

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PROPEC/UFOP

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL COMO FATORES
DEFINIDORES DA QUALIDADE E EXPRESSÃO ARQUITETÔNICA EM
EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

Eduardo Cunha Castanheira

Ouro Preto
2013

Eduardo Cunha Castanheira

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL COMO FATORES
DEFINIDORES DA QUALIDADE E EXPRESSÃO ARQUITETÔNICA EM
EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construções Metálicas

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur Souza,
UFOP

Ouro Preto 2013

C346e Castanheira, Eduardo Cunha.
Estudo da Influência da luz natural e artificial como atores definidores da qualidade expressão arquitetônica em edificações estruturadas em aço [manuscrito] / Eduardo Cunha Castanheira - 2013.
249f.: il., color.; graf.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.
Área de concentração: Construção Metálica.

1. Iluminação - Teses. 2. Edificações - Teses. 3. Conforto térmico - Teses. I. Souza, Henor Artur de. II. Universidade Federal de Ouro Preto.
II. Título.

CDU: 628.973.1

Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br


**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL
COMO FATORES DEFINIDORES DA QUALIDADE E EXPRESSÃO
ARQUITETÔNICA EM EDIFICAÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

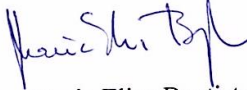
AUTOR: EDUARDO CUNHA CASTANHEIRA

Esta tese foi apresentada em sessão pública e aprovada em 19 de dezembro de 2013, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:


Prof. Dr. Henor Artur de Souza (Orientador / UFOP)


Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro (UFOP)


Prof. Dr. Márcio Zamboti Fortes (UFF)


Prof. Dra. Maria Elisa Baptista (PUCMG)


Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Menezes (UFMG)

Ao meu pai Lauro Alvarenga Castanheira (*in memoriam*). Primeira geração de arquiteto.

Ao meu esforço e perseverança. Segunda geração de arquiteto.

Andre Correa Castanheira. Terceira geração de arquiteto.

Arthur, Daniel, Davi, Eder e Helena, promessas futuras, novíssimas gerações.

AGRADECIMENTOS

André Correa Castanheira, pelo apoio recebido na cidade do Porto, Portugal.

À Universidade Federal de Ouro Preto e aos professores do Doutorado Engenharia Civil, área de concentração em Construções Metálicas, pela oportunidade de aprendizado e de crescimento profissional.

Maria Clara Versiane Galery

Ao meu orientador Henor Artur Souza, que além de me guiar no processo de pesquisa da minha tese se tornou meu amigo.

RESUMO

Para que uma boa iluminação da edificação seja resultado da utilização da luz natural ou artificial é necessário analisar e refletir sob o ponto de vista de diversos aspectos que antecedem ao projeto arquitetônico e/ou o projeto luminotécnico. Neste trabalho propõe-se diretrizes para elaboração de projetos de iluminação em edificações estruturadas em aço, seja pelo aproveitamento de todo o potencial luminoso da natureza, quanto pelas novas tecnologias de lâmpadas frente às demandas de economia de energia que contemplem o tema tão atual da responsabilidade ambiental. Para o desenvolvimento deste trabalho vários estudos foram feitos onde são abordados assuntos pertinentes e relacionados ao tema tais como: a evolução e uso da luz natural e artificial, tecnologias da iluminação, linguagem visual e artística do uso da luz, etc. Diversos aspectos considerados de grande importância do uso da luz natural e/ou artificial com enfoque na economia de energia, na exploração do potencial simbólico, funcional e artístico dos espaços projetados, nos aspectos normativos e nas novas tecnologias da indústria da iluminação são contemplados em três abordagens intituladas Ambiental, Normativa e Arquitetônica. A partir desses aspectos considerados verifica-se a necessidade de se considerar nos projetos as grandes possibilidades de explorar o potencial da qualidade e eficiência da luz natural e/ou artificial. O uso destes recursos propiciados pela correta utilização das fontes de luz, com certeza agrega valor ao projeto. Fica claro também que a integração do projeto luminotécnico com os demais projetos e principalmente com o arquitetônico tem que ser efetivamente considerada e desejada. Nos projetos concebidos em aço esta questão ainda é mais contundente já que as possibilidades das transparências e a visibilidade do edifício é bem maior e conseqüentemente o uso da luz natural na medida certa nem mais nem menos é primordial.

Palavras-Chave: Luz Natural, Luz artificial, diretrizes de projeto, projeto de iluminação.

ABSTRACT

In order to achieve satisfactory lighting in a building, whether it be natural or artificial light, it is necessary to analyze and consider various aspects that ought to precede the architectural and/or technical lighting project. This work proposes guidelines for drawing up illumination projects for steel structure buildings, whether it be for taking full advantage of the natural light or for using new energy efficient lighting technologies in order to meet with the current need for environmental responsibility. To develop this work, various studies were made of pertinent and related matters to this topic, such as: the evolution and use of both artificial and natural light; illumination technologies; visual and artistic languages of the use of light; etc. Various aspects that are considered of great importance with regard to the use of natural and/or artificial light, with a focus on energy efficiency as well as on the exploration of the symbolic, functional and artistic potential of the projected spaces, in normative aspects and also in new technologies of the illumination industry are examined, through three approaches: the environmental, normative and architectural. Proceeding from these aspects, the large possibilities for exploring the potential of the quality and efficiency of natural or artificial light are verified. The use of these resources brought about by the correct use of light sources adds value to the project. It is also evident that the integration of the technical lighting project with the other projects and primarily with the architectural project needs to be taken into account. For projects conceived in steel, this question is even more important, given that the possibilities of transparency and the visibility of the building is much greater; consequently the use of natural light in the right measure is primordial

