segunda com lâmpadas na tensão de rede, e a terceira com lâmpadas dicróicas 12 volts e transformadores eletromagnéticos, por exemplo. Para dimerizar as três zonas com dimmers individuais, toda vez que o usuário desejar variar a intensidade de qualquer uma das três zonas ele o fará individualmente. Ou seja, a pessoa vai acender, apagar, aumentar ou diminuir a intensidade de uma das zonas variando o *dimmer* destinado a ela. Geralmente, o usuário não memoriza se é o *dimmer* a, b ou c, dispostos lado a lado na parede em uma caixa 4x2, que aciona a zona 1, por exemplo. Geralmente, aciona-se qualquer *dimmer* e observa-se qual zona está variando a intensidade da iluminação e se esta é a zona de interesse no momento. Quanto maior o número de zonas de iluminação, maior complexidade de acionamentos. Na verdade, existem milhares de pessoas no mundo que acionam suas lâmpadas exatamente dessa maneira. Todavia, pode-se imaginar em residências de classes sociais mais elevadas, contemplando quatro ou mais zonas de iluminação por ambiente, que sistemas automatizados de iluminação podem facilitar em muito esses acionamentos.

Abre-se o campo para o sistema de controle de iluminação. Permita-se imaginar que as três zonas de iluminação citadas como exemplo anterior, serão acionados com o toque de apenas um botão. Ao apertar este botão de comando, as zonas 1 e 2 acenderão com 50% da sua

⁶³ Segundo a empresa Lutron Electronics Co., Inc. 7200 Suter Road, Coopersburg, PA 18.036.

capacidade máxima, e a zona 3 acenderá com 90%. Esta é apenas uma das inúmeras combinações possíveis que se pode conseguir com esses sistemas de controle. Deve-se ressaltar que o tempo gasto para ajustar os níveis desejados para determinado momento diminui. O usuário pode programar seus níveis preferenciais de iluminação e acioná-los de forma simplificada quando for utilizá-los. Certamente, o julgamento estético ganha valor, aumentando o grau de requinte e elegância do espaço. Nos ambientes cada vez mais multifuncionais de uma residência, o sistema de controle de iluminação, portanto apresenta-se como solução para promover maior conforto ao usuário e versatilidade ao espaço.

Controle Programável de Cenas

O sistema Grafick Eye da Lutron Eletronics é um exemplo de controle programável de cenas de iluminação. O fabricante indica suítes, home theater, salas de estar e jantar, como os principais ambientes residenciais para utilização deste produto. Nas séries 2000 e 3000, cada equipamento pode controlar até quatro cenas de iluminação, além de permitir uma interligação com até mais oito outros equipamentos em rede, atendendo desta forma até 48 zonas e 16 cenas. Informações de potencia máxima, tensão de operação, capacidade máxima de amperagem por zona, entre outras, são informações importantes fornecidas pelo fabricante. Permite incluir o controle integrado de outros equipamentos que podem ser encontrados em ambientes residenciais, tais como: cortinas automatizadas, ar condicionado, telas de projeção. O controle pode ser manual com acionamento direto no painel do *Grafik Eye*, via acessórios tipo *Keypads*, *Touch Screens*, ou via controle remoto.

Sistemas para dar maior flexibilidade de uso aos espaços.

O sistema Homeworks Interactive da Lutron Eletronics é indicado para aplicações em residências de tamanho e tipo diversos. Sua solução é permitida para três possibilidades de utilização: instalação totalmente cabeada (indicado geralmente em novas construções); instalações totalmente wireless/radiofrequência (indicado para retrofits); ou ambos, conforme as necessidades e possibilidades de infra-estrutura encontradas no empreendimento. Este sistema possibilita o controle da iluminação integrada ou não com outros sistemas, de um ou

mais pontos da casa criando algumas facilidades ao usuário, tais como, caminhos de luz entre os cômodos. Uma função adicional encontrada neste tipo de sistema de controle é o serviço de temporização diferenciado. O sistema pode repetir exatamente a mesma iluminação utilizada pela família na última semana ou mês, na casa inteira ou em parte, simulando desta maneira a presença de pessoas, aumentando a segurança da residência principalmente em períodos mais sujeitos a invasões e vandalismo. O sistema Homeworks também permite o acionamento de zonas de iluminação a distancia através de telefone ou Internet.

Opções para residências com infra-estrutura limitada.

O sistema de controle de iluminação Radio Ra da Lutron Electronics é uma opção para aplicações em residências onde os ajustes de infra-estrutura devem ser mínimos, com áreas que comportem no máximo quatro repetidores de sinal. A comunicação dos equipamentos se faz através de radiofrequência (wireless), facilitando a instalação do sistema. Permite integração, se for o caso, com Grafik Eyes da série 3000 já instalados anteriormente. Também possui alguns benefícios encontrados no sistema Homeworks.

Sistemas para Gerenciamento da Iluminação.

Os sistemas de iluminação modernos apontam uma necessidade para um gerenciamento também moderno, ou seja, onde as luzes possam ir além dos simples e tradicional ligar e desligar. Os sistemas modernos de gerenciamento da iluminação artificial possibilitam a utilização dos ambientes de uma forma mais flexível, confortável e versátil, além da consequente economia de energia. O protocolo DALI é um novo exemplo para gerenciamento da iluminação. O campo de aplicação do sistema DALI é amplo e sua utilização é recomendada em ambientes multifuncionais. Alguns setores de uma residência onde são desenvolvidas diversas atividades são propícios à utilização de um sistema moderno e versátil como este. São sistemas com inúmeros recursos que proporcionam benefícios aos seus usuários tal como quando se deseja modificar a iluminação de um ambiente para adequar-se a atmosfera desejada para determinado momento. Como exemplos, podem-se destacar diversas

cenar modificadas para atender aos mais variados afazeres do cotidiano de uma residência, ao toque de um botão: receber amigos; romântica, assistir televisão, ler e escrever.

Iluminação Artificial Dinâmica.

O sistema Easy Color Control é uma das soluções encontradas no mercado nacional para sistemas que buscam promover uma iluminação artificial dinâmica. Inúmeras aplicações são possíveis através da utilização deste sistema tais como: efeito RGB⁶⁴ utilizando lâmpadas fluorescentes tubulares coloridas ou Leds, simulação a luz do dia com lâmpadas fluorescentes, entre outros efeitos de dinamicidade variando o tempo, a cor, a intensidade, juntos ou em separado.

É importante ressaltar a necessidade de que todos os equipamentos auxiliares que estão inseridos em um sistema de iluminação cujo protocolo de comunicação é o DALI também necessitam ser DALI, ou seja, reatores eletrônicos DALI, transformadores eletrônicos DALI, fontes de alimentação DALI. A funcionalidade proporcionada por esses sistemas minimiza a possível rejeição inicial por parte de projetistas e usuários devido sua complexidade de entendimento e operacionalidade.

⁶⁴ RGB – Red Green Blue – (Vermelho Verde Azul)

CAPÍTULOS 3 – DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA LUZ ARTIFICIAL: ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO DIMMER.

3.1 Considerações Iniciais.

O propósito deste capítulo é mostrar de forma clara, objetiva e sucinta, os resultados obtidos em duas pesquisas realizadas durante o desenvolvimento da tese, a saber: a medição do consumo de energia elétrica utilizando um *dimmer* nacional e; o resultado obtido no questionário sobre o conhecimento e a utilização de dispositivos de controles de iluminação nas próprias residências de profissionais e usuários.

Ainda como complemento, outras tabelas são apresentadas no intuito de comparar os diferentes ganhos com redução de consumo de energia, baseando-se em duas reais possibilidades de escolha, sendo: opção por se trocar uma lâmpada incandescente por uma fluorescente compacta integrada (popularmente conhecida como lâmpada eletrônica), ou se utilizar um *dimmer* no circuito da própria lâmpada incandescente.

Alguns livros indicam que *dimmers* e outros dispositivos de controle quando utilizados nos circuitos elétricos para controlar a luz artificial geram uma economia no consumo de energia elétrica. No entanto, o potencial desta redução de consumo ainda carece de estudos mais específicos para comparação e avaliação dos níveis de redução que podem ser atingidos, uma vez que estes dados são apresentados normalmente apenas pelos próprios fabricantes dos produtos.

Nesse intuito, foi montada uma experiência com um *dimmer* nacional e foram feitas medições desse potencial de redução de consumo. Durante a *Lightfair International 2006*, também foi possível ter acesso a outras tabelas publicadas por organizações americanas sobre o potencial

de redução de consumo de energia elétrica utilizando vários dispositivos de controle. Essa tabela está reproduzida no fim do capítulo. Os resultados obtidos no questionário podem auxiliar no desenvolvimento de soluções futuras quanto ao uso de controles de iluminação no ambiente residencial e, já influenciaram nas propostas adotadas no capítulo quarto, onde são dadas algumas recomendações de utilização de controles artificiais de luz para a iluminação dos diferentes ambientes residenciais.

3.2 Potencial de redução do consumo de energia elétrica utilizando *dimmer*.

3.2.1 – Utilização do *dimmer*. Principais benefícios.

Com a evolução da tecnologia, vários dispositivos de controle de iluminação foram introduzidos no mercado brasileiro e estão sendo aperfeiçoados ao longo do tempo. Essa realidade não foi diferente com o *dimmer*. Aperfeiçoaram-se modelos exclusivos em função da carga, ou seja, tecnologia específica para variados tipos de lâmpadas. *Dimmer* para lâmpadas incandescentes em tensão de rede, halógenas em baixa tensão, fluorescentes, e quaisquer outros tipos de lâmpadas. Atualmente é possível variar a luminosidade de qualquer tipo de lâmpada, sendo que em alguns modelos ainda existem restrições que inibem seu uso em larga escala.

Mas quais são os benefícios que um controle de iluminação pode trazer para Arquitetura? Qual a maior contribuição do *dimmer* como dispositivo de controle da iluminação de um ambiente? Essas questões são relevantes e os arquitetos necessitam ter consciência da importância de controlar a luz tão logo se inicie o processo de projetar um espaço que será utilizado pelo ser humano.

Na busca por apontar benefícios que o *dimmer* poderia agregar ao ambiente imagina-se: Flexibilidade? Sim. Uma vez que o *dimmer* permite graduar a luminosidade do ambiente em

vários níveis e baseados nos estudos recentes⁶⁵ que mostram a influência causada pela quantidade e qualidade da luz no estado de alerta das pessoas, o *dimmer* ganha importância como sendo um elemento flexível para o controle da iluminação artificial, uma vez que a luz poderá ser graduada ao simples toque, deslizar ou girar de um botão, oferecendo níveis ideais para cada ocasião ou atividade. Em contrapartida, sob os pontos de vista técnico e estético, quais serão as alterações nas características das lâmpadas submetidas à dimerização? Existe variação do índice de reprodução de cores e da temperatura de cor da lâmpada, por exemplo? É muito importante para o projetista de iluminação ter conhecimento das possíveis alterações das fontes luminosas quando submetidas ao variador de luminosidade. Uma vez que a cor percebida é fruto da composição da radiação espectral da luz que incide em um objeto com a própria cor deste objeto, essa questão torna-se de alta relevância.

Eficiência energética? Sim. Outro fato interessante são as publicações de tabelas por fabricantes de *dimmers* indicando uma redução no consumo de energia elétrica em função do nível ajustado de luminosidade. Quanto menor a iluminância do ambiente em função da dimerização da lâmpada maior será a economia de energia. Entretanto, em termos proporcionais, quanto menor a redução da luminosidade maior é o percentual proporcional de ganho com redução de consumo. Se aprofundarmos em estudos mais técnicos quanto à questão da eficiência energética utilizando *dimmer*, ter-se-ia que estudar o quão é afetada a forma de onda da senóide de tensão e corrente elétrica que altera o fator de potência de uma instalação. Essas são algumas das questões técnicas que merecem estudos mais aprofundados e será recomendada no final da tese como proposta para trabalhos futuros mais voltados para o campo da engenharia.

Conforto? Sim. O variador de luminosidade permite níveis de iluminação mais baixos que induzem o ser humano ao estado de relaxamento / contemplação. Níveis mais elevados remetem a produtividade / trabalho. O fato de poder controlar o brilho de pequenas fontes de luz muitas vezes ajuda a minimizar ou erradicar o ofuscamento direto ou indireto contribuindo assim para um maior nível de conforto do usuário.

⁶⁵ Van Bommel, W.J.M., van del Beld, G.J., van Ooyen, M.H.F., “Industrielle Beleuchtung und Produktivitat”, Licht 2002 Tagung, Maastricht, (2002).

Segurança? Sim. Em sistemas de controles mais sofisticados de iluminação na área de automação, o *dimmer* é um dos dispositivos de controle que alia economia de energia, flexibilidade e segurança, entre outros benefícios. Ao programar a iluminação de uma residência para funcionar durante, por exemplo, uma semana em que toda família estará ausente, o “bailar” das luzes no ambiente dará a impressão que a casa não está vazia, minimizando os riscos de invasão por parte de marginais e agressores. Mesmo equipamentos de controle não tão sofisticados, como temporizadores e sensores de presença, podem promover segurança às pessoas uma vez que ao acenderem lâmpadas repentinamente, agem como inibidores, minimizando a ação danosa de pessoas mal-intencionadas.

3.2.2 Tipos de *dimmer* em função da carga.

O enfoque nesta pesquisa concentra-se no setor residencial, onde as cargas (lâmpadas e equipamentos auxiliares) de maior utilização e conseqüente aplicação do *dimmer* são:

- a) Lâmpadas incandescentes em tensão de rede elétrica (127 ou 220 volts);

- b) Lâmpadas halógenas em baixa tensão em conjunto com transformadores eletromagnéticos ou eletrônicos (12 volts);

- c) Lâmpadas fluorescentes;

O *dimmer* utilizado para variar a luminosidade das lâmpadas incandescentes em tensão de rede é o mais simples. A característica desse tipo de lâmpada é resistiva. O *dimmer* para uso em lâmpadas incandescentes apresenta-se no mercado em dois principais tipos: deslizante (linear ou rotativo) e digital (de maior precisão).

Para o segundo tipo de carga, lâmpada halógena de baixa tensão, existe a inserção de um equipamento auxiliar entre a lâmpada e o *dimmer*, é o caso do transformador. Entre os transformadores disponíveis no mercado estão os de origem eletromagnética ou eletrônica, sendo o último com possibilidades de carga indutiva ou capacitiva. Nesse caso, o *dimmer* é construído com componentes diferentes do *dimmer* anterior.

Por último, as lâmpadas fluorescentes utilizam um outro tipo de variador de luminosidade próprio para utilização em conjunto com reatores eletrônicos especiais (dimerizáveis) que permitem a variação no fluxo luminoso da lâmpada.

Para uma melhor escolha de um *dimmer* pode-se comparar uma série de características técnicas, tais como: potência máxima, tensão de entrada, potência mínima (para que não ocorra cintilação), existência de filtro de rede, tipo de semicondutor (simples, triac, triac duplo), proteção contra surtos de tensão, proteção contra descarga eletrostática, curva de dimerização (degraus ou quadrática), e outras até de caráter estético como o tipo de pintura das placas 4x2 ou 4x4 onde são instalados os equipamentos nas paredes da residência. Portanto, todas essas características fortalecem o entendimento de que é necessário um bom nível de conhecimento do assunto para sua melhor aplicação na arquitetura a fim de valorizá-la.

3.2.3 *Dimmer*. Como pode ser associado à pesquisa de Kruithof?

Outra função importante dos *dimmers* pode ser relacionada ao diagrama de Kruithof, pesquisador holandês que trabalhara na Philips, na qual realizou uma pesquisa em 1941, onde contrariava o pensamento da época. A pesquisa foi desenvolvida para investigar se haveria uma temperatura de cor “preferida” para apreciação de trabalhos expostos em galerias de arte. Quando um observador está em um átrio com penetração da luz natural “branca” e visualiza o espaço sob a também presença da luz “branca” proveniente das lâmpadas halógenas, essa luz artificial aparecerá amarelada e antinatural. Se não houver forte presença de luz natural, a mesma luz artificial das lâmpadas halógenas não parecerá tão amarelada, e qualquer presença

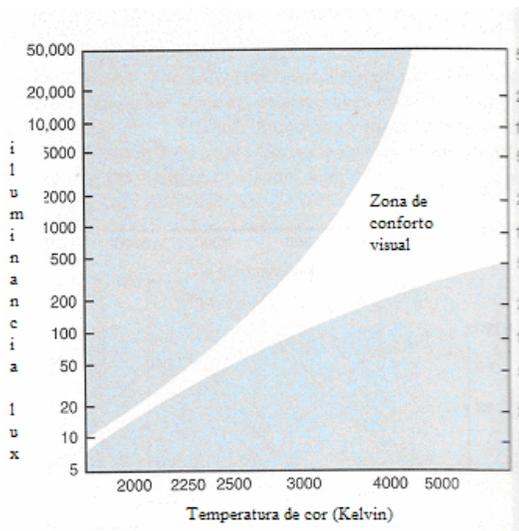
casual da luz natural será azulada, “esfriando” antinaturalmente o ambiente, comparado a perspectiva anterior.

Portanto, o que se quer mostrar, é que ambas as luzes são brancas, mesmo que variando nas proporções de tons vermelhos aos azuis da energia visível. Esse universo quantitativo é julgado qualitativamente por cada indivíduo, que interpreta o espaço a sua maneira mediante sua visão e arquivo emocional.

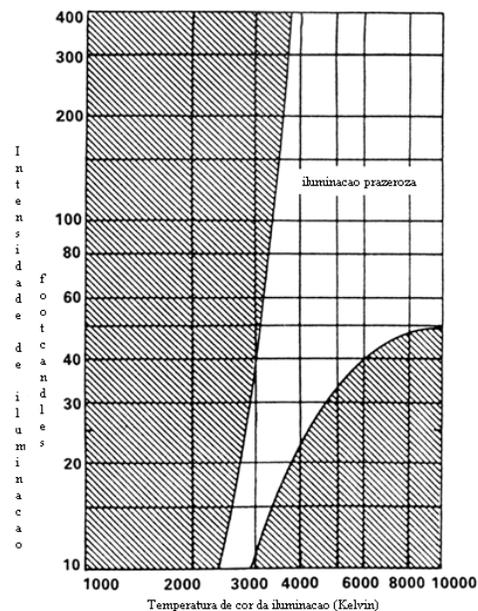
Naquela época, julgava-se necessário iluminar as exposições de arte sob a mesma condição luminosa onde as obras eram concebidas. Ou seja, quando um artista pintava seu quadro sob a luz do dia, a exposição deveria ser iluminada com lâmpadas de tons “branco azulados”, semelhantes ao Sol na maior parte do dia. Caso contrário, se a obra era concebida sob a luz de velas, sem a presença da luz natural, a exposição também teria que ser iluminada sob uma fonte artificial de luz de aparência “branco amarelada”.

Essa intenção foi desmistificada neste trabalho de Kruithof uma vez que sua pesquisa mostrou resultados onde a iluminância e a temperatura de cor da fonte segue uma relação bem definida. A pesquisa basicamente indagava se o ambiente estava iluminado de forma agradável ou desagradável.

A figura 31 mostra dois diagramas referentes à pesquisa de Kruithof. Em 31a mostra-se o diagrama apresentado no Handbbok IESNA nona edição publicada em 2000 e, em 31b mostra-se à publicação original do investigador holandês. O diagrama sugere que quanto maior for a iluminância do ambiente maior deverá ser a temperatura de cor da fonte. Da mesma forma, quanto menor for a iluminância do ambiente menor deverá ser a temperatura de cor da fonte. A área branca que se estende entre as duas áreas azuis apresenta-se como sendo a região de maior conforto visual para o ser humano.



(a)



(b)

Figura 31 – (a) Diagrama de Kruithof. Iluminâncias (expressas em lux) no eixo vertical; Temperaturas de cor das fontes de luz (expressas em Kelvin) no eixo horizontal. Segundo Kruithof, a área em branco representa a zona de conforto visual onde o gráfico sugere temperaturas de cor mais elevadas para níveis de iluminação mais elevados e temperaturas de cor mais baixas para também níveis baixos.

Fonte: IESNA Lighting Handbook, edição n.9, 2000.

(b) publicação original do investigador holandês, A.A. Kruithof (“*Tubular Luminescence Lamps for General Illumination*”, *Philips Technical Review*, vol.6, 65-96, 1941).

Fonte: (<http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn21/wn21-3/wn21-308.html>. Acesso 01/07/07 -14h)

Embora a qualidade do ambiente seja importante, o trabalho de Kruithof não fornece nenhuma informação em como a temperatura da cor afeta na percepção das cores pelo observador e nos relacionamentos específicos entre cores. E ainda não há literatura que apresente respostas adequadas às perguntas sobre o impacto da temperatura de cor na percepção visual.

3.2.4 Experiência para medição do potencial de redução do consumo de energia elétrica utilizando dimmer.

Esta experiência tem como objetivo avaliar o real potencial de redução do consumo de energia utilizando *dimmer*. A literatura brasileira sobre dispositivos de controle de iluminação artificial⁶⁶, afirma que o uso específico de um *dimmer* contribui na redução do consumo de energia elétrica, entretanto não expressa valores percentuais de redução para os modelos de fabricantes disponíveis no mercado brasileiro. Somente alguns fabricantes de *dimmers* apresentam seus próprios indicadores de redução de consumo. Sendo assim, o trabalho de medição proposto neste estudo, realizado por uma instituição acadêmica com total isenção, torna-se válido no intuito de apontar qual potencial de redução de consumo que pode ser atingido e avaliar a tese de que os *dimmers* são equipamentos realmente capazes de reduzir o consumo de energia elétrica e ainda, verificar o quanto isso é possível. Paralelo a esta linha de pesquisa, o trabalho apresenta pesquisa bibliográfica sobre os demais benefícios advindos da utilização do variador de luminosidade, tais como: conforto visual e flexibilidade.

A experiência.

O método utilizado nesta experiência fez uma análise entre o fluxo luminoso emitido das lâmpadas incandescentes halógenas dicróicas 50 watts 127 volts e sua potência total dissipada em circuitos elétricos onde o *dimmer* é o equipamento utilizado para controlar a fonte artificial de luz.

No passado, o *dimmer* praticamente não reduzia o consumo de energia.

Os motivos que levam as pessoas a utilizarem o *dimmer* podem estar relacionados ao conforto visual e a redução da potência consumida pelas lâmpadas. Em um passado não tão distante,

⁶⁶ Exemplos de Livros: Iluminação Elétrica (MOREIRA, 1999), Iluminação Econômica (COSTA, 1998), Iluminação & Arquitetura (SOLANO, 2001), Luz, Lâmpadas & Iluminação (SILVA, 2002), Manual de Iluminação Philips (PHILIPS, 1986), A história da iluminação Artificial (BONALI, 2001).

utilizava-se um tipo de *dimmer* (resistivo) que variava o fluxo luminoso da lâmpada, mas quase não diminuía a potência consumida no circuito elétrico destinado a tal lâmpada. O que ocorria era uma transferência no consumo de energia. O que **não** era consumido pela lâmpada era praticamente consumido pelo *dimmer*. Com o avanço tecnológico, equipamentos eletrônicos foram introduzidos no mercado de iluminação, entre eles, o “*dimmer* eletrônico”⁶⁷. Este “*dimmer* eletrônico” é capaz de variar o fluxo luminoso da lâmpada, permitindo que o usuário ajuste o nível de iluminação mais agradável para determinada ocasião e ainda, possibilitando uma redução no consumo de energia do circuito elétrico na qual está inserida a lâmpada.

Descrição da experiência - Equipamentos utilizados e circuito elétrico.

Para efetuar a experiência foram utilizados os seguintes equipamentos de iluminação e medição descritos a seguir:

1 (UM) Dimmer 300W 127V do fabricante Rio Vectra (nacional);

6 (SEIS) Lâmpadas dicróica 50W 120V 40° da Philips.

Foram utilizados os seguintes instrumentos de medição⁶⁸:

1 (UM) Alicete Amperímetro Digital: Modelo – 266 do fabricante - Force Line.

1 (UM) Luxímetro: Modelo - LD-500 do Fabricante – ICEL.

O circuito elétrico montado para esta experiência está mostrado na figura 32. Nos pontos A e B foram medidos tensão $V_{AA'}$ e $V_{BB'}$ em volts e, corrente I_A e I_B em ampéres.

⁶⁷ *Dimmer* eletrônico – Equipamento utilizado para variar o fluxo luminoso de lâmpadas constituído basicamente por componentes eletrônicos.

⁶⁸ Instrumentos cedidos pela empresa Casarão Lustres (empresa comercial do setor de iluminação situada à Rua Senador Bernardo Monteiro, 28 Benfica – Rio de Janeiro).

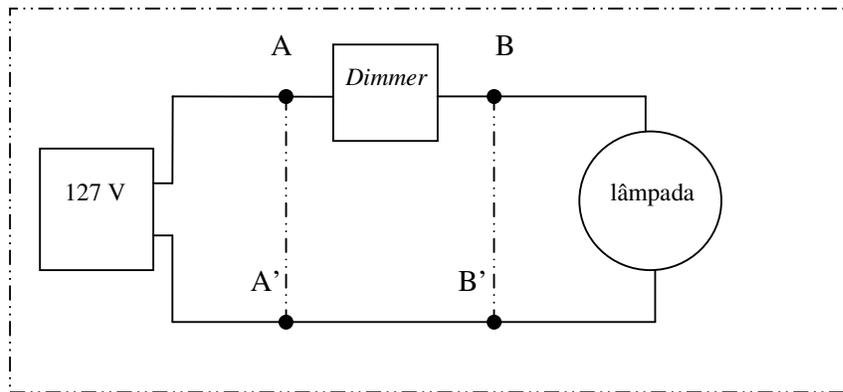


Figura 32 – Circuito elétrico da experiência com os pontos de medição A (entrada) e B (saída do dimmer).

A iluminância da sala durante a realização da experiência estava abaixo de 4 lux, valor este que foi considerado desprezível. Admitiu-se então que este nível de iluminação da sala não afetava sobremaneira os resultados da experiência. As figuras 33 e 34 apresentam fotos da experiência realizada com as lâmpadas dicróicas em tensão de rede 127 volts.



Figura 33 – Foto ilustrativa da montagem da experiência. A foto mostra a parte superior de duas luminárias brancas, cada uma com três lâmpadas dicróicas voltadas para baixo, instaladas a 1 metro do chão, cujo suporte lateral estão feitos pelas madeiras dispostas no armário de ferro. Em baixo (no chão) é possível observar o luxímetro. Esta foto foi tirada com a iluminação do ambiente ligada, e no momento em que o dimmer da experiência estava desligado – nível 0. Foto apenas para visualização da montagem.



Figura 34 – Foto ilustrativa da montagem da experiência. Aparecem duas luminárias cada uma com três lâmpadas dicróicas voltadas para baixo, instaladas a um metro do chão. Em baixo é possível observar o luxímetro. Momento em que o *dimmer* está ligado ao máximo – nível 10.

As luminárias mostradas nas figuras 33 e 34 foram colocadas a um metro de distância do chão. Essa distância foi adotada de forma criteriosa pensando-se na relação existente entre iluminância (expressos em lux) e candelas, relação esta que está diretamente relacionada com o quadrado da distância entre fonte luminosa e instrumento de medição. Uma foto contendo o *dimmer* e os instrumentos de medição utilizados nesta experiência estão mostrados na figura 35.



Figura 35 – Foto com os instrumentos de medição e dimmer utilizados na experiência. (Alicate Amperímetro Digital: Modelo - 266, Fabricante - Force Line), (Luxímetro: Modelo - LD-500, Fabricante – ICEL) e (Dimmer 300W 127 V Rio Vectra – vale ressaltar que o *dimmer* foi marcado com números de 1 a 10. Esses números representam os 10 níveis de iluminação a serem medidos).

Medições.

A fim de evitar possíveis erros provenientes de uma única medição, nessa fase da experiência foram realizadas três medições em dias diferentes. O gráfico relacionando fluxo luminoso e potência dissipada mostrado na figura 37 foi montado a partir da média obtida nas três medições realizadas. A tabela 04 abaixo representa a média obtida através das três medições:

Tabela 03 – Valores obtidos com a MÉDIA das três medições realizadas.

HD 50W 127V 40° Philips				MÉDIA				
Níveis	Lux	Tensão T (V)	Tensão A (V)	Tensão B (V)	Corrente A (A)	Corrente B (A)	Potência A (W)	Potência B (W)
1	0,0	125,7	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	125,7	125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	125,7	124,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	5,0	125,7	124,3	14,0	0,4	0,4	49,7	5,6
5	130,7	125,7	124,3	33,0	1,0	1,0	124,3	33,0
6	652,0	125,7	124,0	57,7	1,4	1,4	173,6	80,8
7	1375,7	125,7	124,0	76,3	1,7	1,7	210,8	129,7
8	2063,3	125,7	124,0	92,0	1,9	1,9	235,6	174,8
9	2763,3	125,7	124,0	106,0	2,1	2,1	260,4	222,6
10	3176,7	125,7	124,0	115,3	2,2	2,2	272,8	253,6
		125,7						

Onde:

HD 50W 127V 40° Philips - é a lâmpada dicróica utilizada nesta experiência;

Níveis de 0 a 10 – são os níveis de iluminação onde foram medidos tensão e corrente elétrica. O nível 0 (zero) representa *dimmer* desligado e nível 10 (dez) representa o máximo de fluxo luminoso que o *dimmer* permite proporcionar a lâmpada (conforme foto do *dimmer* na figura 36);

Iluminância (lux) – iluminância medida pelo luxímetro localizado no chão bem abaixo das seis lâmpadas dicróicas, expressa em lux;

Tensão T – tensão medida na tomada elétrica que alimenta a experiência, em volts;

Tensão AA' – tensão medida entre os pontos AA', na entrada do *dimmer*, em volts;

Tensão BB' – tensão medida entre os pontos BB', na saída do *dimmer*, em volts;

Corrente A – corrente elétrica medida no ponto A, em ampéres;

Corrente B – corrente elétrica medida no ponto B, em ampéres;

Potência A: Obtido multiplicando-se tensão e corrente medidos no ponto A para os respectivos níveis de dimerização;

Potência B: Obtido multiplicando-se tensão e corrente medidos no ponto B para os respectivos níveis de dimerização;

A partir desses resultados foi possível construir um quadro relacionando a iluminância e a potência dissipada no circuito elétrico. Atribuindo-se 100% para os valores obtidos no nível de dimerização indicado pelo número 10 do *dimmer* eletrônico, calcula-se o percentual de luz e potência dissipada para todos os demais níveis.

Tabela 04 – Quadro de relação: LUZ emitida e POTÊNCIA dissipada.

Níveis	Iluminância (%)	Potência (%)	Iluminância (lux)	Potência A (watts)
1	0%	0%	0,0	0,0
2	0%	0%	0,0	0,0
3	0%	0%	0,0	0,0
4	0%	18%	5,0	49,7
5	4%	46%	130,7	124,3
6	21%	64%	652,0	173,6
7	43%	77%	1375,7	210,8
8	65%	86%	2063,3	235,6
9	87%	95%	2763,3	260,4
10	100%	100%	3176,7	272,8

Transportando os valores apresentados na tabela 05 para uma planilha do aplicativo Excel construiu-se um gráfico relacionando as duas unidades em questão. A figura 36 apresenta o gráfico de linhas onde o eixo horizontal apresenta os 10 níveis de dimerização adotados para medição nesta experiência e o eixo vertical apresenta os valores percentuais de iluminância e potência dissipada no circuito.

Como a energia consumida em um circuito elétrico é a potência dissipada multiplicada pelo tempo, a relação da variação da luminosidade da lâmpada com o consumo de energia elétrica está preservado na experiência.

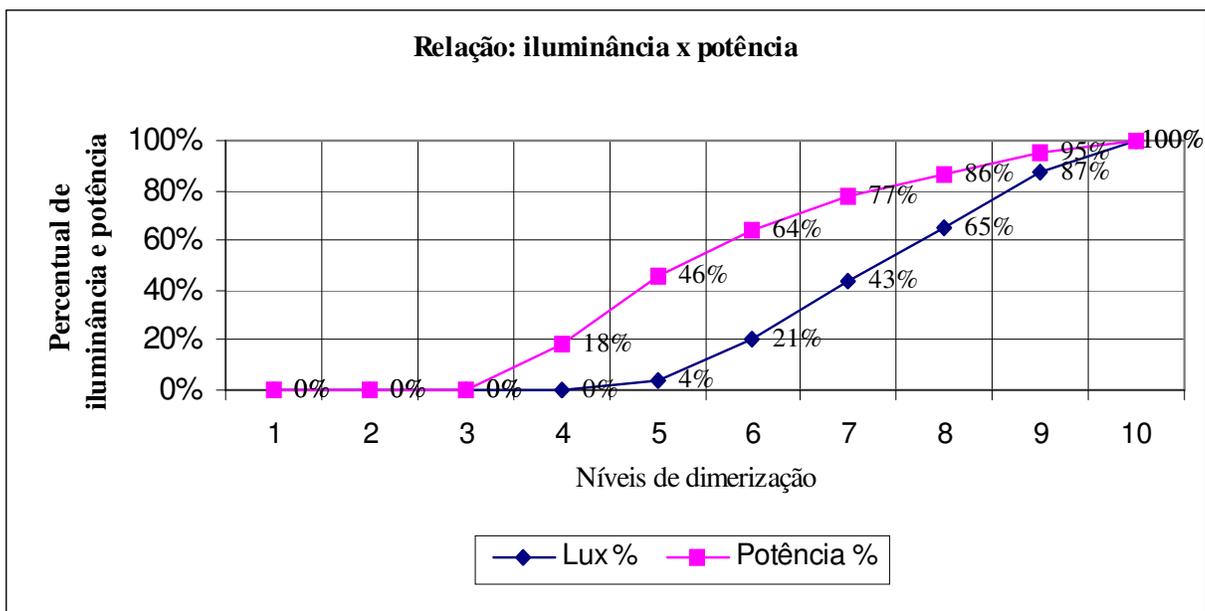


Figura 36 – Relação entre os valores obtidos de iluminância e potência. Gráfico em linhas.

Analisando a figura 36 percebe-se uma relação não linear entre as curvas de iluminância e potência. Ao reduzir 13% do nível de iluminação fornecido pela fonte luminosa (100% no nível 10 para 87% no nível 9) a potência do circuito reduziu apenas 5% (de 100 para 95%). Desenvolvendo o mesmo raciocínio para o nível de dimerização 5 verifica-se que a luz reduzida em 96% terá um consumo reduzido em apenas 54%.

Os resultados desta experiência indicam uma real redução do consumo de energia elétrica quando o *dimmer* é utilizado no circuito destinado à iluminação artificial. Pelo menos para lâmpada utilizada neste estudo isso pode ser comprovado. Os resultados obtidos nesta experiência fomentam a realização de estudos mais criteriosos, utilizando uma gama maior de *dimmers* disponíveis no mercado de iluminação brasileiro com intuito de analisar com cuidado os reais potenciais de redução do consumo de energia elétrica.

Considerações sobre a experiência.

Analisando os valores obtidos nesta experiência percebe-se que quanto mais intensa é a dimerização imposta à lâmpada menor será proporcionalmente o ganho com a redução do consumo de energia. Isto pode ser afirmado ao menos para a lâmpada dicróica em tensão de rede utilizada nesta experiência. Concluiu-se que o uso de dimmer como controle da luz realmente permite uma redução no nível de iluminação e uma redução no consumo de energia elétrica.

Ressalta-se, apenas como exemplo, que os valores encontrados no catálogo da empresa Lutron quanto à redução no consumo de energia são superiores aos valores medidos nesta experiência, onde foi utilizado o *dimmer* da empresa Rio Vectra. Analisando o gráfico percebe-se que para 50% de luz houve apenas 21% de redução no consumo.

No *dimmer* testado, observou-se que apenas no nível de dimerização 5 houve uma pequena contribuição de luz no ambiente (4%). Observando o *dimmer* na figura 35, marcado com vários níveis de dimerização, nota-se que o usuário irá girar bastante o botão rotativo do *dimmer* até obter alguma luz no ambiente. O nível 4 pode ser considerado um ponto crítico, pois é o ponto onde quase não existe luz e já apresenta consumo.

Outro fator importante sob o ponto de vista qualitativo da iluminação artificial está no fato em que quando as lâmpadas incandescentes sofrem variação no seu fluxo luminoso emitido, outras características também se modificam, tais como: Temperatura ou Aparência de Cor, Índice de Reprodução de Cores e Vida útil. Entre as características citadas, a aparência de cor da lâmpada é aquela que pode ser comprovada visualmente. Realmente existe um nítido amarelamento da lâmpada à medida que se reduz o fluxo emitido pela mesma. Isso pode fomentar o desenvolvimento de outras pesquisas que possam indicar o quanto estas alterações influenciam no conforto visual dos usuários. E também vai de encontro ao recomendado por Kruithof.

3.3 Redução de consumo de energia elétrica utilizando dispositivos de controle da iluminação artificial.

Através de pesquisa bibliográfica foi possível organizar alguns dados sobre o potencial de redução de energia elétrica utilizando diversos dispositivos de controle da luz artificial. Durante a Feira Internacional de Iluminação realizada em *Las Vegas*, maio de 2006, foram realizados vários cursos e seminários sobre iluminação. Um destes cursos abordou especificamente os controles de iluminação. Durante a apresentação, foi discutido sobre a questão do controle de iluminação efetivo, e o gerenciamento dessa luz. Como a energia é o produto da potência consumida em relação ao tempo, nota-se que em função da tecnologia atual disponível nos controles de iluminação, ambos, potência e tempo de utilização, podem ser reduzidos, reduzindo-se com isto o consumo de energia. De acordo com o *New Buildings Institute*, controles de iluminação podem reduzir em 50% a energia gasta com iluminação para edificações existentes e até 35% para construções novas. A tabela 06 abaixo foi apresentada durante o seminário e mostra valores percentuais de economia de energia em função da estratégia de controle adotada para o ambiente iluminado assumindo-se o interruptor simples como dispositivo de referência.

Tabela 05 – Tabela apresentada no seminário Fundamentals of Automated Lighting Control – Feira Internacional de Iluminação – Las Vegas 2006. Potencial de economia de energia em função da estratégia de controle adotada relativada ao interruptor simples.

Estratégia de controle	Economia de energia
Interruptor simples	0%
Interruptor Bi-level (dois níveis)	23%
Sensor de ocupação	20 – 26%
Dimmer conjugado ao sensor de luz	27%
Sensor de ocupação aliado ao sensor de luz	46%
Dimerização na área de execução de tarefa	23%

Embora os níveis apresentados na tabela não consigam atingir o potencial de redução de consumo obtido através da troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, ainda assim esta discussão deve ser intensificada, no intuito de encontrar um ponto de equilíbrio entre a questão da eficiência energética e das melhores condições de conforto visual.

3.4 Comparativo econômico entre lâmpadas fluorescentes compactas integradas e lâmpadas incandescentes.

Estudos Preliminares.

Em 2001⁶⁹, foram apresentadas tabelas comparativas dos gastos com energia elétrica de lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes compactas integradas (LFCI). Naquela ocasião foram comparadas as potências de 100 e 60W quando substituídas respectivamente por LFCI de 23 e 15W. Em geral a proposta de substituição de lâmpadas incandescentes por LFCI seguem uma relação de 1 para 4, ou seja, para cada watt consumido na LFCI quatro watts são consumidos nas incandescentes para se obter um fluxo luminoso equivalente.

No intuito de atualizar e complementar a pesquisa desenvolvida na dissertação de mestrado, procurou-se fazer dois novos tipos de comparativos econômicos de consumo de energia elétrica, sendo desta vez:

1ª. Lâmpadas incandescentes substituídas por LFCI, assim como em 2001, porém com valor atualizado referente à tarifa de energia elétrica cobrada atualmente para moradores da cidade do Rio de Janeiro com consumo inferior a 300kWh/mês, uma vez que a tarifa de energia sofreu considerável aumento durante esse período;

2ª. Opção para o consumidor que opta por não trocar a lâmpada incandescente por LFCI e sim prefere utilizar um *dimmer*, no lugar do até então interruptor, para comandar seu ponto de luz.

⁶⁹ FELDMAN, Daniel C. Dissertação de mestrado. FAU-PROARQ-UFRJ.

Tabelas atualizadas

As tabelas exibidas na primeira parte dos **anexos IV e V** são semelhantes às apresentadas na dissertação de mestrado supracitada. As diferenças básicas ocorridas entre elas são:

1ª. LFCI utilizada em 2001 era a PLE-T de 23W da Philips com 10.000 horas de vida útil e agora foi utilizada a LFCI UNI de 23W também da Philips e com as mesmas 10.000 horas, devido ao fato de que o fabricante não faz mais a importação e a comercialização da lâmpada PLE-T para o mercado brasileiro;

2ª. A tarifa de energia elétrica em 2001 era de R\$ 0,22 kWh (vinte e dois centavos o quilowatt-hora) sendo que em 2007 esta tarifa encontra-se no valor de R\$ 0,41905 kWh (aproximadamente quarenta e dois centavos o quilowatt-hora);

3ª. O preço médio de venda atual da lâmpada FCI UNI (R\$ 18,50) é inferior a metade do preço da PLE-T utilizada em 2001 (R\$ 39,80);

4ª. Adicionaram-se colunas referentes ao uso do *dimmer* na lâmpada incandescente para uma média de utilização de 25, 50 e 75% que serão explicadas a seguir.

Para facilitar os cálculos e servir de exemplo básico na discussão dos resultados foi estipulada uma média para utilização do *dimmer* na lâmpada incandescente de 25, 50 e 75% do fluxo total emitido. Uma lâmpada de 100W, por exemplo, quando submetida a uma dimerização de 25% passaria a consumir aproximadamente 75W. Se a dimerização fosse de 50 e 75% esse consumo reduziria para 50 e 25W respectivamente, desprezando-se as perdas por aquecimento. Sabe-se que o fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente é variável principalmente em função da corrente elétrica que atravessa seu filamento.

Para um bom entendimento da tabela são necessários outros esclarecimentos. Uma lâmpada incandescente de 100W utilizada 50% dimerizada durante uma hora não quer dizer que esta esteja permanente com um consumo de 50W durante todos os sessenta minutos dessa hora. Por exemplo, se durante 30 minutos esta lâmpada ficou 40% dimerizada e nos outros 30 minutos ela esteve 60% dimerizada, o resultado médio indica um consumo de 50W nesta hora. Existem várias outras combinações que chegam neste mesmo resultado final. Essa

compreensão é fundamental para o entendimento do quão é versátil o uso do dimmer nestas lâmpadas e de como os cálculos apresentados nas tabelas foram analisados.

As tabelas atualizadas em 2006 mostraram que o retorno do investimento acontecerá em um ano ao se optar pela troca de incandescentes de 100W por LFCI de 23W caso o consumidor faça uso médio diário de três horas. Em 2001, esse uso médio tinha que ser de 12 horas. Da mesma forma, comparando-se incandescentes de 60W com LFCI de 15W, esse retorno acontece para uso médio diário de 5 horas. Em 2001, esse valor era 20 horas. O preço mais baixo para aquisição do produto e a tarifa mais alta de energia elétrica justificam essa mudança e os motivos pelo qual o governo incentiva a troca destas lâmpadas cujo uso é basicamente residencial.

Se o consumidor optar por comprar um *dimmer* no valor de dezoito reais e cinquenta centavos, o mesmo valor da LFCI modelo UNI da Philips atualmente, por exemplo, ao invés de substituir sua lâmpada incandescente por uma fluorescente compacta integrada, quanto tempo terá que utilizar diariamente para garantir o retorno do investimento em um ano? O consumo médio poderia ser reduzido a tal ponto que o preço pago pela energia elétrica fosse inferior ao pago, quando se utiliza uma fluorescente compacta integrada de fluxo luminoso equivalente? Em quais situações? Mesmo que a redução de consumo de energia elétrica por parte dos *dimmers* não supere aos valores conseguidos quando se utiliza LFCI, quais seriam os outros benefícios possíveis a fim de balizar a decisão de compra? Ou melhor, quais são as vantagens e desvantagens provenientes de uma ou outra tomada de decisão na escolha dessas opções? Estas são as principais perguntas que terão suas respostas desenvolvidas adiante.

A tabela apresentada na segunda parte dos anexos IV e V, representam um desdobramento das tabelas anteriores mencionadas, onde as colunas E2, E3 e E4 representam o valor em reais que o consumidor deve pagar pelo consumo de uma lâmpada incandescente de 100W dimerizada em 25, 50 e 75% respectivamente. As colunas representadas por I2, I3 e I4 mostram a soma da coluna E(2,3,4) com os preços para compra de um *dimmer* e uma nova lâmpada incandescente. Finalmente, as colunas J(2,3,4) indicam a diferença em reais entre o custo total (consumo de energia + preço de compra da lâmpada pelo consumidor) quando utilizamos com e sem o *dimmer*.

Os cálculos desta tabela indicam que para uma utilização horária onde a média de dimerização da lâmpada de 100W foi 25%, o retorno do investimento se dará em um ano no caso em que o consumidor utilizar esta lâmpada durante 9 horas por dia. Para 50 e 75% de dimerização, a utilização deve ser de cinco e quatro horas de uso diário respectivamente, a fim de garantir um retorno do investimento em um ano.

Os valores mostram um resultado já esperado em relação ao consumo mais baixo quando se opta por usar lâmpadas fluorescentes compactas integradas ao invés de incandescentes dimerizadas, mas existem algumas importantes considerações a fazer neste comparativo econômico. A primeira consideração indica que quando comparamos as colunas D (anexo IV e V parte 1) e E4 (anexo IV e V parte 2) percebe-se que o gasto em consumo de energia elétrica por parte da LFCI de 23W e da lâmpada incandescente dimerizada em 75% tornam-se muito próximos. Tecnicamente, nem mesmo neste caso seria uma solução que pudesse ser veiculada como favorável ao maior aproveitamento dos *dimmers* ao invés das fluorescentes compactas. Isto porque numa condição de quase extremo uso da capacidade do *dimmer* para dimerizar uma lâmpada (75%), seria mais aconselhável à substituição da lâmpada incandescente de 100W por outra incandescente de potência inferior, 75 ou 60W, por exemplo, uma vez constatada a não necessidade de um fluxo luminoso que a lâmpada de maior potência pode fornecer durante suas horas de utilização no cotidiano de uma residência com essa característica.

Por outro lado, a utilização de lâmpadas incandescentes dimerizadas em algumas dependências da residência permite ao usuário modificar seus ambientes sempre que assim o desejar. O usuário da luz adquire o direito de prover a ambiência que quiser no momento em que desejar. Ao diminuir o fluxo luminoso de uma lâmpada através do uso de um *dimmer*, a aparência de cor desta lâmpada também diminui o que pode tornar o ambiente mais íntimo ou aconchegante. Esse efeito não é permitido nas lâmpadas fluorescentes compactas integradas devido ao fato de que todos os reatores eletrônicos incorporados à base destas lâmpadas e comercializados no Brasil são do tipo eletrônicos não dimerizáveis. Portanto, flexibilidade e versatilidade da iluminação de ambientes são fatores que podem ser considerados positivos na escolha por um *dimmer* ao invés de LFCI. Essa vantagem ainda que não totalmente mensurável mostra-se importante, e deve ser avaliada antes da tomada de decisão.

3.5 Questionário – pesquisa com profissionais e usuários.

O questionário foi desenvolvido com a intenção de se obter o grau de conhecimento que as pessoas têm quanto à utilização dos atuais dispositivos de controle da luz artificial encontrados dentro das próprias residências de usuários e profissionais do setor.

Público alvo.

O público alvo foi atingido no total de 102 questionários, entre arquitetos, engenheiros e usuários finais. Com esse total de respostas acumuladas, a margem de erro desta pesquisa gira em torno de 10%, sendo considerada aceitável dentro da proposta de estudo. A maioria dessas respostas é de usuários finais (58%) seguidos de arquitetos (29%). A maior parte das pessoas apresentaram idade inferior a 40 anos (71%).

A pergunta indagando quantas pessoas dividiam a mesma residência, ou seja, qual era o total de pessoas residindo conjuntamente, apresentou maior frequência (29%) para apenas **uma** pessoa por residência. A maior frequência na renda familiar ficou na faixa correspondente entre R\$ 3.001,00 e R\$ 7.000,00 (33%), seguido relativamente de perto pela faixa de renda imediatamente inferior (23%).

Conhecimento dos dispositivos de controle da iluminação artificial.

A questão sobre conhecimento dos dispositivos de controle não correlacionava de forma direta com sua utilização por parte dos profissionais ou usuários. A pessoa pode conhecer todos os dispositivos, mas não necessariamente fazer uso deles.

Os resultados apresentaram o interruptor simples, o sensor de presença e o *dimmer*, como os mais populares (98%, 92% e 82% respectivamente).

A seguir, mostra-se na íntegra os resultados obtidos através do questionário sobre dispositivos de controle utilizados na iluminação artificial com enfoque nas instalações residenciais.

TOTAL RESPONDIDO 102 Erro 10% Margem de erro = raiz (N) / N

Foi considerado aceitável uma margem de erro da ordem de 10% para a pesquisa realizada.

questão 1 (usuário)		total	102
engenheiro	3	3%	Maioria usuários finais 58%
arquiteto	30	29%	
lighting designer	8	8%	
usuário final	59	58%	
designer de interiores	2	2%	

Mais da metade das pessoas que responderam o questionário não é de profissionais ligados nesta área de iluminação e esta relação parece contemplar um número pessoas com interesses diversificados sobre o tema em questão. A segunda maior parcela de questionados foram justamente os profissionais ligados a Arquitetura, centro da pesquisa.

questão 2 (pessoas em casa)		total	102
1	30	29%	maioria mora sozinho 29%
2	17	17%	
3	22	22%	
4	23	23%	
5	5	5%	
6	3	3%	
7	1	1%	
10	1	1%	

Diversidade também nas respostas referentes à quantidade de pessoas que vivem em uma mesma residência. Apareceram respostas para uma, duas, três, quatro, cinco, seis, sete e até dez pessoas, convivendo sob o mesmo teto. O maior percentual foi para as pessoas que moram sozinhas (29%), seguido de residências onde convivem quatro (23%) e 3 pessoas (22%). Não foi perguntado qual era a idade de todos os moradores de uma mesma residência e esta poderia fazer parte de uma investigação futura.

questão 3 (idade)		total	102
inferior a 40 anos	72	71%	maioria inferior a 40 anos 71%
de 40 a 55 anos	23	23%	
superior a 55 anos	7	7%	

O maior percentual de questionados (71%) possuem idade inferior a 40 anos. Essa classificação em três faixas etárias corresponde à divisão utilizada na Norma 5413 sobre Iluminâncias recomendadas para execução de tarefas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

questão 4 (rendimentos)		total	102
até 1.000,00	4	4%	
mais de 15.000,00	1	1%	
de 1.001,00 a 3.000,00	23	23%	
de 3.001,00 a 7.000,00	34	33%	
de 7.001,00 a 15.000,00	18	18%	
não quero responder	22	22%	

maioria com renda entre R\$ 3.001,00 e 7.000,00 33%

A questão relativa aos rendimentos financeiros da soma das pessoas que compõem uma residência poderá servir para comparações quanto ao uso de dispositivos de controle nas residências de famílias de baixa, media e alta renda. Este questionário foi respondido por famílias cuja soma de todos os rendimentos varia entre R\$ 3.001,00 e R\$ 7.000,00 (33%).

questão 5 (conhece controles)		total	102
(A) interruptor simples	100	98%	
(B) fotocélula	67	66%	
(C) sensor de presença	94	92%	
(D) minuteria	62	61%	
(E) interruptor com cont. remoto	72	71%	
(F) temporizador (timer)	69	68%	
(G) sensor de luz	51	50%	
(H) dimmer	84	82%	

mais conhecido - interruptor (98%) seguido de sensor de presença e dimmer

A quinta pergunta do questionário buscou obter informações sobre o conhecimento dos questionados sobre os principais dispositivos de controle da iluminação artificial, independente se utilizavam ou não estes produtos em qualquer ambiente, seja de lazer ou trabalho. O interruptor simples (liga/desliga) constitui-se o mais conhecido com 98% das respostas. O sensor de presença (92%) e o dimmer (82%) são os dispositivos mais conhecidos depois do interruptor.

questão 6 (utiliza na residência)		total	102
(A) interruptor simples	102	100%	
(B) fotocélula	14	14%	
(C) sensor de presença	21	21%	
(D) minuteria	9	9%	
(E) interruptor com cont. remoto	11	11%	
(F) temporizador (timer)	5	5%	
(G) sensor de luz	5	5%	
(H) dimmer	41	40%	

mais utilizado na própria residência
interruptor (100%)
seguido de
dimmer e sensor de presença

Embora o dimmer tenha sido o terceiro mais conhecido dispositivo de controle através das respostas obtidas na quinta questão, este aparece à frente do sensor de presença no quesito utilização na residência. Interessante notar que o interruptor continua liderando com 100% de utilização, seguido do dimmer (40%) e do sensor de presença (21%), inversamente ao que foi respondido quanto ao conhecimento do produto. Baseando-se no questionário, intui-se que o dimmer é o dispositivo mais utilizado nas residências após o mundialmente conhecido e utilizado interruptor.

Questão 7 (por ambiente)		total	92	90%
Sala de estar	A	77	84%	
	C	1	1%	
	E	2	2%	
	H	12	13%	

Interruptor 84%

Na sétima questão foi pedido para que cada questionado relaciona-se qual era o dispositivo de controle da iluminação artificial que este utilizava em cada ambiente existente na sua própria residência. Foram destacados trinta tipos de cômodos diferentes possíveis em residências de diversos tamanhos.

Na sala de estar, o dispositivo mais utilizado foi o interruptor simples com 84% das respostas. O dimmer aparece na segunda posição com apenas 13%.

		total	73	72%
sala de jantar	A	62	85%	
	E	1	1%	
	G	1	1%	
	H	9	12%	

interruptor 85%

A sala de jantar obteve resultados similares aos obtidos para a sala de estar. Interruptor simples em primeiro com 85% e o dimmer em segundo com 12%.

			total	61	60%	
sala de tv	A	49	80%			interruptor 80%
	E	1	2%			
	H	11	18%			

A utilização do dimmer ganhou alguns pontos percentuais na sala de TV (18%), mas ainda não chegou perto dos interruptores simples (80%).

			total	69	68%	
varanda	A	59	86%			interruptor 86%
	B	3	4%			
	C	6	9%			
	F	1	1%			

Na varanda aparecem o interruptor simples (86%) e o sensor de presença (9%). O dimmer não apareceu com sendo utilizado neste ambiente.

			total	11	11%	
átrio	A	10	91%			interruptor 91%
	C	1	9%			

Foram poucas as residências onde existe um átrio, apenas onze do total de questionários. O interruptor simples (91%) e o sensor de presença (9%) foram os únicos dispositivos utilizados neste tipo de ambiente residencial.

			total	11	11%	
biblioteca	A	9	82%			interruptor 82%
	C	1	9%			
	F	1	9%			

Assim como o átrio, não foram muitas as residências que dispunham de uma biblioteca (11). O interruptor simples (82%) foi o mais utilizado, e também apareceu uma resposta para sensor de presença e outra para o temporizador.

			total	97	95%	
cozinha	A	93	96%			interruptor 96%
	C	2	2%			
	L	2	2%			

O interruptor simples também foi o mais utilizado nas cozinhas residências (96%), seguido do sensor de presença (2%) e do interruptor paralelo (3way) (2%).

			total	97	95%	
área de serviço	A	92	95%			interruptor 95%
	B	1	1%			
	C	2	2%			
	L	2	2%			

Mais uma vez o interruptor foi o mais utilizado dispositivo nas dependências de serviço (95%).

			total	100	98%	
Quarto do casal	A	71	71%			Interruptor 71%
	F	3	3%			
	G	1	1%			
	H	25	25%			

Os quartos, ambientes pertencentes ao setor íntimo das residências, apresentaram uma maior utilização do dimmer em relação aos demais espaços. No quarto de casal, 71% das respostas indicaram utilizar o interruptor simples para acionamento da iluminação, enquanto que o dimmer apareceu com 25% das respostas.

			total	40	39%	
Quarto de hóspede	A	33	83%			Interruptor 83%
	E	2	5%			
	H	5	13%			

No quarto de hóspedes, o resultado foi de 83% para utilização do interruptor simples e 13% para o dimmer.

			total	61	60%	
Quarto do filho	A	48	79%			interruptor 79%
	D	1	2%			
	E	1	2%			
	F	1	2%			
	H	10	16%			
			total	50	49%	
quarto da filha	A	38	76%			interruptor 76%
	D	1	2%			
	E	1	2%			
	H	10	20%			

Nos quartos do menino e da menina, o uso do dimmer variou entre 16 e 20%, enquanto que mais uma vez o interruptor simples liderou com cerca de 76%.

			total	12	12%	
quarto do bebê	A	6	50%			interruptor 50% dimmer 42%
	D	1	8%			
	H	5	42%			

O quarto de bebe foi o que apresentou o maior índice de utilização do dimmer, 42% do total. Esse resultado foi bem próximo do percentual obtido para o uso de interruptores simples neste tipo de ambiente (50%). Estes resultados parecem induzir possível uma recomendação futura para aplicação do dimmer neste ambiente, possivelmente aumentando a sensação de conforto dos recém nascidos.

			total	100	98%	
banheiro	A	98	98%			interruptor 98%
	C	1	1%			
	H	1	1%			

Para os banheiros, não houve praticamente respostas para utilização de outro dispositivo de comando que não fosse o interruptor simples (98%).

			total	6	6%	
edícula	A	6	100%			interruptor 100%

A edícula foi um espaço contemplado em poucas residências, apenas seis. Em todas as residências em que a edícula se fez presente, o interruptor simples foi o dispositivo de comando utilizado para a iluminação artificial.

			total	21	21%	
closet	A	19	90%			interruptor 90%
	C	2	10%			

O closet apareceu vinte e uma vezes, e o interruptor simples foi o mais utilizado para o comando da iluminação (90%). Curiosamente, o sensor de presença apareceu com 10% das respostas para este tipo de ambiente residencial.

			total	59	58%	
garagem	A	35	59%			interruptor 59%
	B	5	8%			
	C	14	24%			
	D	1	2%			
	G	4	7%			

Nas garagens dos ambientes residenciais questionados, 59% utilizam interruptores simples, seguido de 24% utilizando sensores de presença. Ainda ocorreram respostas para o uso de fotocélulas (8%) e sensores de luz (7%).

			total	58	57%	
escada	A	24	41%			sensor de presença 43% interruptor 41%
	B	1	2%			
	C	25	43%			
	D	5	9%			
	G	2	3%			
	H	1	2%			

Na escada houve uma inversão em relação à utilização dos dispositivos de comando. O sensor de presença apresentou ligeira vantagem (43%) em relação à utilização do interruptor simples (41%). A minuteria aparece com 9% do total de utilização.

			total	37	36%	
lavabo	A	35	95%			interruptor 95%
	C	1	3%			
	H	1	3%			

A grande maioria dos questionados que possuem lavabo utilizam o interruptor simples para comandar a iluminação deste ambiente (95%).

			total	69	68%	
corredor	A	54	78%			interruptor 78%
	B	1	1%			
	C	6	9%			
	D	6	9%			
	G	2	3%			

A utilização de dispositivos de comando da iluminação artificial em corredores ficou assim distribuída: 78% para interruptores simples; 9% para sensores de presença e minuterias.

			total	31	30%	
despensa	A	30	97%			interruptor 97%
	C	1	3%			

A grande maioria das respostas para o setor de despensa também apresentou o uso do interruptor simples (97%).

			total	29	28%	
hall	A	22	76%			interruptor 76%
	C	2	7%			
	D	5	17%			

Para o hall, o maior uso foi do interruptor simples (76%) seguido da minuteria (17%).

			total	36	35%	
escritório	A	30	83%			interruptor 83%
	C	2	6%			
	F	1	3%			
	H	3	8%			

O escritório também recebeu maior índice de utilização do interruptor simples (83%). O dimmer (8%) e o sensor de presença (6%) aparecem muito discretamente.

			total	19	19%	
terraço	A	17	89%			interruptor 89%
	B	1	5%			
	H	1	5%			

O interruptor simples (89%) também lidera o ranking de utilização de dispositivos de controle da iluminação no ambiente residencial terraço.

			total	31	30%	
jardim	A	14	45%			interruptor 45%
	B	12	39%			fotocélula 39%
	C	1	3%			
	E	1	3%			
	F	1	3%			
	G	1	3%			
	H	1	3%			

Nos jardins residenciais houve um equilíbrio entre a utilização do interruptor simples (45%) e a fotocélula (39%). Do total de 31 respostas, ainda ocorreram outros cinco dispositivos: sensor de presença, interruptor com controle remoto, temporizador, sensor de luz, dimmer.

			total	20	20%	
piscina	A	17	85%			interruptor 85%
	B	2	10%			
	G	1	5%			

Na piscina também foi detectado o interruptor simples como o de maior utilização, 85%.

			total	23	23%	
churrasqueira	A	20	87%			interruptor 87%
	B	2	9%			
	L	1	4%			

Na área correspondente ao ambiente da churrasqueira residencial também foi utilizado o interruptor simples como principal dispositivo de comando da luz (87%).

			total	4	4%	
quadra de esporte	A	2	50%			interruptor 50%
	B	2	50%			fotocélula 50%

A quadra de esporte ficou dividida entre o uso do interruptor simples e a fotocélula, ambas com 50%.

			total	2	2%
mini campo de futebol	A	2	100%	interruptor 100%	

Apenas duas residências contemplaram um ambiente de mini campo de futebol e o dispositivo de comando utilizado para a iluminação foi 100% o interruptor simples.

			total	7	7%
sala de jogos	A	5	71%	interruptor 71%	
	C	1	14%		
	L	1	14%		

Na sala de jogos também prevaleceu a maior utilização do interruptor simples (71%).

Classificando os ambientes mais encontrados nas residências adotou-se o seguinte critério: Ambientes que apareceram em 70% ou mais respostas, entre 30 e 70%, inferior a 30%.

70% ou superior: quarto de casal (98%); banheiro (98%); cozinha (95%); área de serviço (95%); sala de estar (90%) e sala de jantar (72%); total de 6 ambientes.

Entre 30 e 70%: sala de TV; varanda; quarto de hospede; quarto do filho; quarto da filha; garagem; escada; lavabo; corredor; despensa; escritório; jardim; total de 12 ambientes.

Inferior a 30%: átrio; biblioteca; quarto de bebe; edícula; closet; hall; terraço; piscina; churrasqueira; quadra de esporte; mini campo de futebol; sala de jogos; total de 12 ambientes.

De uma maneira global, os dispositivos mais encontrados no ambiente residencial segundo a pesquisa foram:

Interruptor simples – total de 1077 respostas representando 81% das aplicações;

Dimmer – total de 95 respostas representando 7% das aplicações;

Sensor de presença – total de 69 respostas representando 5% das aplicações.

questão 8 (principal motivo)		total	186	182%	
(A) Economizar energia	40	22%			o principal motivo foi: Conforto 30% seguido de Economizar energia 22% Quantidade ideal de luz com um simples toque de botão 20%
(B) Criar efeitos cênicos	21	11%			
(C) Quantidade ideal de luz	38	20%			
(D) Conforto	56	30%			
(E) promover segurança	4	2%			
(F) flexibilidade	21	11%			
(G) quero apenas ligar e desligar	6	3%			
obs: 41,45,52 ã responderam	3	3%			

A questão de numero oito deveria ter sido respondida com apenas um único principal motivo que levaria uma pessoa a trocar o dispositivo do interruptor simples por um dimmer ou outros tipos de controle da luz artificial. Não foi exatamente o que ocorreu, pois vários questionados responderam mais de um motivo. Pela tabela, pode-se perceber que houve um total de 186 respostas entre os 102 questionários recebidos. Dentro deste cenário, a busca por “Conforto” foi considerado o principal motivo para tal atitude. Economizar energia elétrica (22%) e encontrar a quantidade ideal de luz com um simples apertar de um botão (20%) foram às outras duas maiores razões para substituírem o já conhecido interruptor simples.

Questão 9		total	103	101%	
Sim	34	33%			Praticamente a metade dos entrevistados não conhecem sobre dimmers capazes de ligar e desligar lâmpadas suavemente.
Não	43	42%			
já li sobre isso	8	8%			
já ouvi sobre isso	18	17%			

A tecnologia fade-on (tempo para que a lâmpada possa atingir 100% de luminosidade depois de acionado o comando de ligar) e fade-off (tempo para que essa lâmpada possa sair do estagio ligada ate desligado completamente) não se mostrou bastante conhecida do mercado. Um total de 42% dos questionados respondeu **não** conhecer a tecnologia. Trinta e três por cento já conheciam a tecnologia e outros 25% já ouviram falar ou leram sobre o assunto.

Quanto à utilização dos dispositivos de controle da iluminação artificial.

O conhecimento do produto não implica na sua utilização direta (referindo-se a própria residência) ou indireta (referindo-se a possíveis recomendações de profissionais para uso em residências de clientes).

Quanto à utilização desses produtos nas próprias residências das pessoas envolvidas na pesquisa, o interruptor simples é significativamente o mais utilizado (100%) seguido do dimmer (40%). O interruptor simples foi computado 1077 vezes como sendo o dispositivo utilizado nos vários ambientes que compõem uma residência, correspondendo a 81% do total de dispositivos utilizados em cada ponto de comando da luz artificial distribuído em todas as residências participantes. Já o *dimmer* apareceu 95 vezes, e isso corresponde a apenas 7% do total.

Um detalhamento dos dispositivos mais utilizados em cada ambiente de uma residência encontra-se nos anexos. A maior parte das pessoas questionadas não utilizam os sistemas de controle de luz mais sofisticados como, por exemplo, o *Grafik Eye* e o *Radio Ra* da empresa norte americana Lutron.

Porquê trocar o interruptor simples?

Em resposta a esta pergunta, a busca pelo “conforto” foi apresentada com sendo a maior intenção quando se promove a troca de um interruptor simples pelo *dimmer*. Razões como economia de energia e quantidade ideal de luz com um simples toque de botão também obtiveram boa parte das respostas.

Outras pesquisas no mundo.

Outros três estudos envolvendo teoria e aplicação de controles de iluminação artificial exibidos durante um dos cursos oferecidos na feira internacional de iluminação (*Lightfair 2006*), são apresentados a seguir. Durante as apresentações do curso (*2-day course*) intitulado

“*Fundamentals of Automated Lighting Control*” foram exibidas algumas pesquisas realizadas por diferentes empresas e pesquisadores nos últimos anos.

Tabela 06 – Resultados de diferentes estudos apresentados na *Lightfair 2006* sobre controles de iluminação.

2003 Ducker Research Watt Stopper Study	2004-2005 ZING-LCA Estudo de dimerização	2005 Square D Bulls Eye Study
Quais são os principais fatores que direcionam ao uso de controles automáticos?	Quais são as 5 razões mais importantes para especificar sistemas de dimerização.	Quais são os benefícios mais importantes do controle de iluminação?
1. Redução do consumo de energia;	1. Flexibilidade;	1. Redução do consumo de energia;
2. Solicitação do proprietário;	2. Solicitação do cliente;	2. Segurança do trabalhador;
3. Atender Normas;	3. Redução do consumo de energia;	3. Conveniência;
4. Controle dos ocupantes;	4. Agregar valor ao design;	4. Prolongar a vida dos equipamentos;
5. Incentivos para utilização.	5. Mudança de cenários	5. Atender Normas.

Analisando as respostas obtidas nestas três pesquisas verifica-se que somente a redução do consumo de energia aparece em todas estas, e ainda, é o principal motivo em duas delas. Evidentemente que essa é uma questão que deve ser considerada ao projetar dispositivos de controle para o ambiente residencial. Entretanto, deve-se buscar promover outros benefícios tanto quanto importantes, tais como: flexibilidade, valorização da estética, versatilidade e diversificação de cenários. O usuário dos espaços residenciais dispõe de uma série de dispositivos de controle que lhe permite incorporar na sua iluminação artificial outras qualidades que influenciam significativamente no seu humor e bem estar. Estes comandos devem ser utilizados sempre que desejados, no intuito de agregarem valor ao ambiente e a própria arquitetura, desde que se tenha atenção especial para preservação da sua verdadeira concepção.

CAPÍTULO 4 - UTILIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE CONTROLE DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NO AMBIENTE RESIDENCIAL.

No setor residencial pode-se afirmar que um projeto de iluminação tem suas significações regulamentadas prioritariamente pelo gosto e vontade pessoal do usuário, quer dizer, do cliente que é proprietário ou locatário do espaço a ser desfrutado. Isto não ocorre nesta mesma proporção quando o tratamento é dado na iluminação de estabelecimentos comerciais ou públicos. Portanto, é justamente no setor residencial que se encontram ambientes onde o projetista deve lançar mão da sua criação artística não esquecendo de procurar sempre atender uma série de outras exigências associadas à iluminação, sob os pontos de vista funcional, estético, energético, saúde, segurança e ambiental.

A capacidade artística de profissionais que iluminam os diversos ambientes residenciais, experimentando em doses apropriadas os conceitos de arte, ciência, arquitetura e cenografia, entre outros, é sem dúvida uma qualidade que facilita o iluminador entrever diferentes atmosferas ou ambientações para um mesmo espaço construído. Desta maneira, o *lighting designer* está apto para outorgar a **arquitetura** uma flexibilidade e versatilidade cada vez mais útil e desejada.

4.1 Sistemas de controle em residências

Ao mencionar um sistema de controle para residências se faz alusão aos variadores de fluxo luminoso, os *dimmers*. Estes equipamentos cumprem a função de modificar o nível de iluminação podendo variar entre níveis máximos e mínimos, como também, podendo-se apagar totalmente a iluminação do ambiente. Ressalta-se que existem vários modelos de *dimmers* no mercado nacional e cada um possui características próprias específicas quanto ao grau permitido de variação do fluxo.

Este equipamento pode ser um simples *dimmer* colocado no mesmo espaço destinado a interruptores comuns, nas paredes do recinto, até controles sofisticados como os

equipamentos programáveis comandados por sinal infravermelho. No Brasil, estes equipamentos também já estão disponíveis em várias versões e modelos.

A princípio, estes equipamentos parecem inacessíveis, de custo muito alto, e de certa forma são dispendiosos. Mas, o constante aumento do interesse de profissionais e usuários da iluminação na utilização dos mesmos vem reduzindo o custo desses produtos. Atualmente, existem pequenas centrais de custo acessível, que permitem programar várias cenas⁷⁰, que podem ser memorizadas no sistema, ativadas simplesmente com um toque de botão ou por controle remoto.

No ambiente residencial, é comum utilizarem-se muito mais lâmpadas incandescentes, comuns ou halógenas, do que fluorescentes ou de descarga. Sabe-se que o custo dos controles para operar lâmpadas com filamento é inferior aos que operam lâmpadas de descarga, devido às características de construção diferentes condizente com o princípio de funcionamento das mesmas. A maioria das lâmpadas incandescentes não necessita de equipamentos auxiliares para seu funcionamento na tensão nominal da rede elétrica das cidades. Somente as lâmpadas incandescentes halógenas de baixa tensão, comumente em 12 volts, necessitam de transformadores para seu funcionamento.

Além disso, de modo vantajoso, todos os transformadores eletromagnéticos, que em geral são de custo mais baixo que os eletrônicos, podem sofrer a ação dos *dimmers*. O mesmo não ocorre com as fluorescentes, onde nenhum reator eletromagnético pode funcionar sob atuação dos variadores de luminosidade. O custo dos reatores eletrônicos dimerizáveis ainda é elevado e isto tem inibido sua utilização nos ambientes residenciais. Entretanto, já existem alguns exemplos da utilização destes reatores para controle do fluxo luminoso de lâmpadas fluorescentes, tais como: em sancas na sala de estar ou jantar, proporcionando uma iluminação indireta ajustável.

Como qualquer outro produto de iluminação, os controles também possuem suas vantagens e desvantagens. A vida útil de uma lâmpada incandescente é curta (em torno de 1000 horas) e muito sensível à tensão de aplicação sobre a mesma. Com apenas 5% de sobretensão em uma lâmpada incandescente sua vida se reduzirá à metade (500h). Por outro lado, com 5% de

⁷⁰ Cenas: Podem-se produzir vários efeitos de luz alterando a compreensão do ambiente iluminado. É comum dizer que se criou várias cenas para determinado espaço apenas alterando a iluminação.

subtensão haverá uma duplicação da vida útil para duas mil horas. Este é um aspecto positivo da aplicação de *dimmers* em lâmpadas incandescentes. Outro aspecto importante que pode ser negativo, é que a lâmpada subvoltada apresenta um aspecto cada vez mais avermelhado (diminuição gradativa da temperatura de cor), diminuindo-se também seu índice de reprodução das cores⁷¹, verificando-se uma sensível mudança nas cores do ambiente iluminado.

Este efeito pode ser extremamente desagradável especialmente em lâmpadas incandescentes halógenas dicrônicas, nas quais seu brilho intenso e luz mais branca (3000 K) são seus principais atrativos. O outro aspecto a ser considerado se refere à distorção das cores, causada no nosso próprio sistema ótico por um deslocamento da curva de sensibilidade espectral do olho na presença de baixas iluminâncias, o que pode acarretar em desconforto.

4.2 Aspectos qualitativos da iluminação artificial.

Durante muitos anos a iluminação dos ambientes foi julgada apenas sob o aspecto quantitativo. Não é possível afirmar que a **qualidade** da iluminação foi renegada durante muitos anos, mas percebe-se que as normas existentes durante todo século XX apenas apresentavam valores de iluminância para execução de tarefas em diversos ambientes. Devido sua notória importância, esses valores são apresentados até os dias de hoje. Entretanto, a qualidade da iluminação, principalmente para luz artificial, está se tornando alvo de estudos mais aprofundados.

Uma das principais razões para se crer que a qualidade da iluminação está sendo mais estudada por inúmeros profissionais do setor encontra-se no capítulo 10⁷² da nona edição do *Lighting Handbook da IES*. Sabe-se que este livro é referência em vários países do mundo e suas edições são revisadas e reeditadas a cada oito anos. Muitos *lighting designers* apontam o capítulo 10 da atual edição como sendo a principal nova contribuição da sociedade de engenheiros de iluminação norte-americana, inserindo definitivamente a relevância do quesito qualidade da iluminação juntamente com a quantidade já anteriormente considerada.

⁷¹ Na teoria, por definição o índice de reprodução de cores das incandescentes é igual a 100.

⁷² *Lighting Handbook IES*, 9ª edição. Capítulo 10 – *Quality of the Visual Environment*.

Pode-se citar que a qualidade da iluminação pode influenciar positiva ou negativamente na performance de uma execução de tarefa, na comunicação entre pessoas, no sentimento de bem-estar, na sensação de conforto, entre outras. Sobretudo, a iluminação serve para ajudar a atender a inúmeras necessidades humanas: emoções, ações, percepções, saúde. Essas são algumas das complexas necessidades inerentes ao ser humano.

A qualidade da iluminação compreende uma integração entre as necessidades humanas, arquitetura, economia e ambiente, como mostrado na figura 37⁷³.

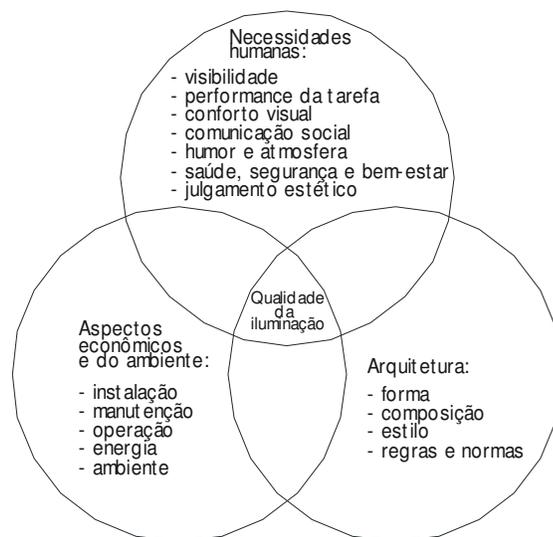


Figura 37 – Qualidade da iluminação: a integração entre necessidades humanas, arquitetura, economia e ambientes. (Fonte: IES Handbook 9ª edição, Figura 10-1).

As necessidades humanas, figuras 37 e 38, estão divididas sob sete aspectos:

- ◇ Visibilidade;
- ◇ Performance da tarefa;
- ◇ Conforto Visual;
- ◇ Comunicação Social;
- ◇ Humor e atmosfera;
- ◇ Saúde, Segurança e Bem-estar;
- ◇ Julgamento Estético.

⁷³ Fonte: Figura 10-1 do Lighting Handbook IES, 9ª edição.

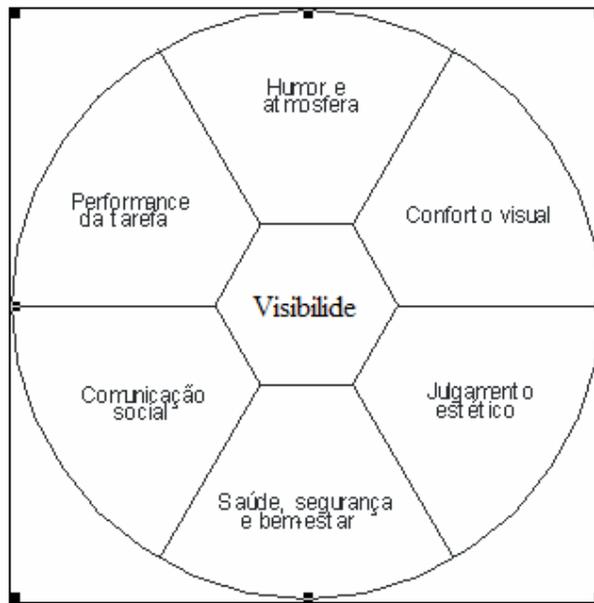


Figura 38 – Iluminação a serviço das necessidades humanas.

(Fonte: IES Handbook 9ª edição, Figura 10-2).

Da mesma forma, a arquitetura também foi dividida sob os seguintes aspectos:

- ✓ Forma;
- ✓ Composição;
- ✓ Estilo;
- ✓ Regras e Normas.

Por fim, as características referentes aos aspectos econômicos e do ambiente:

- ❖ Instalação;
- ❖ Manutenção;
- ❖ Operação;
- ❖ Energia;
- ❖ Ambiente.

Visibilidade é apontada como o principal aspecto entre as necessidades visuais humanas. Entre os sete aspectos citados, o *handbook* americano diz que a visibilidade é a habilidade para extração de informações dentro do campo visual. Ainda cita que o contraste, luminância,

tempo e as dimensões são as variáveis mais poderosas que influenciam na visibilidade de animais e objetos.

O *lighting handbook* americano também traz uma tabela⁷⁴ que mostra o valor da importância de se considerar algumas características da iluminação em diversos ambientes. Sob o ponto de vista das residências, é possível destacar que o sistema de controle da iluminação e a flexibilidade da instalação são importantes para uma série de atividades domésticas. De forma mais incisiva, julga como muito importante a utilização de controles de iluminação nos ambientes que valorizem a conversação, relaxamento e o entretenimento.

Entre os ambientes onde existe um julgamento importante para uso do controle da iluminação destacam-se:

- Trabalhos de cozinha com especial atenção (ex.: corte de alimentos);
- Cozinhar em geral;
- Estudo musical (piano, órgão);
- Leitura sobre a cadeira (de forma séria ou casual);
- Leitura sobre a cama (de forma séria ou casual);
- Mesa de jogos (baralho, dama, xadrez);
- Escritório residencial;
- Sala de música;
- *Home Theater*;
- Banheiros.

Para exemplificar tais ambientes residenciais e suas tarefas envolvidas serão recomendadas algumas aplicações dos dispositivos de controle.

4.3 Requisitos básicos para iluminação residencial.

Antes da definição dos ambientes residenciais faz-se uma breve observação dos requisitos básicos para iluminação residencial apontados na nona edição do *Lighting Handbook* da

⁷⁴ Ver anexo – Fonte: IESNA Lighting Design Guide – Capítulo 10 – 9ª edição. (reproduzido apenas à parte da tabela sobre qualidade da iluminação referente a residências)

IES⁷⁵. A sociedade norte americana menciona três condições específicas para o critério a ser adotado quanto à iluminação: geral, tarefas na cozinha e leitura. Seguem, na tabela 08, os quesitos julgados importantes indicados para cada um desses pontos:

Tabela 07: Quesitos importantes para iluminação de ambientes residenciais⁷⁶

Luz Geral:	Cozinha	Leitura
Aparência do espaço e da luminária (AEL)	<u>NÃO JULGA IMPORTANTE PARA COZINHA E LEITURA O QUESITO AO LADO ESQUERDO</u>	
Aparência de cor e contraste de cor (ACCC)	ACCC	Não importante
Ofuscamento direto (OD)	OD	OD
Iluminância Horizontal (IH)	IH	IH
Distribuição de luz nas superfícies (DLS)	<u>NÃO JULGA IMPORTANTE PARA COZINHA E LEITURA OS QUESITOS AO LADO ESQUERDO</u>	
Luminância nas superfícies do recinto (LSR)		
Modelagem de faces e objetos (MFO)		
Sistema de controle e flexibilidade (SCF)		
<u>NÃO JULGA IMPORTANTE PARA LUZ GERAL OS QUESITOS AO LADO DIREITO</u>	Iluminância Vertical (IV)	IV
	Ofuscamento refletido (OR)	OR
	Geometria entre fonte de luz / tarefa / observador (GFTO)	GFTO

Analisando a tabela que está dividida em três condições para iluminação numa residência (luz geral, área da cozinha e leitura), é importante notar que evitar o ofuscamento direto (OD) e promover iluminância horizontal (IH) são as únicas recomendações sugeridas para as três condições de iluminação residencial. A tabela mostra que Iluminação Vertical (IV) e ofuscamento refletido (OR), por exemplo, são recomendações importantes para iluminação de tarefas realizadas na cozinha ou para as tarefas de leitura, não sendo muito importante no aspecto da luz geral. É importante lembrar que pessoas mais velhas necessitam de mais luz para executar suas tarefas quando comparadas com pessoas mais jovens. Segundo a *Lighting*

⁷⁵ IESNA Lighting Design Guide – Capítulo 18 – *Residential Lighting*.

⁷⁶ Fonte: Lighting Handbook, 9ª ed. – Cap.18.

Handbook, pessoas com 55 anos de idade requerem duas vezes mais luz do que jovens de apenas 20 anos.

Ao se fazer uma abordagem sobre as áreas envolvidas diante de uma tarefa residencial, a sociedade americana de iluminação explica que o campo visual do observador consiste basicamente de três zonas, conforme figura 39.



Figura 39 – Zonas de visualização e proporcionalidade de luminância para execução de tarefas visuais.

(Fonte: Lighting Handbook – Cap.18 – p.18-2).

Zona 1 – A área da tarefa para o observador;

Zona 2 – A área imediatamente no entorno da área da tarefa;

Zona 3 – O entorno em geral.

Para zona 2, a proporção mínima de luminância aceitável está entre 0,2 a 5 vezes a luminância da tarefa (zona 1). No caso da zona 3, a proporção mínima está entre 0,1 a 10 vezes os valores de luminância da tarefa, com uma ressalva: a faixa típica para luminância na zona da tarefa está entre 40 e 120 candelas por metro quadrado e raras vezes ultrapassa a 200 candelas por metro quadrado.

4.4 Definição de ambientes de estar e trabalho em residências.

Recorre-se mais uma vez a dissertação de mestrado - “Iluminação Residencial: Ciência e Arte na iluminação de ambientes residenciais”⁷⁷, para enumerar os ambientes residenciais separados por suas funções de estar e serviço.

Setorização dos ambientes residenciais.

Uma residência é composta por vários cômodos ou ambientes. Cada dependência de uma residência desperta um interesse humano seja por privacidade, intimidade, conforto, domesticidade, comodidade, encanto, bem-estar, eficiência, estilo, essência, austeridade, enfim, em cada região do mundo sempre haverá costumes e hábitos diferentes que julgarão a importância a ser dada a cada espaço dentro da sua moradia. Diversos ambientes possíveis de serem encontrados em uma residência estão agrupados em cinco setores assim denominados⁷⁸: setor social, setor íntimo, setor de serviços, área de lazer e outros setores, este último agrupa espaços não co-relacionados a nenhum dos setores anteriormente descritos. A tabela 08 apresenta esses setores:

Tabela 08 – Setorização de diversos ambientes encontrados em residências.

Setor Social	Setor Íntimo	Setor de Serviços	Área de Lazer	Outros
sala de estar	quarto de casal	cozinha	terraço	lavabo ⁷⁹
sala de jantar	quarto do menino	copa	jardim	escada
sala de tv	quarto da menina	área de serviço	área de piscina	garagem
átrio ⁸⁰	quarto de bebê	quarto de empregada	churrasqueira	corredor ⁸¹
Biblioteca	Banheiro	banheiro de empregada	quadra de esporte	escritório

⁷⁷ Dissertação de Mestrado. Autor: Daniel Coelho Feldman, FAU/UFRJ, 270 p., 2001.

⁷⁸ Baseado na dissertação de mestrado Daniel Feldman - Ciência e Arte na iluminação de ambientes residenciais, 2001.

⁷⁹ **Lavabo.** [Do lat. *lavabo*, ‘lavarei’, a primeira palavra do lavabo (2).] *S. m.* 6. Reservatório de água, com torneira, à entrada de uma sacristia, de um refeitório, etc.; pia, lavatório. 7. Lavanda (3) 8. Bras. Lavatório.

⁸⁰ **Átrio.** [Do lat. *atriu*.] *S. m.* 1. O segundo vestibulo, nas casas romanas. 3. *Arquit.* Grande sala central, de distribuição da circulação, num edifício; vestibulo. 4. *Arquit.* Pátio interno, de acesso a um edifício; vestibulo. 5. *Arquit.* Espaço, defeso, na frente de edifício. 6. *Arquit.* Adro.

⁸¹ **Corredor** (ô). [Do it. *corridore*.] *Adj.* 3. Passagem, em geral estreita e longa, no interior de uma edificação, para comunicar dois ou mais compartimentos. 4. Qualquer passagem estreita.

Varanda	Closet	despensa	mini campo de futebol	
hall de entrada	Edícula		sala de jogos	

É importante salientar que diversos ambientes listados na tabela anterior poderiam estar contemplados em um outro setor do ambiente residencial. O mais importante é a capacidade do profissional de iluminação em identificar as necessidades do usuário para cada espaço e projetar adequadamente sua iluminação natural e artificial.

4.5 Uso de dispositivos de controle da luz artificial no Setor Social.

Sala de Estar

A sala de Estar e a Sala de Jantar são muitas vezes locais onde se busca aconchego e o calor da família. São ambientes geralmente dispostos lado a lado dentro de uma residência e que se pode ter uma visão ampla dos dois espaços em qualquer ponto que estejamos dentro dele. A utilização de controles automatizados nesses ambientes permite dar uma versatilidade de uso para o espaço interessante. O movimento quer na intensidade da luz quer na alteração da cor cria um cenário diferente para amoldar-se, por exemplo, a uma grande recepção festiva ou de forma contrária, a um romântico jantar intimista.

A figura 40 mostra uma mesma sala de estar em duas condições diferentes de iluminação artificial. Como características dessa sala de estar pode-se destacar o colorido existente nos estofados, quadros e objetos dispostos ao lado da lareira.



Figura 40 – Foto ilustrativa de um Sala de Estar. (a) lado esquerdo: – iluminância elevada sendo possível enxergar os diferentes elementos inseridos no ambiente; (b) lado direito: – iluminância geral baixa colocando em destaque o estofado vermelho de um lugar e a lareira acesa ao fundo.

(Fonte: Kevin McCloud – *Lighting Style* – p.35).

Em especial para as famílias brasileiras, esse espaço multicolorido provavelmente é um espaço habitual familiar devido nossas impressões acumuladas ao longo dos anos convivendo com a nossa rica fauna e flora. Na figura 40a, o nível de iluminação é suficiente para que a maior parte dos elementos constituintes daquele ambiente sejam percebidos. Por outro lado, a figura 40b oculta quase todos esses elementos e deixa somente o sofá vermelho de apenas um lugar juntamente com a lareira em evidência. Essa condição de menor luz geral até poderia proporcionar ao usuário solitário, uma melhor leitura casual de um livro ou revista, aquecido levemente pelo calor produzido pelas chamas ao fundo. Essa releitura do ambiente pode ter sua narrativa descrita de diferentes maneiras a medida em que os níveis de iluminação são alterados para atender as necessidades dos usuários que desfrutarão desse lugar em diferentes ocasiões.

O uso não excessivo da cor luz também pode servir de solução para os ambientes de estar. A figura 41 ilustra o uso da cor através de uma luminária tipo coluna instalada ao fundo da sala.

A utilização de luz colorida deve ser planejada criteriosamente para situações esporádicas, uma vez que a fonte luminosa colorida irá distorcer sobremaneira todas as cores dos móveis, utensílios e objetos dispostos no ambiente.



Figura 41 – Uso da cor luz na sala de estar. Iluminação cênica e dramaticidade.

(Fonte: Revista Lume Arquitetura, outubro, 2005)

Sala de Jantar

No caso da sala de jantar, onde geralmente está disposta uma mesa para quatro, seis ou mais lugares, seja ela de madeira, vidro ou qualquer outro tipo de material, pode-se contemplar vários tipos de atividades; escrever, trabalhar, jogar, comer, ler, etc. A sala de jantar pode ser entendida como a sala familiar e faz parte do entretenimento desta família reunida. No entanto, esse mesmo ambiente pode servir para um lanche de fim de tarde ou um almoço com os amigos. Na maior parte das vezes, a iluminação desse tipo de ambiente deve ser adequada para estimular a conversação. Por outro lado, em determinado momento à luz também deve ser suficiente para execução de tarefas de ordem prática. Todas essas atividades na verdade são similares, mas com funções sutilmente diferentes, e isto impõe que a iluminação destes tipos de ambientes seja planejada em torno de um número de diferentes tipos de lâmpadas e seus respectivos acionamentos de modo a proporcionar versatilidade de uso do espaço. A figura 42 mostra uma sala jantar integrada a sala de estar.



Figura 42 – Foto de uma sala de jantar integrada a sala de estar.

A sala de jantar ilustrada na foto contempla uma mesa de seis lugares. Essa mesma mesa é utilizada para a realização de diferentes atividades ao longo do dia. Este é um local de estudo para a criança que reside nesta residência, de uso do computador portátil, entre outras tarefas. As refeições familiares e sociais são realizadas também nesta mesa. Durante o dia, conforme a foto, a presença de luz natural é suficiente para iluminar quase toda a área de estar e jantar. Recortes no teto de gesso permitem uma solução lumínica artificial bastante aconchegante durante o período noturno. O rasgo no gesso sobre a mesa de jantar e a instalação de lâmpadas do tipo AR70 direcionadas sobre o tampo da mesa, além da utilização do dimmer, constituem-se numa solução adequada para este ambiente, pois são lâmpadas de excelente reprodução de cores, permitem um bom nível de iluminação e estão posicionadas de forma que não causam ofuscamento.

Comparando o raciocínio de MORROW et al, desenvolvido na introdução da tese sobre o garçom que interrompe uma conversa familiar em um restaurante, no setor residencial, o mesmo ocorre no caso da iluminação ser constantemente ajustada em um jantar formal de família, por exemplo. A luz terá influência negativa nesse caso aumentando a dispersão das pessoas. Os dispositivos devem ser utilizados portanto de forma criteriosa.

Sala de TV ou *Home Theater*

Este é um dos mais favorecidos ambientes residenciais no que diz respeito ao controle da iluminação artificial. A pessoa que possui o privilégio de ter um *Home Theater* em sua residência procura na maioria das vezes obter um espaço aconchegante e a iluminação é uma das ferramentas disponíveis para facilitar o atendimento dessa expectativa.

A figura 43 (a) e (b) mostra um mesmo *Home Theater* iluminado de maneiras diferentes. Em (a), as luzes acima da mesa foram levemente diminuídas em suas intensidades para proporcionar melhor visualização do programa mostrado na TV instalada na parede ao fundo.



Figura 43. Exemplo de iluminação de um *Home Theater* utilizando controle da luzes artificiais. (a) momento para ver um programa de TV; (b) maior nível de iluminamento da mesa para proporcionar a realização da tarefa leitura.

(Fonte: LUTRON)

Em (b), elevou-se o nível de iluminamento na mesa e o livro sobre a mesa sugere uma condição propícia para leitura casual, ou seja, temporária. O fato do fundo da sala estar muito pouco iluminado minimiza a condição de uma leitura séria por um longo período, uma vez que o contraste excessivo poderá causar cansaço e fadiga visual.

A figura 44 mostra o mesmo *Home Theater* com uma luz mais intimista e o casal que aparece no vídeo simboliza que os usuários desse ambiente poderiam estar assistindo a um filme romântico e talvez por essa razão escolheram o nível de iluminação que melhor atende suas expectativas para aquele momento. À direita da foto mostrada (controle de caixa preta e branca instalada na parede), encontra-se um tipo de produto utilizado para programar e conceber diferentes cenas ao mesmo ambiente. Neste caso, trata-se do controle Grafik Eye da empresa Lutron.



Figura 44 - Exemplo de um nível de iluminação escolhido pelos usuários de um *Home Theater* no momento de um filme romântico.

(Fonte: LUTRON).

Átrio

São poucas as residências que possuem um ambiente desses no Brasil e no mundo e ainda estão restritos a classes sociais mais elevadas. Na verdade é um pátio ou saguão interno com pé direito duplo ou maior que delimita as regiões do primeiro, segundo e demais pavimentos, onde no ultimo geralmente encontram-se os quartos da residência. Nesses ambientes os dispositivos de controle podem realmente ser utilizados com o objetivo mais dirigido a redução de consumo de energia facilitando o acionamento e desligamento das fontes artificiais de luz de diferentes pontos, via interruptores paralelos e/ou intermediários, sendo estes locais ou remotos.

As figuras 45 (a) e (b), mostram dois átrios belíssimos onde o primeiro não tem tanto requinte quanto o segundo, porém é iluminado com um lustre de cristal central e arandelas laterais de grande valor agregado, ambos acionados por dimmers digitais que gradua a intensidade das lâmpadas. Em (b), o átrio dispõe de uma maior quantidade de pontos que estão embutidos na periferia do pé direito duplo. Também é possível graduar a luminosidade deste ambiente. A harmonia das intensidades das fontes de luz valoriza ainda mais este espaço bastante harmonioso.

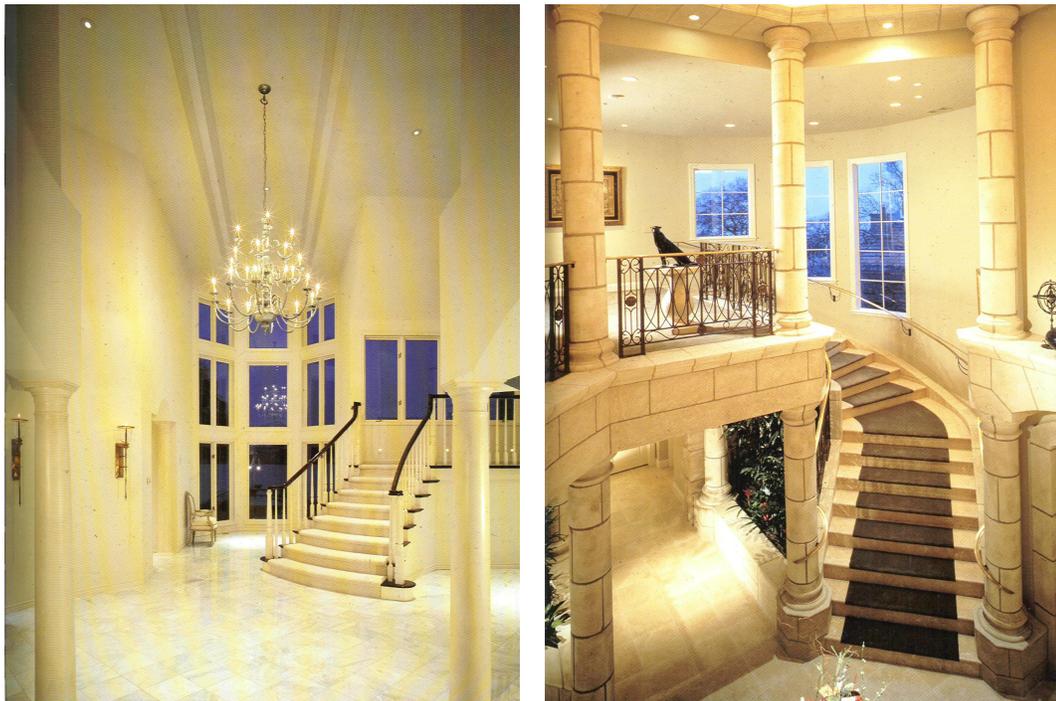


Figura 45 – Átrios. Utilização do dimmer em ambos. (a) Iluminação central com lustre de cristal; (b) iluminação periférica com embutidos no teto.

(Fonte: Randall Whitehead: Lighting Source Design, 2002 – p.11 e 31)

Biblioteca

Nesses espaços residenciais dedicados para reunir os livros, revistas e outros documentos literários que pertencem ao acervo comum de cada estrutura familiar, as fontes artificiais de luz devem ser escolhidas e dispostas cuidadosamente para que não ocorra deterioração do

papel quer seja por desbotamento (presença de infravermelho na distribuição espectral da lâmpada) ou ressecamento (presença de ultravioleta). Esse alerta também é válido para quadros e outros materiais orgânicos encontrados nos diversos ambientes de uma residência. Em bibliotecas residenciais onde exista espaço suficiente para se colocar mesa e cadeira e se praticar uma leitura séria (contínua – período longo) ou casual (temporária – período curto), os circuitos elétricos referentes à iluminação devem ser separados de maneira que as luminárias direcionadas para o acervo possam permanecer apagadas enquanto a tarefa principal não seja a procura da literatura desejada, como por exemplo, nos momentos em que o livro ou a revista já fora escolhida e a leitura já teve seu início.

Varanda

Nos grandes centros, onde o metro quadrado apresenta um valor cada vez mais elevado, tem se tornado comum à expansão da sala de estar que geralmente está disposta lado a lado com a varanda. Por vezes, faz-se necessário uma pequena intervenção civil no intuito de ampliar-se o ambiente aproveitando o precioso espaço. Quando isto acontece, os comandos referentes à iluminação desses dois ambientes integrados deve ser compatível ao espaço multiuso que acaba sendo criado. A utilização de *dimmers* e/ou controles automatizados são soluções que podem ajudar na integração e ambientação desses locais para execução de variadas tarefas. Quando a varanda é independente do resto da residência, controle do tipo fotocélula também se apresenta como solução, principalmente nos casos cujo principal objetivo é a redução do consumo de energia e onde as lâmpadas podem ficar acesas durante toda à noite por razões de segurança.

Hall de Entrada

Consiste na área de acesso de uma residência. Na maioria das vezes este é um ambiente muito pequeno responsável pela interligação da porta principal da moradia com a sala de estar. O tratamento lumínico é bastante flexível podendo optar-se por uma luz geral e difusa ou uma

luz direcional para determinado objeto que possua valor financeiro ou sentimental. A utilização do *dimmer* com recurso *fade on* e *fade off* nesse ambiente ajuda a diminuir o grau de desconforto causado no olho do usuário que chega em sua residência e aciona um interruptor que instantaneamente varia a luz de zero para cem por cento.

Enfim, a iluminação para esses ambientes sociais de uma residência devem ser pensados cuidadosamente para proporcionar especialmente aconchego. A luz deve ser integrada à arquitetura; revelando a beleza, a função e a forma. Através da iluminação pode-se valorizar a imagem, a cor e a textura de superfícies, paisagens e objetos. Determina limites visuais e nossa compreensão de escala. O ambiente construído é projetado não somente para fornecer luz, mas também para ser experimentado por ela.



Figura 46 – Iluminação do Hall de entrada de uma residência. Iluminação convidativa para dar uma primeira impressão da casa de forma positiva e acolhedora. (Fonte: OSRAM).

4.6 Uso de dispositivos de controle da luz artificial no Setor Intimo.

Quarto de Casal

Trata-se do compartimento de dormir. Área destinada também ao refugio, cumplicidade, convivência íntima do casal, merecido descanso após fatigante dia de trabalho. Nesse ambiente multifuncional e de uso exclusivo familiar, a iluminação deve ser projetada e controlada de forma a permitir intensidades variadas bem como as luminárias devem ser direcionadas apropriadamente para os locais que efetivamente necessitam receber luz direta, deixando que o resto do ambiente seja iluminado de forma indireta através das multireflexões nas diferentes superfícies.



Figura 47 – Quarto de casal com iluminação individual de cabeceira com controle de intensidade de luz.

(Fonte: OSRAM).

Quarto de Menino; Quarto de Menina; Quarto de Bebê.

Seja menino ou menina, criança ou adolescente, a iluminação do quarto desses jovens também pode adequar-se com a espiritualidade, irreverência e personalidade exclusivas dessa faixa etária. A questão de segurança terá influencia significativa na seleção de luminárias, lâmpadas, equipamentos auxiliares (se houver) e comandos para acendimento, controle e desligamento das mesmas. A iluminação no quarto de crianças em geral deve permitir níveis muito baixos de iluminação em casos onde os pais necessitem eventualmente visualizar o que está se passando no ambiente durante a noite sem perturbar o sono do filho. Por outro lado, vale ressaltar que estudos recentes, como o da terapeuta ortomolecular Heloisa Bernardes⁸², indicam que por menor que seja a influencia da luz artificial durante o período noturno atrapalha significativamente o sono, trazendo conseqüências negativas ao ser humano.



Figura 48 – foto ilustrativa de um quarto de criança. Uso de cores nos objetos de decoração e variador de luminosidade são elementos importantes nesse tipo de ambiente.

(Fonte: OSRAM).

⁸² Baseado no seu livro: “Chique é ser saudável”; ed. Vida Estética.

Desta forma, a utilização de *dimmers* em quartos de criança parece ser um tipo de controle indispensável. Os pais podem ligar e desligar a luz suavemente para inspecionar o quarto sem perturbar o sono do bebê. A função *fade on/off* nesses casos também atenua essa irritabilidade que a luz pode causar durante a noite se acesa instantaneamente.

Banheiro

Os banheiros de uma residência quer sejam de um quarto suíte ou de área comum devem ser iluminados seguindo alguns critérios que irão promover melhor visualização da bancada, da face das pessoas em frente ao espelho e, da região delimitada pelo box. Logicamente que este não é um regulamento imposto por Normas e sim uma recomendação que a maioria dos profissionais realizam em seus trabalhos luminotécnicos residenciais. Geralmente, os embutidos dispostos sobre a bancada devem ter a função de iluminar somente a própria bancada. A iluminação da face deve ter sua origem nas luminárias instaladas nas laterais do espelho, ou ainda, como segunda opção, de uma única luminária disposta acima do espelho. Esse tipo de luminária deve ocultar a fonte artificial de luz para não causar ofuscamento. De certa maneira, pode-se afirmar que o uso de embutidos no teto para iluminar a face das pessoas constitui-se em um exemplo incorreto de utilização da luz artificial em banheiros.

No entanto, alguns pequenos cuidados ainda podem ser úteis dentro desta técnica para iluminar banheiros e lavabos residenciais. A figura 49 mostra duas luminárias pendentes dispostas nas laterais do espelho. Nesses casos, onde o espelho abrange toda área da parede, essa solução de se colocar luminárias pendentes não são aconselháveis pelo fato de causar uma duplicidade no espelho o que acarreta em poluição e desconforto visuais. As luminárias do tipo arandela e com menores dimensões minimizariam este desconforto. Nesse caso, aconselha-se que o vidro já esteja preparado de fábrica para colocação do ponto de luz.



Figura 49 – Ilustração de um banheiro iluminado por dois pendentes na área do espelho.

(Fonte: OSRAM).

Na região do box, lâmpadas direcionáveis podem ser utilizadas respeitando as recomendações dos fabricantes. Os filtros coloridos, pintados ou cromáticos, apresentam-se como ferramentas interessantes para modificar o ambiente através do uso da cor, remetendo a cada indivíduo uma sensação diferente que poderá ser correlacionada com aconchego, prazer, vitalidade, introspecção, ou outras inúmeras impressões causadas em nossos sentidos.

O comando desses pontos de luz utilizados nos banheiros podem ser feitos através de interruptores simples. Os *dimmers* que possuem função *fade on/off*, se utilizados para acionar as luminárias que iluminam as faces das pessoas frontais ao espelho, são dispositivos que aumentam o conforto visual, limitando o maior impacto da luz sobre o olho quando ligada de modo instantâneo.

Closet

O quarto de vestir (*closet*) em sua essência deve ser um espaço onde possamos escolher e decidir qual a melhor roupa para a ocasião que vamos participar nas próximas horas, seja de caráter pessoal ou profissional. Recomenda-se que a iluminação do quarto de vestir-se seja difusa utilizando-se várias luminárias pequenas ou poucas de maior tamanho onde a superfície de emissão da luz seja a maior possível, respeitando a condição estética referente às proporções luminária-ambiente. Paradoxalmente, a aparência de cor das lâmpadas e seus respectivos índices de reprodução das cores devem ser os maiores possíveis, muito embora, certamente encontrarão ao chegar nos eventos, vários salões de festas onde esta aparência de cor não será a mesma de seu closet, onde você se preparou para o evento, e de forma ainda mais negativa, a fidelidade de reprodução das cores das lâmpadas também será inferior, descaracterizando consideravelmente sua produção visual. Se analisarmos sob um prisma irreverente, serve de consolo o fato que este aspecto negativo não será “privilégio” de uma única pessoa.



Figura 50 – Closet iluminado de forma difusa e homogênea para melhor visualização das portas de armários e objetos. O uso de luz pontual não é o mais indicado para solução lumínica deste tipo de ambiente por causa do contraste excessivo.

(Fonte: OSRAM).

4.7 Uso dos dispositivos de controle da luz artificial no Setor de Serviços.

Cozinha

A cozinha é um dos principais setores de uma residência onde na maioria das vezes, encontram-se fontes artificiais de luz com eficiência luminosa mais elevada, ou seja, mais fluxo luminoso por watt consumido. Entre as lâmpadas mais eficientes estão as fluorescentes e as de descarga. Uma vez que as lâmpadas de descarga elétrica (vapor de mercúrio, metálico e sódio) requerem alguns minutos para seu total acendimento e reacendimento, estas ficam estritamente destinadas às aplicações em áreas externas do setor residencial, uma vez que as lâmpadas geralmente não permanecem longos períodos acesos nos interiores, o que justificaria a utilização das mesmas.

A iluminação de uma cozinha necessariamente vai além da condição estética, pois deve promover iluminâncias suficientes para execução de tarefas que por vezes são perigosas. Diferentes níveis de dificuldades nas tarefas, tais como: fazer refeições, ler um livro culinário, encontrar ingredientes ou cortar alimentos exigem quantidades apropriadas de luz. É possível iniciar com um esquema funcional de iluminação adicionando gradualmente o aspecto decorativo, requisito importante também nas cozinhas. Interfaces de comando das luzes devem ser amigáveis, ou seja, fáceis de manusear. A qualquer hora do dia, uma cozinha deve ser bem iluminada, particularmente nas áreas de trabalho.

As figuras 51 (a e b) mostram a questão do posicionamento correto das luminárias. A luminária instalada sobre a bancada de corte de alimentos é muito importante pois a segunda luminária ocasionaria uma sombra desagradável e perigosa.



(a) sombra indesejada na bancada,



(b) iluminação adequada.

Figura 51 – Correto posicionamento de luminárias.

(Fonte: OSRAM).

A figura 52 apresenta uma cozinha contendo uma luminária pendente acima da mesa. A iluminação deste espaço ainda contempla luminárias escondidas abaixo do armário de madeira ao fundo e embutidos no teto para valorização da bancada. Como existe boa

penetração da luz natural neste ambiente, os comandos foram seccionados de forma que durante o dia, se possa utilizar a luz artificial somente quando necessário. Embora não tenha sido utilizado nenhum dispositivo de controle diferente do interruptor simples, o correto seccionamento das fontes artificiais de luz, também possibilita ao usuário uma economia de energia, sem abrir mão da quantidade e da qualidade da iluminação ao longo do dia.



Figura 52 – Cozinha iluminada por pendentos, embutidos no teto (não visíveis na foto) e luminárias sob o as portas do armário (também não visíveis). O comando foi feito por interruptores simples.

(Fonte: Randall Whitehead: Lighting Source Design, 2002 – p.88)

Recomenda-se que as paredes de uma cozinha sejam claras, de preferência brancas, e tenham aberturas suficientes para entrada da luz natural que seria refletida nas suas superfícies. A disposição de bancadas de trabalho também devem levar em consideração a melhor captação dessa luz natural durante o dia. Quando a luz natural não for suficiente para iluminar o local, todo ou em parte, lâmpadas dispostas apropriadamente são acionadas para complementar esse nível. Isso evidencia a importância de planejar os comandos de forma a operar somente lâmpadas que realmente sejam necessárias à tarefa que se quer realizar naquele momento.

Para esta outra cozinha, figura 53, maior e mais iluminada que a primeira, a multiplicidade dos pontos foi resolvida através de um sistema de controle de iluminação que permite a criação de cenas. Pendentos ao centro iluminam o ambiente de forma difusa e iluminam

diretamente a bancada na região central. As luminárias embutidas no teto, em ambos os lados, iluminam a periferia do espaço. Foram usadas lâmpadas fluorescentes tubulares abaixo dos armários para valorização das bancadas laterais. Com essa relativa complexidade de pontos, já foi possível lançar mão de um sistema de controle que possibilitasse diferentes níveis de iluminação no ambiente em função do propósito de cada momento.



Figura 53 – Cozinha iluminada por pendentes, embutidos no teto (visíveis no lado direito) e luminárias sob o as portas do armário (não visíveis). O comando poderia ser feito por um sistema de controle de cenas.

(Fonte: Randall Whitehead: Lighting Source Design, 2002 – p.88)

O aspecto decorativo pode ser desenvolvido de várias maneiras através da iluminação específica de prateleiras de vidro, chaleiras cromadas, vidros translúcidos, objetos em aço inoxidável, entre outras peças encontradas nas cozinhas, por exemplo.

4.8 Uso dos dispositivos de controle da luz artificial em áreas de lazer.

Jardim

O jardim é um terreno onde se cultivam plantas ornamentais ou vegetais. Pequenos arbustos, árvores, flores, vegetação, lagos, fontes, são todos elementos possíveis de ser encontrados em

um espaço como esse. A principal função da iluminação artificial para valorização deste ambiente no período noturno será acentuar a beleza deste cenário, pois se trata de um espaço contemplativo.

Quanto ao planejamento da iluminação de jardins avalia-se: quais aspectos são mais importantes e devem chamar mais atenção; quais são as cores do que está sendo iluminado; que grau de dramaticidade deve dar ao que está sendo iluminado; qual a fonte artificial de luz que poderá reproduzir com maior fidelidade às cores; o jardim será um espaço mais visualizado para quem estiver dentro da residência ou externamente à divisa desta com o logradouro urbano; qual o caminho que se deve percorrer para contemplar o entorno e caminhar com segurança; qual o período de utilização da luz artificial; qual tipo de acionamento.

A figura 54 mostra uma área externa de uma residência em Campinas, SP. Luminárias de embutir no solo foram distribuídas de modo a iluminar árvores e a fachada lateral da casa de baixo para cima, o que causa um efeito de dramático em contraste com o céu escuro.



(a)



(b)

Figura 54 (a) e (b) – ilustrações de uma área externa de residência em Campinas – SP.

(Fonte: Mirian Thiele).

Nesse projeto, a arquiteta utilizou temporizadores que ligam e desligam o circuito elétrico das diferentes lâmpadas utilizadas no jardim em horários pré-programados.

A área externa de uma residência é o tipo de ambiente mais propício ao uso de dispositivos de controle tipo sensor de presença. Este dispositivo permite maior segurança para os moradores da residência uma vez que este comando aciona a iluminação do ambiente sempre que algum movimento seja captado. As fotocélulas também podem ser utilizadas em locais onde a lâmpadas devam permanecer ligadas durante todo o período noturno.

4.9 Uso dos dispositivos de controle da luz artificial em “outros” setores.

Escada

O interruptor paralelo ou “3-way” é sempre uma boa opção para comandar a luz artificial destinada a iluminação de escadas. Essa solução permite um acionamento de uma ou mais lâmpadas tanto do pavimento superior (para quem está precisando descer) quanto do

pavimento inferior (para quem precisa subir as escadas). Interruptores paralelos associados a *dimmers* são pouco freqüentes comercialmente e menos ainda são encontrados modelos que permitem a graduação do fluxo luminoso das lâmpadas em ambos os lados do interruptor. Embora difíceis de ser encontrados, algumas aplicações carecem deste tipo de solução, pois promoveriam não apenas segurança para executar a tarefa mais básica que é movimentar-se de um pavimento ao outro, mas também aumentariam o grau de versatilidade de uso do espaço permitindo, por exemplo, a iluminação de quadros dispostos na parede de pé-direito duplo como exemplificado na figura 55, que também inclui uma abertura zenital para aproveitamento da luz natural.

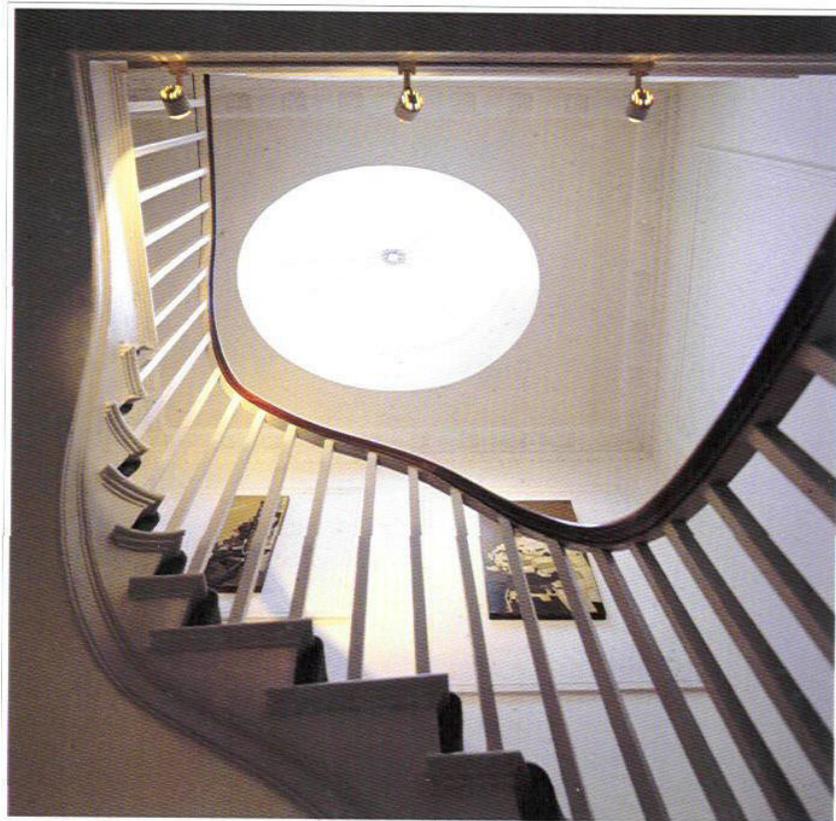


Figura 55 – Iluminação de destaque (quadros) e segurança (deslocamento entre pavimentos).

Possibilidade de utilização de *dimmer* e interruptor paralelo.

(Fonte: Lighting Style – p.29).

Corredor

De um modo geral, corredores longos podem ser submetidos ao mesmo tipo de comando recomendado para utilização em escadas. Interruptores paralelos (3way) que permitem acendimento nas duas pontas. No caso em que sejam dispostos quadros ou objetos de valor nas paredes desse corredor, a dimerização das lâmpadas também é recomendada. Corredores e escadas mais longos também podem utilizar interruptores intermediários, permitindo o acionamento das lâmpadas em vários pontos.

Vale ressaltar que a maioria dos interruptores paralelos disponíveis no mercado que acoplam a função *dimmer*, apenas permitem a dimerização em uma das pontas. Mas também existem *dimmers* paralelos no mercado brasileiro.



Figura 56 – Escada e corredor de ligação entre dois pavimentos de uma residência. Sugestão de interruptor paralelo com dimerização nas duas extremidades para comandar as luzes artificiais.

(Fonte: Lighting Style – p.29).

4.10 Possibilidade de Integração entre Sistemas.

De modo primário, deve-se perceber que a iluminação é apenas um dos diversos subprojetos de arquitetura. O arquiteto deve conceber um espaço harmônico no que diz respeito aos aspectos térmicos, acústicos e lumínicos. Por essa razão, a escolha de equipamentos que possam equacionar os inúmeros comandos de luz, áudio, ar condicionado, cortinas, entre outros sistemas, deve ser cuidadosa, de modo a facilitar a sua operação no intuito de trazer apenas benefícios ao consumidor.

Os sistemas de controle de iluminação descritos anteriormente são por vezes capazes de controlar outros dispositivos além da própria iluminação. Cortinas ou persianas motorizadas são exemplos práticos de elementos que podem ser controlados eletronicamente no intuito de permitir maior ou menor entrada da luz natural ao ambiente. Alguns fabricantes possuem interfaces para a devida integração do controle da luz artificial e das cortinas motorizadas. Se estas cortinas podem ser controladas, por que não controlar o ar condicionado e o sistema de segurança? Nenhuma razão para não fazer a princípio, e alguns fabricantes também disponibilizam interfaces para esses propósitos.

É possível citar três fortes razões para que essa integração ainda não esteja acontecendo em larga escala no Brasil. A primeira é na verdade o fato de que uma adaptação desses sistemas em instalações já existentes possui custo elevado em relação ao benefício conseguido. Em segundo, os sistemas de segurança são freqüentemente implantados e fiscalizados por firmas especializadas que oferecem uma determinada garantia dentro das regras de utilização dos seus produtos. Os contratantes preferem não interferir nas instalações das equipes de segurança para que não exista nenhuma ocorrência que possa justificar uma perda desta garantia. E terceiro; não é sempre possível contratar uma única empresa capaz de cobrir de forma eficiente todas estas três “disciplinas”. Por essas razões, e por vezes para evitar aborrecimentos na tentativa de procurar culpados, isto acaba sendo o maior argumento que leva a manter os sistemas separados.

Impacto da iluminação no sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC).

À exceção de uma pequena quantidade de radiação visível que realmente “escapa” de um edifício através das janelas, toda a energia utilizada para a iluminação artificial dentro das extremidades do edifício termina em calor, por mais eficiente que seja a fonte de luz. Isto significa que, seja qual for o clima externo, a iluminação artificial também estará contribuindo para o aquecimento do edifício. Os especialistas sabem e levam isto em consideração ao projetar o sistema de aquecimento e ar condicionado para diferentes tipos de edificações.

No inverno, o calor proveniente da luz artificial pode se tornar um pequeno benefício. No verão, o calor oriundo desta mesma instalação agrava o problema de resfriamento do ar. Em termos de consumo de energia, pode-se dizer que isto irá requerer em torno de 40% mais energia para remoção do calor gerado pela iluminação artificial. O uso de sistemas de controle de iluminação para minimizar os gastos com o consumo de energia elétrica também reduz indiretamente a demanda para o ar condicionado, resultando-se em ganho indireto adicional. Há, entretanto, que se ter um cuidado adicional quando do uso de lâmpadas fluorescentes. Quando da utilização de luminárias onde o retorno para o sistema de ar condicionado é realizado através de aberturas posicionadas na periferia das próprias luminárias, a eficácia do sistema de iluminação artificial poderá ser prejudicada uma vez que a temperatura do bulbo da lâmpada poderá ficar fora dos limites indicados para uma correta operação da lâmpada.

Existe outro fator adverso para a eficiência total do sistema de iluminação quando da dimerização das lâmpadas fluorescentes. Na condição de níveis altos de dimerização (fluxo luminoso da lâmpada baixo), o calor proveniente da própria lâmpada não pode manter a temperatura adequada do bulbo e isto pode resultar em instabilidade. Este problema é particularmente mais severo nos tubos fluorescentes T5 que são projetados para operar em temperaturas mais elevadas quando comparado com os tubos T8.

Segue tabela resumo dos principais dispositivos de controle indicados para uso em cada ambiente residencial.

Tabela 09 – Resumo dos principais dispositivos de controle utilizados nos espaços residenciais.

Ambiente	Mais recomendado	Outras opções
Sala de Estar	Controle de cenas	Dimmer
Sala de Jantar	Controle de cenas	Dimmer
Sala de TV	Controle de cenas	Dimmer
Átrio	Interruptor paralelo	Dimmer; int. intermediário
Biblioteca	Dimmer	Interruptor simples
Varanda	Interruptor simples	Dimmer
Hall de entrada	Dimmer	Interruptor simples
Quarto de casal	Dimmer	Interruptor simples
Quarto de criança	Dimmer	Interruptor simples
Banheiro	Interruptor simples	Dimmer
Closet	Dimmer	Interruptor simples
Cozinha	Interruptor simples	Dimmer
Jardim	Fotocélula	Sensor de presença
Escada e Corredor	Interruptor paralelo	Dimmer; int. intermediário

De uma forma geral pode-se dizer que os cômodos pertencentes à área social de uma residência devem receber um tratamento de iluminação e controle onde sejam possíveis uma maior flexibilidade e versatilidade de uso do espaço. Outras áreas devem promover outros benefícios, como segurança, por exemplo nas escadas de casas ou apartamentos onde houver criança, uma ação positiva pode ser a utilização de sensores de presença para que a criança não venha a descer ou subir as escadas com níveis muito baixos de iluminação e correr riscos de acidentes graves.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO CONTROLE EM UM CASO REAL

Introdução

Embora existam recursos visuais através de softwares específicos para área de iluminação, a visão tridimensional do espaço real é praticamente insubstituível. Experimentar um espaço iluminado é diferente da vista que se pode obter através desses programas computacionais. A variável tempo que constitui uma quarta dimensão na arquitetura, existente na luz natural, e potencialmente presente na luz artificial através do uso de dispositivos de controle e da automação, é mais um elemento que pode ser arranjado nesses programas, mas também não substitui a realidade. Por essa razão, optou-se por fazer uma aplicação de dispositivos de iluminação em um caso real a fim de experimentar o espaço e dividir essa experiência com uma família que irá, na verdade, conviver por algum tempo com essa nova iluminação de parte do setor social da sua residência.

Local escolhido

A residência da família Gorenstin sediada à rua Sorocaba, no bairro de Botafogo, Rio de Janeiro. Trata-se de uma cobertura de duzentos e vinte metros quadrados em um edifício composto por vinte e cinco apartamentos distribuídos em um total de cinco andares. A família é composta por quatro pessoas (pai, mãe, filho e filha) e que ainda convivem diariamente com uma governanta. A figura x mostra uma foto via satélite da localização do prédio.

Ambientes estudados

Foi realizado um trabalho de reestruturação das salas de estar, jantar e TV do apartamento. Uma nova iluminação foi projetada em função do novo *layout* do mobiliário. Os comandos

para controle da luz artificial foram projetados a fim de prover maior flexibilidade aos espaços que são parte do setor social da residência.

Planta baixa

A localização do prédio na rua Sorocaba no bairro de Botafogo-RJ, bem como a planta baixa destas salas de estar, jantar e TV, incluindo a localização dos pontos de luz e seus respectivos comandos para controlar a iluminação artificial, estão exibidas nas figura 57 e 58. Também estão listados em uma legenda, todas as especificações referente às luminárias, equipamentos auxiliares, lâmpadas e dispositivos de controle utilizados no projeto.

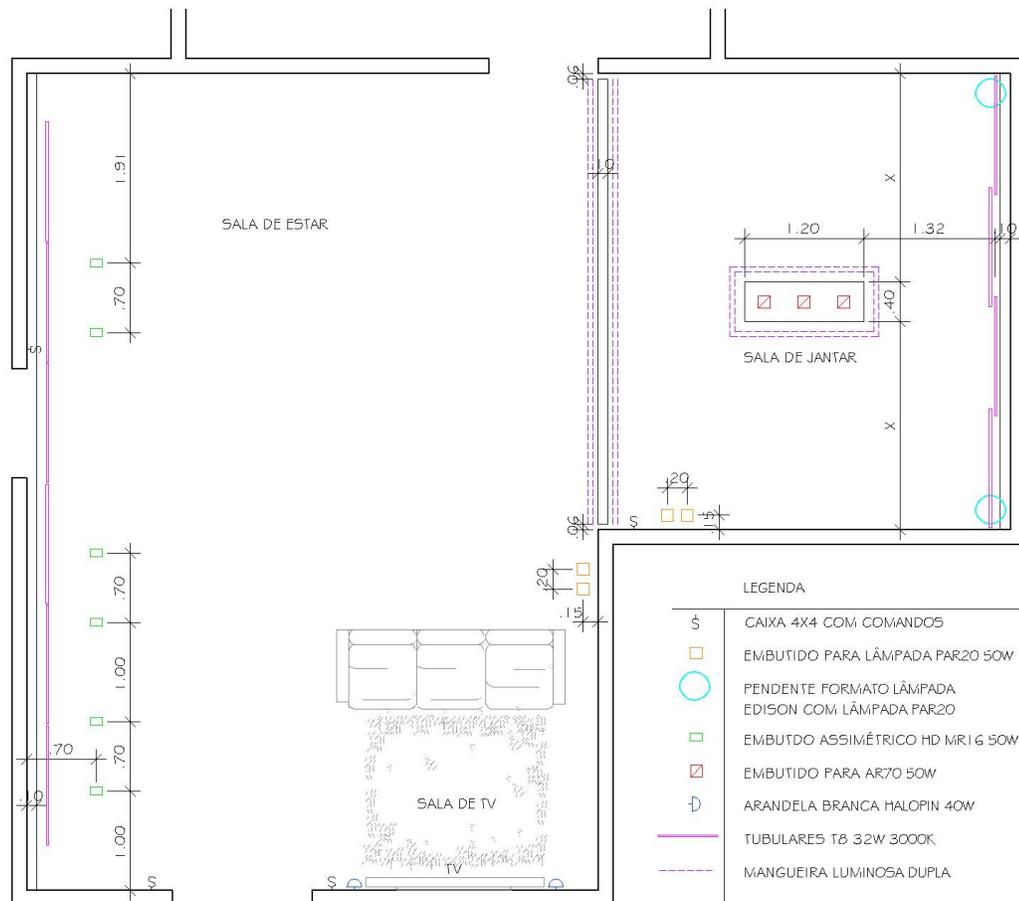


Figura 57 – Planta baixa das salas de estar, jantar e TV do apartamento.



Figura 58 – Localização do prédio na rua Sorocaba – Botafogo – RJ.

É possível ver a varanda branca e descoberta no prédio marcado por um quadrado na foto. As salas de estar, jantar estão localizadas paralelas a esta varanda. A sala de estar está na posição mais ao Norte.

(Fonte: Google Maps e Imagens. Acesso em 19/10/07)

O projeto

Sala de Jantar

O espaço que era utilizado anteriormente como uma sala de TV deu lugar à nova sala de jantar. A figura 59 mostra essa sala de TV antiga onde a iluminação era composta apenas por uma luminária tipo plafon circular instalada no ponto central do ambiente utilizando lâmpadas fluorescentes compactas com temperatura de cor correlata de 4000 K. O pé direito original da cobertura para as salas era de três metros e dez centímetros.



Figura 59 – Sala de TV antiga (antes da obra) iluminada apenas por uma luminária tipo plafon instalada no ponto central do ambiente e com lâmpadas fluorescentes compactas com temperatura de cor de 4000 K.

Esse espaço originariamente utilizado como sala de TV deu lugar a nova sala de Jantar da residência onde foi colocada uma mesa de oito lugares cujo tampo é constituído de mármore de média refletância. A nova iluminação deste ambiente social e familiar foi concebida no intuito de prover maior flexibilidade ao espaço e os comandos foram separados de forma

criteriosa para que fosse possível a criação de diferentes cenas de iluminação para as diferentes atividades envolvidas.

A figura 60 mostra como ficou a nova sala de Jantar. Basicamente a figura mostra três sancas projetadas para receber iluminação, os embutidos localizados próximos da parede direita e os pendentês em formato de lâmpada ao fundo.



Figura 60 – Espaço reservado para nova sala de Jantar. A iluminação é composta por uma sanca que divide os ambientes de estar e jantar, uma segunda sanca sobre a mesa de jantar, dois embutidos que projetam um fecho de luz na parede à direita, dois pendentês em formato da lâmpada incandescente de Edison instalados ao fundo e, uma última sanca próxima da parede ao fundo.

Na foto ilustrada acima, estão ligados apenas os comandos destinados a sanca de divisão de ambientes (estar e jantar), a sanca e os embutidos sobre a mesa de jantar e, os embutidos laterais. A caixa 4x4 com seis postos, instalada na parede direita, não existia anteriormente e foi projetada para comandar especificamente essa nova área de convívio social.

Para proporcionar maior aconchego ao ambiente e maior fidelidade das cores, exemplificada pelas flores sobre a mesa na figura 59, optou-se por lâmpadas que produzem luz pelo princípio da incandescência. Essas lâmpadas possuem aparência de cor branco-amarelada e índice de reprodução de cor excelente quando comparado a outras lâmpadas com temperatura de cor correlata equivalente. Somente na sanca localizada ao fundo da sala que se utilizou lâmpada fluorescente tubular de 32W e 3000 K.

Essa única fonte artificial de luz mais eficiente, instalada na sanca ao fundo, pode ser utilizada em momentos onde a iluminação permanece acesa por períodos mais longos. A iluminação explora a parede de superfície branca e distribui uma quantidade de luz suficiente para trabalhos envolvendo escrita e leitura sobre a mesa de jantar, por exemplo. Os integrantes da família mostraram estar dispostos a também utilizar este ambiente para este fim de exclusividade familiar.

A luz branco-amarelada da sanca, proveniente de mangueira luminosa, que atua como divisor de ambientes estar e jantar sintetiza o caráter delimitador dos espaços. Sua intensidade e cor representam uma iluminação suave e acolhedora. A figura 61 mostra um detalhe do teto no momento em que a iluminação das três sancas está ligada. A mangueira luminosa utilizada nas duas primeiras sancas possui nitidamente aparência de cor mais amarelada quando comparado ao da sanca ao fundo. Tecnicamente, as duas primeiras usam lâmpadas com 2700K e a sanca ao fundo apresenta 3000K. As luminárias tipo pendentes no formato de lâmpada de Edison instaladas ao fundo possuem caráter estético para embelezamento do espaço. A luz proveniente da lâmpada tipo PAR20 instalada no seu interior reflete em um filamento espiralado existente na luminária, o que aumenta a similaridade da luminária com a própria criação de Thomas Alva Edison.



Figura 61 – Detalhe do teto. Sancas e pendentés ao fundo iluminados.

A figura 62 representa o momento em que todos os comandos estão ligados. Na foto somente não aparece a iluminação da sanca divisória entre as salas de estar e jantar.

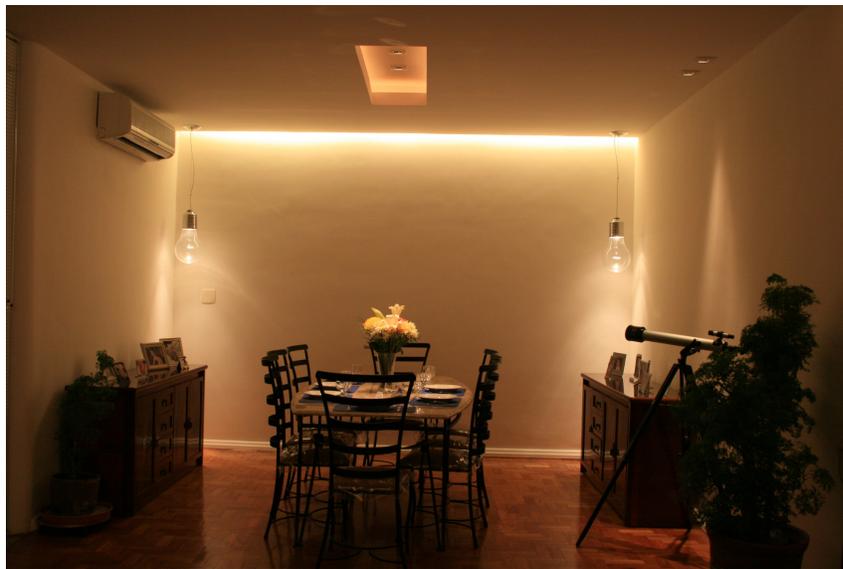


Figura 62 – Sala de Jantar. Todas as lâmpadas acesas no nível máximo.

De um total de seis comandos, em três destes foi utilizado *dimmers* para controlar a intensidade luminosa que compreendem as lâmpadas tipo AR70 sobre a mesa, as lâmpadas

tipo PAR20 instaladas próximas à parede da direita e no interior dos pendentos. As mangueiras luminosas instaladas em duas sancas e as lâmpadas fluorescentes tubulares instaladas na sanca do fundo da sala são comandadas separadamente por interruptores simples.

A utilização do *dimmer* nas lâmpadas halógenas de tipo AR70 e PAR20, além de prover flexibilidade, também permite um aumento na vida útil das mesmas e isto se torna importante, aumentando o tempo relativo ao período de troca de lâmpadas, facilitando a manutenção que é realizada pelos próprios moradores.

Material utilizado na Sala de Jantar

02 Pendentos, referência 11659PAB no formato lâmpada de Edison, acabamento transparente, bocal E-27, fabricante Studiolute;

04 lâmpadas halógenas tipo PAR20L 50W 130V 25°, fabricante Philips;

02 embutidos de teto, referência IL0034 branco fosco, para uso com uma lâmpada PAR20, fabricante Interlight;

03 embutidos de teto, referência IL0032 branco fosco, para uso com uma lâmpada AR70, fabricante Interlight;

03 lâmpadas halógenas tipo AR70 50W 12V 24°, fabricante Osram;

03 transformadores eletrônicos dimerizáveis, referência THED 50W 127V, fabricante Intral;

25 metros de mangueira luminosa para uso em sancas, com rabicho de alimentação para 127V e terminais de isolamento;

04 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 32W 3000K, para uso em sanca, com tomadinhas para conexão elétrica, fabricante Philips;

04 reatores, referência ED32A16, para duas lâmpadas de 32W em 127V, fabricante Philips;

Sala de TV

A sala de TV foi deslocada para outro setor em função da disposição da nova sala de Jantar. Procurou-se utilizar um número reduzido de pontos artificiais de luz por ser mais adequado a este tipo de ambiente. A figura 63 ilustra a nova sala de TV.



Figura 63 – Registro fotográfico do espaço destinado à nova sala de TV.

A parede localizada a esquerda, foi trabalhada de modo diferente de todas as demais paredes das salas. Essa parede recebeu um tratamento que permite um pequeno grau de rugosidade na sua superfície. Foram instaladas duas luminárias embutidas no teto de gesso, bem próximas à parede, utilizando lâmpadas tipo PAR20 que iluminam a superfície tangencialmente, o que valoriza sua textura.

As duas luminárias embutidas no teto de gesso podem ser vistas na figura 64. Foi utilizado um *dimmer* digital modelo maestro da empresa Lutron que possui a função *fade on/off*, ou seja, função especial que permite ligar e desligar as duas lâmpadas de modo não instantâneo.



Figura 64 – Foto ilustrativa da parede rugosa localizada na sala de TV e as duas luminárias embutidas no teto localizadas próximas a parede.

Na linha horizontal imaginária acima da televisão foram instaladas duas luminárias tipo arandela que permitem emissão de luz apenas para os hemisférios superior e inferior, não ofuscando o usuário em qualquer posição que este se encontre no interior das salas.

Este tipo de iluminação também contribui para minimizar a fadiga visual causada quando se assiste televisão. Como o brilho luminoso na tela da TV é intenso, a ausência de iluminação nas áreas circunvizinhas acaba por provocar um cansaço no olho nesta tentativa de ajustar a pupila para entrada de luz.

A figura 65 apresenta um registro fotográfico da sala de TV onde as lâmpadas tipo PAR20 estão desligadas e as lâmpadas halógenas tipo halopin inseridas nas arandelas estão com apenas 10% de sua capacidade máxima.



Figura 65 – Sala de TV. Registro fotográfico no momento em que apenas as duas luminárias tipo arandela estão ligadas em toda sala, com 10% de sua intensidade máxima.

O comando maestro adotado para as luminárias tipo arandela ainda conta com um controle remoto, onde o usuário pode comandar o ponto de luz a distancia, o que aumenta o grau de conforto relativo à utilização deste ambiente.



Figura 66 – Detalhe dos comandos tipo maestro da Lutron. O controle da direita possui um receptor infravermelho para uso com controle remoto.

A seqüência de fotos a seguir apresenta as diferentes ambiências criadas com a dimerização da luz artificial utilizados na sala de TV.



Figura 67 – Dimerização das lâmpadas halógenas nas arandelas. (a) em 35%; (b) em 25%.



Figura 68 – Registro fotográfico de mais dois momentos distintos. A maior luminosidade das paredes nestas fotos quando comparado com as fotos de figura 67 é devido à interação das fontes artificiais de luz instaladas nas salas de estar e jantar agora também ligadas.

De um modo geral, a família Gorenstin mostrou-se satisfeita com o novo sistema de iluminação do setor social da residência, bem como da disposição dos comandos e das respectivas possibilidades de criação de cenas para as diferentes atividades que podem ser executadas neste tipo de ambiente. Isto pode ser referendado no próprio depoimento dos proprietários descrito a seguir:

O projeto de iluminação elaborado para nossas salas de estar, jantar e TV mudou completamente o ambiente e o uso desses espaços. O novo ambiente é agora aconchegante e **versátil** e as propriedades oferecidas pela nova

distribuição da iluminação, bem como pelos *dimmers*, permitem **adaptar** melhor o ambiente à **necessidade** de cada momento. Agora o ambiente acomoda com **conforto** as possibilidades de encontros com amigos, jantares mais íntimos, leitura e uso de computador na mesa de jantar. Nossa família se adaptou rapidamente ao uso do controle remoto das arandelas próximas à TV e, como ninguém quer se levantar do sofá durante um bom filme, já estamos pensando em colocar telefone sem fio no mesmo ambiente, ou seja, a comodidade proporcionada pelo dispositivo está sendo muito apreciada (informação verbal, grifo nosso).

Material utilizado na Sala de TV

02 arandelas referência 3016 branco fosco, para uso com uma lâmpada halopin de 40W, 16x16cm, do fabricante Orkkom;

02 lâmpadas halopin 40W 130V acabamento transparente, fabricante Osram;

02 embutidos de teto, referência IL0034 branco fosco, para uso com uma lâmpada PAR20, fabricante Interlight;

02 lâmpadas halógenas tipo PAR20L 50W 130V 25°, fabricante Philips;

Material utilizado na Sala de Estar

06 embutidos de teto, referência EI-20-0490, para uso com lâmpada dicróica, fabricante Everlight;

06 lâmpadas dicróica tipo TITAN 50W 12V 38°, fabricante Osram;

06 transformadores eletrônicos dimerizáveis, referência THED 50W 127V, fabricante Intral;

02 lâmpadas fluorescentes tubulares T8 32W 3000K, para uso em sanca, com tomadinhas para conexão elétrica, fabricante Philips;

02 reatores, referência ED32A16, para duas lâmpadas de 32W em 127V, fabricante Philips;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A luz transcende sua função de prover visibilidade; ela estimula, informa, excita, direciona. E não pode haver nenhuma forma visual sem luz. Isto condiciona a maneira com que as pessoas interagem com o mundo. O Sol, a lua, o fogo e a luz elétrica, todas são fontes de luz experimentadas pelo homem. A luz revela a forma, a superfície e a cor; informa a percepção individual do mundo e fornece uma linguagem comum. E diferentes tipos de luz fazem com que os seres humanos vejam e respondam de maneiras também desiguais.

No capítulo 1, verificou-se que as opiniões dos diversos profissionais ligados à iluminação, arquitetos, engenheiros e físicos, são por vezes antagônicas, na tentativa de elucidar os aspectos inerentes ao fato de iluminar. Arte e ciência, aspectos quantitativos e qualitativos, fisiologia e psicologia da luz, transformação tecnológica, são temas complexos que envolvem a disciplina do *light design*.

Segundo Servan-Schreiber (2004, p.114) “é perceptível a maior felicidade das pessoas durante a primavera em comparação ao inverno, mas isso parece não mostrar ao ser humano o quanto isso tem implicações profundas sobre como melhorar o humor e favorecer o nível de energia”. A luz influencia diretamente, e até controla, funções essenciais do cérebro emocional. Para os animais que vivem na selva, é a duração do dia e da noite que controla o sono e os impulsos mais vitais, incluindo o apetite por alimento e sexo, assim como por exploração do ambiente e a busca por novidade.

Experiências em laboratório já mostraram que a luz é o fator controlador essencial, em oposição às mudanças na temperatura ambiental, à exposição a pólen ou a outros fatores relacionados à mudança das estações. A luz penetra no cérebro através dos olhos, e o impulso neural é transmitido a um grupo especial de células no hipotálamo, um dos principais pontos de saída do cérebro emocional. Com o centro de controle hormonal do corpo, o hipotálamo influencia diretamente no apetite, no impulso sexual, nos ciclos de sono e menstruação, na regulação de calor do corpo e no humor.

Rosalia Fresteiro diz que “as estruturas límbicas do ser humano são parecidas com a dos animais, e isto faz com que a exposição à luz influencie nos impulsos e nas funções biológicas de modo semelhante”. A luz artificial libertou as pessoas dos ciclos restritos do sono e do despertar impostos pelo aparecimento e desaparecimento milenar do Sol. Porém, mesmo em um dia nublado, a luz do dia é de cinco a vinte vezes mais intensa do que a luz elétrica no interior das casas. Em função disso, a luz artificial não poderá substituir totalmente o poder que as radiações solares exercem sobre os ritmos biológicos do ser humano.

Se a luz possui capacidade de ordenar esses ritmos físicos mediante seu controle sobre o cérebro emocional, cinco mil anos de medicina tibetana e chinesa sugerem ainda outro modo eficiente de modular o fluxo de energia entre a mente e o corpo. Apesar de sua simplicidade e elegância, esse sistema de medicina somente agora começa a ser explorado pela ciência ocidental. E os ocidentais já começam a dar sinais de aprendizado sobre sua misteriosa eficácia.

Na fase anterior ao primeiro capítulo, na parte introdutória, registrou-se a nova descoberta científica que foi a terceira célula fotoreceptora do olho humano. Trata-se de uma célula que conduz a informação diretamente ao núcleo supraciasmático e este a glândula pineal, que por sua vez, é a glândula responsável pelo controle da liberação de hormônios tais como; cortisol e melatonina. Esta nova descoberta, já influenciou diretamente o mercado de iluminação mundial, uma vez que fabricantes multinacionais como a Philips e a Osram, por exemplo, já lançaram lâmpadas fluorescentes tubulares com temperatura de cor de 8000K, cuja aparência é branco-azulada e que influencia no estado de alerta das pessoas.

Ao apresentar os diversos tipos de dispositivos de controle da iluminação artificial e os equipamentos auxiliares utilizados em alguns tipos de lâmpadas durante o segundo capítulo, procurou-se alertar para a necessidade de ter equipamentos que se comuniquem da melhor forma possível. Isto porque o comportamento elétrico do circuito destinado a lâmpadas com ou sem equipamento auxiliar é diferente. Apesar de ser um produto que está escondido dentro de um forro ou da própria luminária, e mesmo aparente não seria alvo de admiração estética, este equipamento pode influenciar de modo negativo no fluxo luminoso emitido pela lâmpada, prejudicando a iluminação do ambiente e por fim no comportamento das pessoas.

Diante da complexidade de produtos disponíveis no campo da iluminação artificial de ambientes, julga-se importante um aprendizado contínuo sobre suas características técnicas e estéticas, a fim de conceber os maiores benefícios possíveis aos usuários. O arquiteto ou o profissional de iluminação de qualquer outra área deve possuir bom grau de conhecimento desses produtos e considerar toda essa peculiaridade oriunda da luz natural para então, buscar prover algumas semelhanças quando do uso da luz artificial.

Devido a este grande número de produtos oferecidos, e sendo dispositivos que possuem características técnicas por vezes complexas, recomenda-se que os profissionais sejam pessoas minimamente qualificadas e que não busquem exclusivamente resultados lumínicos aleatoriamente, sem preceder de um mínimo conhecimento técnico. O processo empírico é válido em muitos casos, mas estes devem, sem a menor dúvida, proverem de embasamentos técnicos suficientes para obtenção de melhores resultados.

A experiência desenvolvida com lâmpadas dicróicas mostrou uma relação não linear entre a potência dissipada no circuito elétrico e o fluxo luminoso emitido por estas fontes de luz, quando submetido a vários níveis de dimerização. Desta relação, confirmou-se à teoria de que os reguladores de luminosidade eletrônicos (*dimmers*) disponíveis no mercado auxiliam na redução do consumo de energia. Entretanto, julga-se necessário que estudos complementares, diversificando lâmpadas e tipos de *dimmers*, sejam efetuados a fim de corroborar ou não com os níveis de potencial de redução de consumo que são apresentados exclusivamente pelos próprios fabricantes desses produtos.

Um segundo estudo considerou a decisão que um usuário deve tomar no momento em que uma lâmpada incandescente comum queima em sua residência. Atualmente, o governo federal incentiva à troca dessas lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas integradas (as populares eletrônicas) em função da maior eficiência luminosa que estas possuem. No entanto, essas lâmpadas não são dimerizáveis, limitando sobremaneira as possibilidades para criação de cenas. Inserindo um *dimmer* no circuito destinado a lâmpadas incandescentes, não se teria o mesmo ganho com a redução de consumo de energia, mas aumentaria a flexibilidade e a versatilidade das instalações, valorizando a ambiência dos espaços.

Ao final do terceiro capítulo foi desenvolvido um questionário que buscou obter informações sobre o nível de conhecimento e utilização das pessoas sobre os dispositivos de controle da iluminação artificial. O questionário foi direcionado a arquitetos, engenheiros, *lighting designers* e usuários finais. A maior utilização de interruptores simples como dispositivo de comando encontrado nas residências das pessoas foi confirmado. Essa condição mostra que a maioria das pessoas, ainda utilizam este tipo de dispositivo que lhe permite apenas ligar e desligar a lâmpada em sua totalidade. E isto, não se assemelha com a dinâmica da luz natural. Este resultado mostra que existe maior campo para diversificação do uso dos dispositivos de controle ou até mesmo da automação completa.

Se as vantagens obtidas com o uso de *dimmers* em lâmpadas incandescentes fossem mais difundidas, tais como, aumento significativo da vida das lâmpadas; redução de consumo de energia, embora inferior ao das lâmpadas fluorescentes; conforto visual com a função de ligar e desligar lâmpadas de modo não instantâneo; e flexibilidade ao variar os níveis de luminosidade para variados tipos de uso do mesmo espaço, maior seria a demanda pelo uso destes dispositivos, talvez reduzindo o custo dos mesmos, aumentando a possibilidade de utilização também pelas classes sociais menos favorecidas.

Foi citado no terceiro capítulo sobre a importância do projetista de iluminação ter um conhecimento das possíveis alterações das fontes luminosas quando submetidas ao variador de luminosidade. Uma vez que a cor percebida é fruto da composição da radiação espectral da luz que incide em um objeto com a própria cor deste objeto, essa questão torna-se de alta relevância. Segundo o estudo realizado por Kruithof em 1941, quanto maior a iluminância do ambiente maior terá que ser a temperatura de cor da fonte, ou seja, fonte artificial de luz mais branco-azulada. Quanto menor a iluminância, menor esta temperatura de cor, luz branco-amarelada. A inserção do *dimmer* nos circuitos elétricos destinados a iluminação de ambientes não laborativos, tais como: residências, hotéis, restaurantes, igrejas, entre outros, representa uma ferramenta que atua favoravelmente nesta direção recomendada pelo pesquisador. Nesses ambientes não laborativos, a utilização de lâmpadas branco-amareladas é mais freqüente, incandescentes e halógenas, uma vez que se opta por ambientes com menores níveis de iluminação quando comparados aos ambientes laborativos e ainda, com índice de reprodução de cor mais próximo a cem por cento e temperaturas de cor não superiores a 3200 K. Diminuir a intensidade luminosa dessas lâmpadas acarreta também em uma diminuição da temperatura de cor da fonte e isto segue a proposta de Kruithof.

No capítulo 4, procurou-se dividir os diferentes ambientes residenciais em áreas onde a premissa para criação da iluminação artificial pudesse ter alguma semelhança. Áreas sociais e íntimas, de serviços e de lazer, separadas por representarem setores onde a iluminação deve ser concebida de formas desiguais. O desenvolvimento do capítulo procurou mostrar a função de cada área em uma residência e como a iluminação deve ser projetada para melhor atender as atividades desenvolvidas em cada setor. Os tipos de lâmpadas bem como os melhores tipos de dispositivos de controle que são mais adequados a cada ambiente.

A integração dos equipamentos de iluminação artificial com as cortinas motorizadas em alguns ambientes é apenas uma das possibilidades existentes no mundo moderno, a serviço dos arquitetos para um harmonioso aproveitamento da luz natural. Mais uma vez, ressalta-se a importância biológica da presença da luz solar que não deve ser negligenciada. No entanto, deve-se ter um cuidado suficiente para não adotar soluções que são mais apropriadas em outros países, principalmente àqueles que apresentam níveis de iluminação natural muito mais baixos do que os que ocorrem no Brasil.

Assim sendo, os dispositivos de controle de iluminação artificial apresentam-se como ferramentas eficazes para que profissionais possam atender aos anseios dos usuários residenciais, permitindo-lhes dar maior flexibilidade às instalações, obtendo a quantidade de luz desejada para diferentes momentos e tarefas ao longo do dia sem abrir mão da qualidade da luz artificial, tão importante quanto a eficiência energética.

Aparentemente a utilização de dispositivos de controles de iluminação automatizados possui um campo mais amplo de aplicação nos setores corporativos, fundamentalmente em hotéis. De certa forma, os hotéis possuem uma similaridade com as residências, principalmente as multi-familiares. Como o investimento para implementação de sistemas de controle ainda é considerado alto, sua utilização em ambientes que circulam mais pessoas apresenta-se como alternativa de maior benefício.

Quanto à área técnica pertinente a iluminação artificial de ambientes é recomendável que arquitetos e profissionais de iluminação estejam atualizados em relação às opções de controles de iluminação oferecidas pelo mercado. De maneira geral, pode-se admitir que o controle da luz pode ser obtido e analisado sob diferentes aspectos. O próprio grupo de luminárias onde estão dispostas as fontes artificiais de luz exerce um poder de “controlar”, direcionar a luz.

Afinal, a ótica de uma luminária pode direcionar a luz para um ponto ou espaço desejado. Também existem lâmpadas, geralmente de formato parabólico ou elíptico que conferem direcionalidade a luz. Alguns acessórios, como grelhas e aletas, também influenciam na direção do feixe de luz. Por fim, os controles de iluminação, podem trazer outros benefícios, variando ou alterando diferentemente o fluxo luminoso emitido. Trata-se de uma maneira especial de controlar a luz.

São premissas básicas para a especificação de um projeto de iluminação artificial que incorpora um Sistema de Controle de Iluminação: planilha de cargas; infra-estrutura; investimento; níveis de funcionalidade e integração.

O estudo de caso desenvolvido ao final da tese na cobertura da família Gorenstin corroborou para o entendimento de que o uso adequado de *dimmers* em circuitos específicos de iluminação, não só flexibiliza e valoriza o ambiente, mas também gera maior nível de conforto aos usuários. A família mostrou-se satisfeita com a nova iluminação e com a maneira com que se pode agora controlar a mesma, conforme depoimento do proprietário Jorge Gorenstin. A iluminação através de duas arandelas dispostas acima e atrás da televisão constitui-se em uma das muitas soluções técnicas e estéticas possíveis para colaborar na direção do conforto visual em residências. Neste caso, a escolha da arandela foi cuidadosa de modo que a iluminação fosse direcionada apenas para os hemisférios superior e inferior, não permitindo a saída de luz da luminária no eixo horizontal, ou seja, na direção da visão do observador. O uso do *dimmer*, ainda associado ao controle remoto, permite o uso do espaço de um modo mais versátil e com maior grau de conforto.

A iluminação da sala de jantar aliou técnica e estética e procurou valorizar a reprodução de cores quando do uso da mesa de jantar. As flores, a culinária brasileira, entre outros elementos coloridos, podem ser explorados em sua diversidade de cor, pois as lâmpadas de destaque possuem excelente IRC. A temperatura de cor das fontes de luz em torno de 3000K aliado ao nível de iluminação de 150 lux é coerente e levam ao estado de contemplação, prazer e aconchego.

Por fim, é necessário ter consciência de que por mais arrojado que seja um projeto de iluminação artificial, utilizando-se dos mais modernos produtos, incluindo as fontes, luminárias e dispositivos de controle, o profissional deverá respeitar sobremaneira a

originalidade arquitetônica. É fundamental que o projeto lumínico esteja acima de tudo em plena harmonia com a Arquitetura do ambiente. O ambiente construído deve ser provido de elementos que estejam em consonância com a sustentabilidade do planeta. A vida na terra depende desta adequação.

RECOMENDACOES PARA TRABALHOS FUTUROS

A experiência sobre o potencial de redução de consumo de energia elétrica utilizando o dimmer, desenvolvida no terceiro capítulo, obteve resultados que indicam uma redução no consumo de energia, mas que podem estar aquém dos valores geralmente apresentados pelos próprios fabricantes. Por essa razão, torna-se importante o desenvolvimento de novas experiências futuras, preferencialmente em laboratórios onde a calibração e a aferição dos medidores possam ser melhor controladas, aumentando assim o nível de confiabilidade dos resultados.

As questões relacionadas ao fator de potência de uma instalação elétrica, em especial nos circuitos destinados à iluminação, poderão ser mais exploradas em estudos realizados na área de engenharia. Vale lembrar que o uso habitual de capacitores em conjunto com alguns reatores vai além da simples correção do fator de potência das instalações elétricas mencionadas durante a tese.

Outra pesquisa que pode ser direcionada a área de engenharia elétrica está relacionado com as limitações existentes para dimerização das lâmpadas. Uma vez que o comportamento elétrico dos diferentes tipos de lâmpadas é diferente em razão de se utilizar ou não um equipamento auxiliar específico, torna-se relevante pesquisas que expliquem melhor os porquês dessa incompatibilidade de uso para os três elementos: controle-equipamento auxiliar-lâmpada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5461**: Iluminação – Terminologia. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 5382**: Verificação da Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1985.

BEN. **Balanco Energético Nacional**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Energia. Departamento Nacional de Política Energética. 2002.

BERSON, D.M., DUNN, F.A., MOTOHARU TAKAO; **“Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock”**, Science, February 8; (2002).

BREKKE, B., HANSEN, E. H. **Energy saving in lighting installations by the utilization of daylight**. In: 2nd European Conference on Energy-Efficient Lighting. Arnhem, the Netherlands. 26 – 29 September 1993, p. 875-886. 1993.

BOYCE, P. R. **Why daylight?**. In: International Daylighting Conference 98. 10 – 13 May 1998, Ottawa, Ontario, Canada. P. 359-366. 1998.

Catálogo de Lâmpadas GE. Rio de Janeiro.

Catálogo de Lâmpadas Osram. São Paulo, 2000.

Catálogo de Lâmpadas Philips. São Paulo, 1999.

Catálogo de Lâmpadas Sylvania. Rio de Janeiro.

Catálogo de Sistemas de Iluminação Philips. São Paulo, 2000.

COSTA, Gilberto José Correa da. **Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação**. Edipucrs, 1^a ed., Porto Alegre, RS, 1998

CREDER, Helio. **Instalações Elétricas**. LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 13^a edição revista e atualizada, Rio de Janeiro, 1999.

DILOUIE, CRAIG. (1998). **Manual vs. Dimming control.**

<http://www.archlighting.com/technology/dimming.html>

DIN 5034 – Part 1 (1983). **Daylight in Interiors General requirements.** Deutche Industrie Norm.

DIN 5035 – Part 2 (1983). **Artificial lighting of Interiors;** Guideline values for workplaces. Deutche Industrie Norm.

EMBRECHTS, R., BELLEGEM, C. V. **Increased energy savings by individual light control.** In: 4TH European Conference on Energy-Efficient Lighting. Copenhagen, Denmark, p. 179-181. 1997.

FELDMAN, Daniel Coelho. **Iluminação Residencial: Ciência e Arte na iluminação de ambientes residenciais,** dissertação de mestrado, PROARQ/FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

FONSECA, Ingrid Chagas Leite. **Qualidade da luz e sua influência sobre a saúde, estado de ânimo e comportamento do homem,** dissertação de mestrado, PROARQ/FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2000.

FONSECA, Ingrid Chagas Leite. **Dimensões da Luz Natural na Interação do Homem com a Arquitetura – Estudos a luz de cúpulas de Brunelleschi, Michelangelo e Palladio,** tese de doutorado, PROARQ/FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P., e LONGMORE, J.. **Iluminação Natural.** Fundação Calouste Gulbenkian. 2ª ed., Lisboa, 1966.

IESNA, **Lighting handbook.** New York: The Illuminating Engineering Society of North America, 9ª ed., EUA, 2000.

JANNUZZI, G. M. **Uso Eficiente de Energia da Iluminação no Brasil.** In: I Conferência Panamericana de Iluminação. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria da Iluminação. 278p. p. 74-82. 1992.

KNOWLTON, A. E. **Standard Handbook for Electrical Engineers.** MacGraw-Hill Book Co. New York, 1957.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Ed. PW, 1ª ed., São Paulo, 1997.

LITTLEFAIR, P. J. **Predicting lighting energy use under daylight linked lighting controls**. Building Research & Information. v.26. n.4. p.208-222, 1998.

MAJOR, M., SPEIRS, J., TISCHHAUSER, A.. **Made of Light – The Art of Light and Architecture**. Ed. Birkhauser., Germany, 2005.

MANICCIA, D., RUTLEDGE, B., REA, M. S. et al. **Occupant use of manual lighting controls in private offices**. Journal of the Illuminating Engineering Society. v.28, n.2, summer 1999. P. 42-56, 1999.

Lighting Manual Philips. Eindhoven, Janeiro 1993, 5ª ed., p.12.

Manual Luminotécnico Prático Osram. São Paulo.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. **Segurança e Medicina do Trabalho**. Ed. Atlas S.A. 36ª ed., São Paulo, 1997.

McCLOUD, Kevin. **Lighting Style**. 1ª ed., Simon & Schuster, Italy, 1994.

MOREIRA, Vinicius de Araujo. **Iluminação Elétrica**. 1ª ed., Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1999.

MORROW, W., VARGAS, M., PETERSON, D. et al. **The quest for the ideal office control system**. Rensselaer Polytechnic Institute. Lighijting futures. v.3, n.3. 1998. <http://www.lrc.rpi.edu/Futures/LF-OfficeLighting/index.html>

Revista. ELETRICIDADE MODERNA. Rio de Janeiro.

Revista de Eletricidade e Iluminação. LUMIÈRE. São Paulo.

Revista de Iluminação. ILUMINAÇÃO BRASIL. São Paulo.

Revista de Iluminação. L+D – Ed. Lumiere. São Paulo.

Revista de Iluminação. LD+A – Lighting Design + Application. Estados Unidos.

Revista de Iluminação e Cenografia. LUZ & CENA. Rio de Janeiro.

Revista de Iluminação Profissional. LUME. Rio de Janeiro.

RYBCZYNSKI, Witold. **Casa: pequena história de uma idéia.** Tradução de Betina Von Staa, Ed. Record, Rio de Janeiro, RJ, 1996.

SENZI, Neide. **Imagens da Luz.** 1ª ed., Ed. J. J. Carol, São Paulo, SP, 2006.

SERVAN-SCHREIBER, David. **Curar – o stress, a ansiedade e a depressão sem medicamento nem psicanálise.** 3ª ed., Ed. Sá, São Paulo, SP, 2004.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, Lâmpadas & Iluminação.** 1ª ed., Ed. Pallotti, Porto Alegre, RS, 2002.

SIMPSON, Robert S. **Lighting Control – technology and applications.** 1ª ed., Ed. Focal Press, Italy, 2003.

SOUZA, Marcos Barros de, **Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica.** Tese de doutorado, UFSC, Florianópolis, 2003.

VALLENDUUK, V., **The effect of variable lighting on mood and performance in an office environment.** graduation report, Eindhoven University of Technology, (1999).

VAN BOMMEL, W. J. M., VAN DEN BELD, G. J.. **Lighting for work: visual and biological effects.** Artigo, Netherland, April 2004.

VEITCH, J. A., NEWSHAM, G. R. **Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and confort.** Journal of the Illuminating Engineering Society. v.27, n.1 p. 107-129, 1998.

VIANNA, Nelson Solano, GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura.** 1ª ed., Ed. Virtus S/C Ltda, São Paulo, SP, 2001.

WILHIDE, E. **Lighting – Creative planning for successful lighting solutions.** 1ª ed., Ryland Peters & Small, London, 1998.

WILHIDE, E. **Living with modern classics – The Light.** 1ª ed., Ryland Peters & Small, London, 2000.

ANEXOS

ANEXO I

GRÁFICO DE EFICIÊNCIA LUMINOSA DAS PRINCIPAIS
FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ.

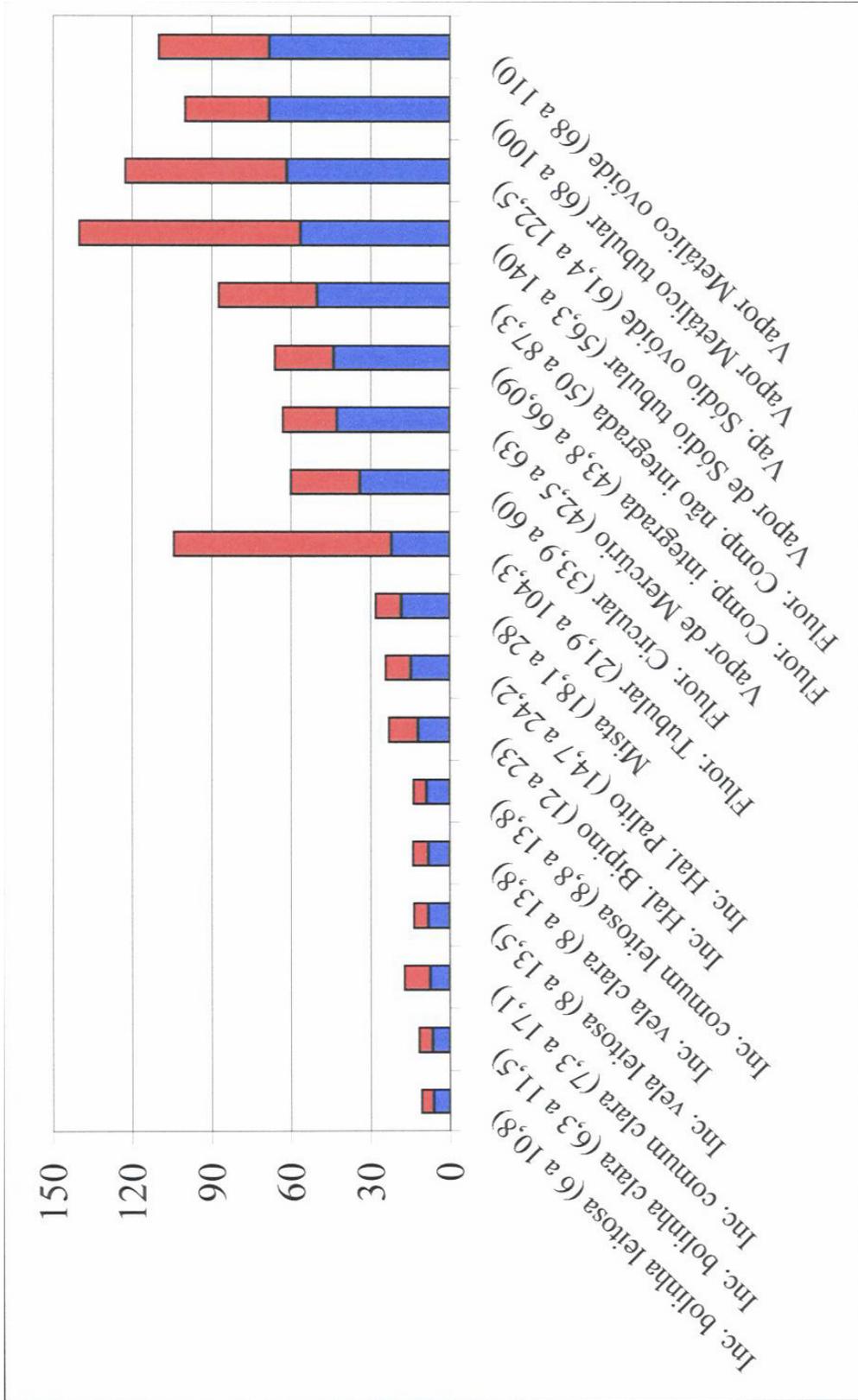


Gráfico 1 - Eficiência luminosa de lâmpadas (lm/W).

(Fonte: Daniel Feldman – Dissertação de Mestrado – PROARQ/FAU/UFRJ - 2001)

ANEXO II

CURRÍCULO RESUMIDO DOS PROFISSIONAIS
ENTREVISTADOS.

Breve currículo profissional das pessoas entrevistadas durante a tese. O conteúdo da entrevista foi apresentado no primeiro capítulo.

Engenheiro Milton Martins Ferreira: formado em 1948 pela Escola Nacional de Engenharia, situada no Rio de Janeiro. Ao fazer um pequeno recorte de seu extenso currículo nesta área, lembro que este foi gerente de engenharia do departamento de iluminação da empresa General Electric (GE) por mais de 15 anos, foi por duas vezes presidente do COBEI¹ e ex-diretor técnico da Associação Brasileira da Indústria da Iluminação (ABILUX), cargo que ocupou por cerca de 10 anos. Além disso, o Sr. Milton possui diversas publicações técnicas e históricas na área de iluminação e trabalha nesta área há mais de 50 anos.

Arquiteto Jose Luiz Galvão: formado em 1968 pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, é um dos poucos profissionais do setor a aventurar-se no exterior e cursar em 1980, o *Master of Sciences* no *Department Architectural Engineering* com enfoque em iluminação da *Pennsylvania State University*, situado na cidade da Philadelphia nos Estados Unidos. Sua dissertativa teve o seguinte título: "*Light and Color as Elements of the Architectural Design*". Como destaque do seu precioso currículo, lembro que o mestre Galvão foi projetista de iluminação do saudoso tricampeão mundial de fórmula 1, o brasileiro Ayrton Senna.

Arquiteta Esther Stiller: formada pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Mackenzie-SP em 1969, tendo realizado diversos projetos de iluminação ao longo de sua carreira. Iniciou sua experiência em projetos de iluminação e design de luminárias em 1967, quando realizou estágio no escritório do Arquiteto Livio Edmondo Levi. Datam desse período os projetos do Ministério das Relações Exteriores e da Catedral de Brasília. Com o falecimento do arquiteto Livio Levi em 1973, passou a dirigir o escritório – que até hoje leva seu nome – voltando sua dedicação profissional prioritariamente à aplicação da luz artificial na arquitetura e nos espaços urbanos.

¹ COBEI - Comitê Brasileiro de Eletricidade (na época em que iluminação era um tema muito abordado nesta comissão)

ANEXO III

QUESTIONÁRIO.

Elaborado para obter o grau de conhecimento e utilização dos dispositivos de controle nas residências de profissionais de iluminação e usuários finais.

1 Nome:				Engenheiro	Lighting designer
2 Quantos vivem na sua residência:				Arquiteto	Usuário final
3 Sua idade: (conforme Norma ABNT 5413)				Superior a 55 anos	
Inferior a 40 anos					
4 Renda Familiar (soma de todas as rendas das pessoas que vivem na sua residência) (IMPORTANTE e opcional):				De R\$ 3.001,00 a R\$ 7.000,00	De R\$ 7.001,00 a R\$ 15.000,00
Até R\$ 1.000,00					
Mais de R\$ 15.000,00					
5 Quais controles de iluminação descritos a seguir você conhece?				minuteria	sensor de presença
interruptor simples				temporizador (timer)	sensor de luz
fotocélula					
6 Quais desses controles de iluminação você utiliza na sua residência?				minuteria	sensor de presença
interruptor simples				temporizador (timer)	sensor de luz
fotocélula					
7 Relacione o comando para iluminação utilizado em cada ambiente da sua residência: (não tem problema se sua casa não possui todos os ambientes descritos abaixo, mas se você têm, parabéns!)					
A interruptor simples	D minuteria	G sensor de luz	J Radio Ra Lutron		
B fotocélula	E interruptor com controle remoto	H <i>dimmer</i>	K Grafik Eye Lutron		
C sensor de presença	F temporizador (timer)	I Homeworks Lutron	L Outros (especifique abaixo)		
Sala de Estar	Quarto Casal				
Sala de Jantar	Quarto hóspede				
Sala de TV	Quarto filho				
Varanda	Quarto filha				
Átrio	Quarto bebê				
Biblioteca	Banheiro				
Cozinha	Edícula				
Área de Serviço	Closet				
8 Qual a principal razão para trocar o simples interruptor pelo <i>dimmer</i> , ou até mesmo, por comandos que apresentam mais recursos como os da Lutron por exemplo?					
Economizar de energia	Conforto			Flexibilidade	
Criar efeitos cênicos	Promover segurança			Quero apenas ligar e desligar a luz	
Quantidade ideal de luz para cada "atmosfera", sendo rápido e com um simples toque de botão.					
9 Você conhece controles sofisticados que permitem ligar e desligar a luz de uma forma suave? Ou seja, passando de 0 a 100% ou de 100 a 0% de intensidade luminosa de uma maneira suave e silenciosa. Conhecido no mercado como "fade on" e "fade off".				Já li sobre isso	Já ouvi sobre isso
Sim	Não				

ANEXO IV – PARTE 1

COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 23W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 100W DA PHILIPS)

PARTE 1: ATUALIZAÇÃO DA TABELA APRESENTADA NA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO –DANIEL FELDMAN – 2001.

Obs.: Um dos principais motivos para uma atualização da tabela foi o aumento de quase 100% da tarifa de energia elétrica no período entre 2001 e 2007, para consumidores residenciais na cidade do Rio de Janeiro.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
horas/dia	meses	horas/ano	KWh/ano (23W)	KWh/ano (100W)	23W	100W	Total 23W	Total 100W	Diferença
1	12	365	R\$ 3,53	R\$ 15,33	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 22,03	R\$ 16,43	-R\$24,10
2	12	730	R\$ 7,05	R\$ 30,66	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 25,55	R\$ 31,76	-R\$12,29
3	12	1095	R\$ 10,58	R\$ 45,99	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 29,08	R\$ 48,19	R\$0,61
4	12	1460	R\$ 14,10	R\$ 61,32	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 32,60	R\$ 63,52	R\$12,42
5	12	1825	R\$ 17,63	R\$ 76,65	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 36,13	R\$ 78,85	R\$24,22
6	12	2190	R\$ 21,16	R\$ 91,98	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 39,66	R\$ 95,28	R\$37,12
7	12	2555	R\$ 24,68	R\$ 107,31	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 43,18	R\$ 110,61	R\$48,93
8	12	2920	R\$ 28,21	R\$ 122,64	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 46,71	R\$ 125,94	R\$60,73
9	12	3285	R\$ 31,73	R\$ 137,97	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 50,23	R\$ 142,37	R\$73,64
10	12	3650	R\$ 35,26	R\$ 153,30	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 53,76	R\$ 157,70	R\$85,44
11	12	4015	R\$ 38,78	R\$ 168,63	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 57,28	R\$ 173,03	R\$97,25
12	12	4380	R\$ 42,31	R\$ 183,96	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 60,81	R\$ 189,46	R\$ 110,15
13	12	4745	R\$ 45,84	R\$ 199,29	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 64,34	R\$ 204,79	R\$ 121,95
14	12	5110	R\$ 49,36	R\$ 214,62	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 67,86	R\$ 221,22	R\$ 134,86
15	12	5475	R\$ 52,89	R\$ 229,95	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 71,39	R\$ 236,55	R\$ 146,66
16	12	5840	R\$ 56,41	R\$ 245,28	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 74,91	R\$ 251,88	R\$ 158,47
17	12	6205	R\$ 59,94	R\$ 260,61	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 78,44	R\$ 267,21	R\$ 170,27
18	12	6570	R\$ 63,47	R\$ 275,94	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 81,97	R\$ 283,64	R\$ 183,17
19	12	6935	R\$ 66,99	R\$ 291,27	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 85,49	R\$ 298,97	R\$ 194,98
20	12	7300	R\$ 70,52	R\$ 306,60	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 89,02	R\$ 315,40	R\$ 207,88
21	12	7665	R\$ 74,04	R\$ 321,93	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 92,54	R\$ 330,73	R\$ 219,69
22	12	8030	R\$ 77,57	R\$ 337,26	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 96,07	R\$ 347,16	R\$ 232,59
23	12	8395	R\$ 81,10	R\$ 352,59	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 99,60	R\$ 362,49	R\$ 244,39
24	12	8760	R\$ 84,62	R\$ 367,92	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 103,12	R\$ 377,82	R\$ 256,20
				0,023*(horas/ano)^0,43	Preço Venda	Preço Venda	(D+F)	(E+nG)	(I-H-F)
				0,1*(horas/ano)^0,43	janeiro de 2007				
				n=1 de 0 a 999hs; n=2 de 1000 a 1999hs;					
				n=3 de 2000 a 2999hs; etc.					

Características das Lâmpadas:

PLE/- 23W UNI	Tensão	Vida Útil	Temp. de Cor	Fluxo luminoso	Base	IRC
Incandescente 100 W	127 ou 220V	10000 hs	2700 ou 6500K	1400 lúmens	E-27	78
	127 ou 220V	1000 hs	2700K	1620 ou 1350 lúmens ⁽¹⁾	E-27	100

(1) Valores de lúmens para incandescentes standard 100W. O valor mais alto é para a tensão de 127V.

ANEXO IV – PARTE 2

COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 23W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 100W DA PHILIPS)

PARTE 2: TABELA COMPLEMENTAR -
CONSUMO ANUAL DA INCANDESCENTE UTILIZANDO UM
DIMMER.

Obs.: A tabela complementar foi desenvolvida para calcular o custo de energia consumida da lâmpada incandescente dimerizada.

E2		E3		E4		I2		I3		I4		J2	J3	J4
KWh/ano (100W)/DIM25	KWh/ano (100W)/DIM50	KWh/ano (100W)/DIM75	Total100W/DIM25	Total100W/DIM50	Total100W/DIM75	DiferençaD25	DiferençaD50	DiferençaD75						
R\$ 11,50	R\$ 7,67	R\$ 3,83	31,10	27,27	23,43	-R\$33,17	-R\$29,34	-R\$25,50						
R\$ 23,00	R\$ 15,33	R\$ 7,67	42,60	34,93	27,27	-R\$29,34	-R\$21,67	-R\$14,01						
R\$ 34,49	R\$ 23,00	R\$ 11,50	54,09	42,60	31,10	-R\$24,40	-R\$12,91	-R\$1,41						
R\$ 45,99	R\$ 30,66	R\$ 15,33	65,59	50,26	34,93	-R\$20,57	-R\$5,24	R\$10,09						
R\$ 57,49	R\$ 38,33	R\$ 19,16	77,09	57,93	38,76	-R\$16,74	R\$2,42	R\$21,59						
R\$ 68,99	R\$ 45,99	R\$ 23,00	88,59	65,59	42,60	-R\$11,81	R\$11,19	R\$34,19						
R\$ 80,48	R\$ 53,66	R\$ 26,83	100,08	73,26	46,43	-R\$7,97	R\$18,86	R\$45,68						
R\$ 91,98	R\$ 61,32	R\$ 30,66	111,58	80,92	50,26	-R\$4,14	R\$26,52	R\$57,18						
R\$ 103,48	R\$ 68,99	R\$ 34,49	123,08	88,59	54,09	R\$0,79	R\$35,29	R\$69,78						
R\$ 114,98	R\$ 76,65	R\$ 38,33	134,58	96,25	57,93	R\$4,62	R\$42,95	R\$81,28						
R\$ 126,47	R\$ 84,32	R\$ 42,16	146,07	103,92	61,76	R\$8,46	R\$50,62	R\$92,77						
R\$ 137,97	R\$ 91,98	R\$ 45,99	157,57	111,58	65,59	R\$13,39	R\$59,38	R\$105,37						
R\$ 149,47	R\$ 99,65	R\$ 49,82	169,07	119,25	69,42	R\$17,22	R\$67,05	R\$116,87						
R\$ 160,97	R\$ 107,31	R\$ 53,66	180,57	126,91	73,26	R\$22,15	R\$75,81	R\$129,47						
R\$ 172,46	R\$ 114,98	R\$ 57,49	192,06	134,58	77,09	R\$25,99	R\$83,48	R\$140,96						
R\$ 183,96	R\$ 122,64	R\$ 61,32	203,56	142,24	80,92	R\$29,82	R\$91,14	R\$152,46						
R\$ 195,46	R\$ 130,31	R\$ 65,15	215,06	149,91	84,75	R\$33,65	R\$98,81	R\$163,96						
R\$ 206,96	R\$ 137,97	R\$ 68,99	226,56	157,57	88,59	R\$38,59	R\$107,57	R\$176,56						
R\$ 218,45	R\$ 145,64	R\$ 72,82	238,05	165,24	92,42	R\$42,42	R\$115,24	R\$188,05						
R\$ 229,95	R\$ 153,30	R\$ 76,65	249,55	172,90	96,25	R\$47,35	R\$124,00	R\$200,65						
R\$ 241,45	R\$ 160,97	R\$ 80,48	261,05	180,57	100,08	R\$51,18	R\$131,67	R\$212,15						
R\$ 252,95	R\$ 168,63	R\$ 84,32	272,55	188,23	103,92	R\$56,12	R\$140,43	R\$224,75						
R\$ 264,44	R\$ 176,30	R\$ 88,15	284,04	195,90	107,75	R\$59,95	R\$148,10	R\$236,24						
R\$ 275,94	R\$ 183,96	R\$ 91,98	295,54	203,56	111,58	R\$63,78	R\$155,76	R\$247,74						
$0,1 \cdot (1 - 0,25)^n \cdot (\text{horas/ano})^{0,42}$	$0,1 \cdot (1 - 0,5)^n \cdot (\text{horas/ano})^{0,42}$	$0,1 \cdot (1 - 0,75)^n \cdot (\text{horas/ano})^{0,42}$	$(E2 + R\$dim + G)$	$(E3 + R\$dim + G)$	$(E4 + R\$dim + G)$	$(I - O - R\$DIM)$	$(I - P - R\$DIM)$	$(I - Q - R\$DIM)$						

Obs.: o preço do dimmer (R\$dim) foi considerado R\$ 18,50. É possível encontrar dimmer neste valor.

ANEXO IV – PARTE 3

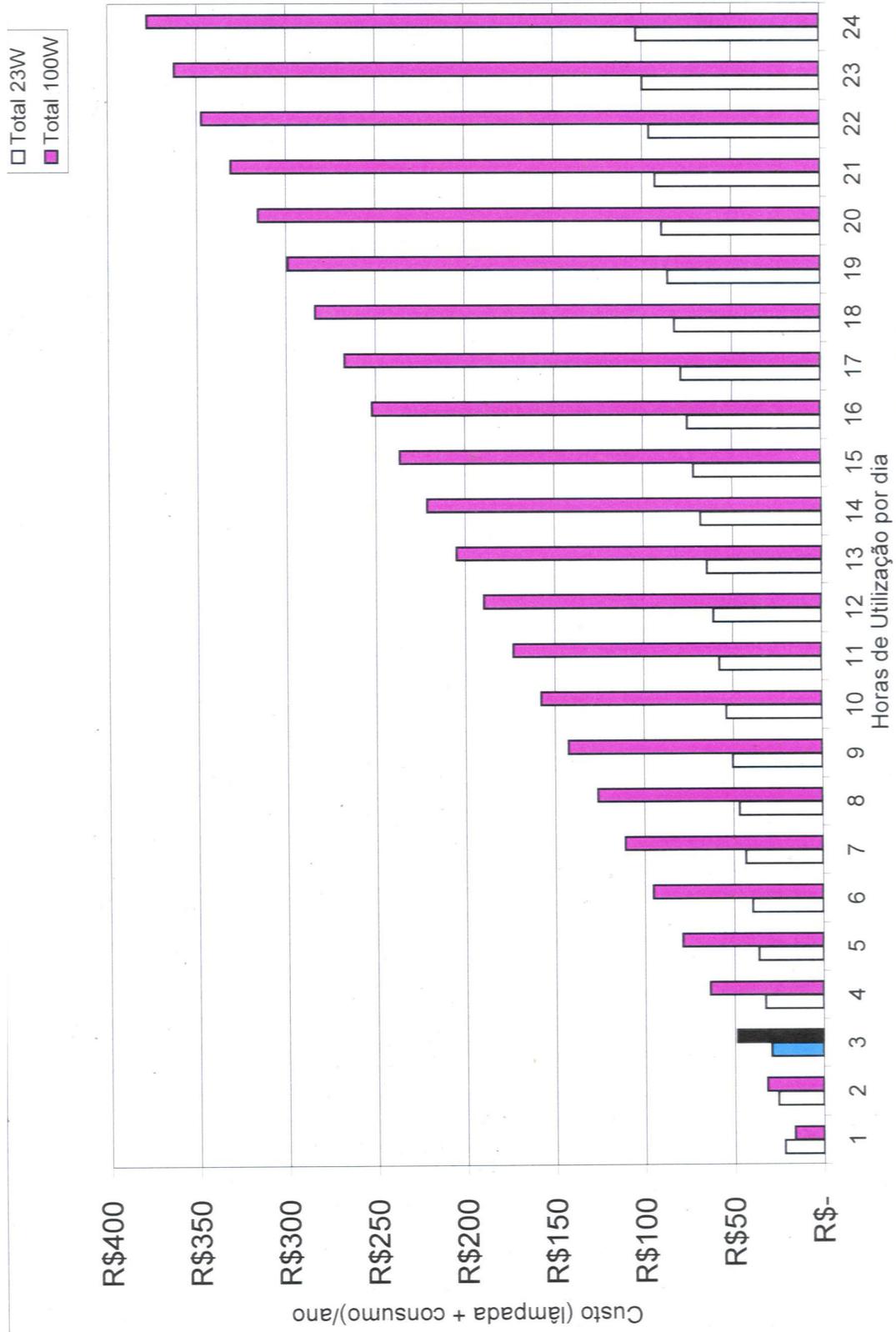
COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 23W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 100W DA PHILIPS)

PARTE 3: GRÁFICO EM BARRAS -
CUSTO TOTAL POR ANO PARA 24 POSSIBILIDADES
HORÁRIAS DE USO AO DIA.



ANEXO V – PARTE 1

COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 15W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 60W DA PHILIPS)

PARTE 1: ATUALIZAÇÃO DA TABELA APRESENTADA NA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO –DANIEL FELDMAN – 2001.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
horas/dia	meses	horas/ano	KWh/ano (15W)	KWh/ano (60W)	15W	60W	Total 15W	Total 60W	
1	12	365	2,30	9,20	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 20,80	R\$ 10,30	-R\$29,00
2	12	730	4,60	18,40	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 23,10	R\$ 19,50	-R\$22,10
3	12	1095	6,90	27,59	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 25,40	R\$ 29,79	-R\$14,10
4	12	1460	9,20	36,79	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 27,70	R\$ 38,99	-R\$7,21
5	12	1825	11,50	45,99	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 30,00	R\$ 48,19	-R\$0,31
6	12	2190	13,80	55,19	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 32,30	R\$ 58,49	R\$7,69
7	12	2555	16,10	64,39	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 34,60	R\$ 67,69	R\$14,59
8	12	2920	18,40	73,58	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 36,90	R\$ 76,88	R\$21,49
9	12	3285	20,70	82,78	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 39,20	R\$ 87,18	R\$29,49
10	12	3650	23,00	91,98	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 41,50	R\$ 96,38	R\$36,39
11	12	4015	25,29	101,18	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 43,79	R\$ 105,58	R\$43,28
12	12	4380	27,59	110,38	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 46,09	R\$ 115,88	R\$51,28
13	12	4745	29,89	119,57	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 48,39	R\$ 125,07	R\$58,18
14	12	5110	32,19	128,77	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 50,69	R\$ 135,37	R\$66,18
15	12	5475	34,49	137,97	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 52,99	R\$ 144,57	R\$73,08
16	12	5840	36,79	147,17	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 55,29	R\$ 153,77	R\$79,98
17	12	6205	39,09	156,37	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 57,59	R\$ 162,97	R\$86,87
18	12	6570	41,39	165,56	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 59,89	R\$ 173,26	R\$94,87
19	12	6935	43,69	174,76	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 62,19	R\$ 182,46	R\$101,77
20	12	7300	45,99	183,96	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 64,49	R\$ 192,76	R\$ 109,77
21	12	7665	48,29	193,16	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 66,79	R\$ 201,96	R\$ 116,67
22	12	8030	50,59	202,36	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 69,09	R\$ 212,26	R\$ 124,67
23	12	8395	52,89	211,55	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 71,39	R\$ 221,45	R\$ 131,57
24	12	8760	55,19	220,75	R\$ 18,50	R\$ 1,10	R\$ 73,69	R\$ 230,65	R\$ 138,46
			$0,015^{*}(\text{horas/ano})^{*}0,42$	$0,06^{*}(\text{horas/ano})^{*}0,42$	Preço Venda	Preço Venda	(D+F)	(E+nG)	(I-H-F)
					janeiro de 2007				
<p>n=1 de 0 a 999hs; n=2 de 1000 a 1999hs; n=3 de 2000 a 2999hs; etc.</p>									

Características das Lâmpadas		Fluxo luminoso
PLE/- 15W UNI	Tensão	Base
	127 ou 220V	E-27
Incandescente 60 W	Vida Útil	E-27
	10000 hs	
	127 ou 220V	
	Temp. de Cor	
	2700 ou 6500K	
	2700K	
	864 ou 715 lúmens ⁽¹⁾	

Obs.: (1) Valores de lúmens para incandescentes standard 60W. O valor mais alto é para a tensão de 127V

IRC
78
100

ANEXO V – PARTE 2

COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 15W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 60W DA PHILIPS)

PARTE 2: TABELA COMPLEMENTAR -
CONSUMO ANUAL DA INCANDESCENTE UTILIZANDO UM
DIMMER.

E2		E3		E4		I2		I3		I4		J2		J3		J4	
KWh/ano (100W)/DIM25	KWh/ano (100W)/DIM50	KWh/ano (100W)/DIM75	Total100W/DIM25	Total100W/DIM50	Total100W/DIM75	DiferençaD25	DiferençaD50	DiferençaD75									
R\$ 7,06	R\$ 4,71	R\$ 2,35	26,66	24,31	21,95	-R\$41,36	-R\$39,01	-R\$36,66									
R\$ 14,13	R\$ 9,42	R\$ 4,71	33,73	29,02	24,31	-R\$39,23	-R\$34,52	-R\$29,81									
R\$ 21,19	R\$ 14,13	R\$ 7,06	40,79	33,73	26,66	-R\$35,99	-R\$28,93	-R\$21,87									
R\$ 28,25	R\$ 18,83	R\$ 9,42	47,85	38,43	29,02	-R\$33,86	-R\$24,44	-R\$15,03									
R\$ 35,31	R\$ 23,54	R\$ 11,77	54,91	43,14	31,37	-R\$31,72	-R\$19,95	-R\$8,18									
R\$ 42,38	R\$ 28,25	R\$ 14,13	61,98	47,85	33,73	-R\$28,49	-R\$14,36	-R\$0,24									
R\$ 49,44	R\$ 32,96	R\$ 16,48	69,04	52,56	36,08	-R\$26,35	-R\$9,87	R\$6,61									
R\$ 56,50	R\$ 37,67	R\$ 18,83	76,10	57,27	38,43	-R\$24,22	-R\$5,38	R\$13,45									
R\$ 63,56	R\$ 42,38	R\$ 21,19	83,16	61,98	40,79	-R\$20,98	R\$0,21	R\$21,39									
R\$ 70,63	R\$ 47,09	R\$ 23,54	90,23	66,69	43,14	-R\$18,85	R\$4,69	R\$28,24									
R\$ 77,69	R\$ 51,79	R\$ 25,90	97,29	71,39	45,50	-R\$16,71	R\$9,18	R\$35,08									
R\$ 84,75	R\$ 56,50	R\$ 28,25	104,35	76,10	47,85	-R\$13,48	R\$14,77	R\$43,03									
R\$ 91,82	R\$ 61,21	R\$ 30,61	111,42	80,81	50,21	-R\$11,34	R\$19,26	R\$49,87									
R\$ 98,88	R\$ 65,92	R\$ 32,96	118,48	85,52	52,56	-R\$8,11	R\$24,85	R\$57,81									
R\$ 105,94	R\$ 70,63	R\$ 35,31	125,54	90,23	54,91	-R\$5,97	R\$29,34	R\$64,66									
R\$ 113,00	R\$ 75,34	R\$ 37,67	132,60	94,94	57,27	-R\$3,84	R\$33,83	R\$71,50									
R\$ 120,07	R\$ 80,04	R\$ 40,02	139,67	99,64	59,62	-R\$1,70	R\$38,32	R\$86,29									
R\$ 127,13	R\$ 84,75	R\$ 42,38	146,73	104,35	61,98	R\$1,53	R\$43,91	R\$93,13									
R\$ 134,19	R\$ 89,46	R\$ 44,73	153,79	109,06	64,33	R\$3,67	R\$48,40	R\$101,08									
R\$ 141,26	R\$ 94,17	R\$ 47,09	160,86	113,77	66,69	R\$6,90	R\$53,99	R\$107,92									
R\$ 148,32	R\$ 98,88	R\$ 49,44	167,92	118,48	69,04	R\$9,04	R\$58,48	R\$115,86									
R\$ 155,38	R\$ 103,59	R\$ 51,79	174,98	123,19	71,39	R\$12,28	R\$64,07	R\$122,71									
R\$ 162,44	R\$ 108,30	R\$ 54,15	182,04	127,90	73,75	R\$14,41	R\$68,56	R\$129,55									
R\$ 169,51	R\$ 113,00	R\$ 56,50	189,11	132,60	76,10	R\$16,55	R\$73,05										
$0,06^{(1-0,25)^*(\text{horas/ano})^{0,43}}$	$0,06^{(1-0,5)^*(\text{horas/ano})^{0,43}}$	$0,06^{(1-0,75)^*(\text{horas/ano})^{0,43}}$	$(E2+R\$dim+G)$	$(E2+R\$dim+G)$	$(E2+R\$dim+G)$	$(I-O-R\$DIM)$	$(I-P-R\$DIM)$	$(I-Q-R\$DIM)$									

ANEXO V – PARTE 3

COMPARATIVO ECONÔMICO:

LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA INTEGRADA
(MODELO UNI 15W DA PHILIPS)

X

INCANDESCENTE
(MODELO STANDARD 60W DA PHILIPS)

PARTE 3: GRÁFICO EM BARRAS -
CUSTO TOTAL POR ANO PARA 24 POSSIBILIDADES
HORÁRIAS DE USO AO DIA.

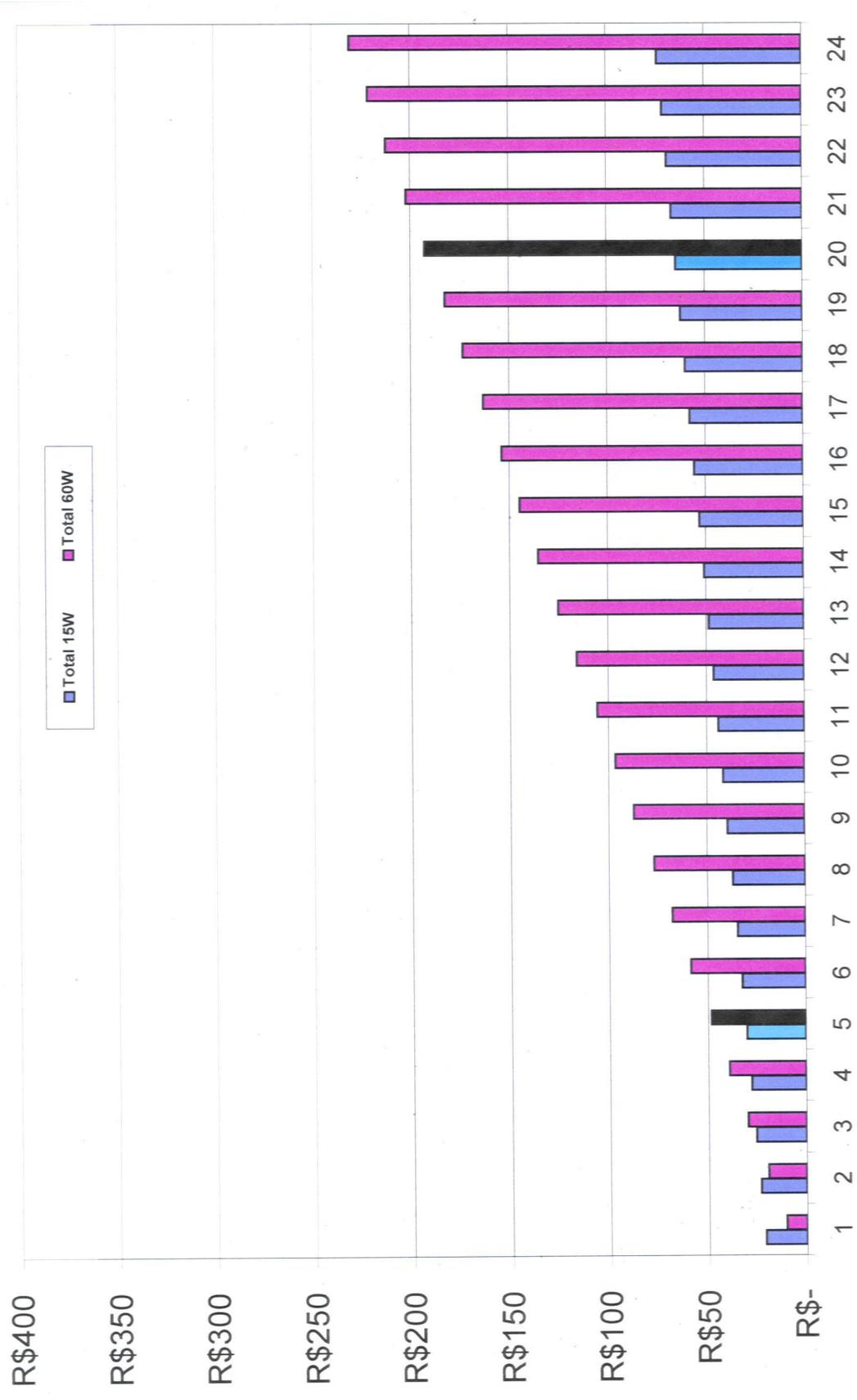


Gráfico - Comparativo econômico: PLE-T 15W x Incandescente Classic 60W Philips.