Keywords: natural light, artificial light, project guidelines, lighting project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1	Museu Judaico de Berlim (a e b)	17
Figura 1.2	Torre Skylon	19
Figura 1.3	Desenho e Projeto Construído da Torre de Monjuic (a e b)	20
Figura 1.4	Palácio Doges (a) Edifício em Nova York (b)	21
Figura 1.5	Palácio de Cristal	23
Figura 1.6	Fabrica de Chocolate Menier	23
Figura 1.7	Cobertura da Estação Liverpool Street	24
Figura 1.8	Estação Ferroviária de Bananal- SP	25
Figura 1.9	Centro Georges Pompidou	28
Figura 1.10	World Trade Center – Nova York	29
Figura 1.11	Vitral de Marianne Peretti (a) Painel de Athos Bulcão (b)	36
Figura 1.12	Pirâmide do Louvre	37
Figura 1.13	Vista interna e externa do Tate Model (a e b)	37
Figura 1.14	Instituto do Mundo Árabe	38
Figura 1.15	Instituto do Mundo Árabe (a, b,c,d,e)	38
Figura 2.1	Mosteiro Cisterciano	41
Figura 2.2	Judith e a cabeça de Holofernes	47
Figura 2.3	San Carlindo	48
Figura 3.1	Templo de Abu Simbel (a e b)	55
Figura 3.2	Templo de Horus (a e b)	55
Figura 3.3	Exemplo de Clerestório	56
Figura 3.4	Arquitetura grega. Parthenon	56
Figura 3.5	Exemplo de Arquitetura da era minoica	57
Figura 3.6	Santa Sofia-Constantinopla	58
Figura 3.7	Panteão de Roma	58
Figura 3.8	S. Apollinare in Classe (a) e Mausoleu Cruciforme (b)	59
Figura 3.9	Palácio da Pena – Sintra Espanha	60
Figura 3.10	Palácio de Allambra – Granada Espanha	60
Figura 3.11	Notre Dame de Paris – França	61
Figura 3.12	Exemplos do Período da Renascença	62
Figura 3.13	Palácio de Versailles- França	62
Figura 3.14	Palácio de Cristal – Londres	63
Figura 3.15	Igreja de Ronchamp	64
Figura 3.16	Terminal Aéreo TWA – Aeroporto JFK	65
Figura 3.17	Igreja de São Francisco, Pampulha BH	65
Figura 3.18	Edifício COPAN – SP	66
Figura 3.19	Edifício do Reichstay	69
Figura 3.20	Croquis de Definição do Partido.Centro de ArtesVisuais.Inglaterra	70
Figura 3.21	Muros de Gelo	73
Figura 3.22	Ghost House	73
Figura 3.23	Casa de Mulheres – Vista externa e interna	73
Figura 3.24	Palácio do Congresso de Salzburg – corte e vista externa (a e b)	73
Figura 3.25	Torre World Port center	74
Figura 3.26	Vistas Externas da Glass House	75
Figura 3.27	Vistas Internas da Glass House	75
Figura 3.28	Vista Externa Pavilhão de Barcelona	76
Figura 3.29	Vista externa Casa de Edith Farnsworth	77

Figura 3.30	Mapeamento de Iluminação	83
Figura 3.31	Iluminação Zenital – (a) Detalhe (b) Infiltração	84
Figura 3.32	Exaustão de Ar – (b) Iluminação Adaptada	84
Figura 3.33	Iluminação da Galeria de Arte	84
Figura 3.34	Ginásio Nacional Yoyogi	86
Figura 3.35	Projetos Japoneses	86
Figura 3.36	Projetos de Shigeru Ban	87
Figura 3.37	Vista externa do Museum of Contemporary Art – NY – SANAA	88
Figura 3.38	Christian Dior, Tóquio – Japão	88
Figura 3.39	Nishizawa	89
Figura 3.40	Vistas do Rolex Learning Center (a e b)	90
Figura 3.41	Vistas do Rolex Learning Center (c e d)	90
Figura 4.1	Aspecto de uma onda eletromagnética	98
Figura 4.2	Espectro eletromagnético	98
Figura 4.3	Faixa visível	98
Figura 4.4	Faixa visível	98
Figura 4.5	Cores primárias de luz	99
Figura 4.6	Variação das reflexões segundo o tipo de superfície	105
Figura 4.7	Luz natural e variação da temperatura de cor	107
Figura 4.8	Sensação da aparência das cores	109
Figura 4.9	Aparência e sensação da temperatura de cor	109
Figura 4.10	Curva de Kruithof - relaciona iluminância com temperatura de cor	111
Figura 4.11	Ambiente de lazer	114
Figura 4.12	Ambiente de trabalho	114
Figura 4.13	Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor	117
Figura 4.14	Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor	118
Figura 4.15	Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor	119
Figura 4.16	Museu de Arte de Niterói e Museu Oscar Niemeyer – Curitiba	120
Figura 4.17	Museu de Arte Moderna – Kioto – Maki and Associates Architects	120
Figura 4.18	Museu do Louvre - Paris	121
Figura 4.19	Museu Georges Pompidou – Paris	122
Figura 4.20	Palácio do Itamarati – Brasília	124
Figura 4.21	Praça Israel Pinheiro (Praça do Papa)	124
Figura 5.1	Comissariado da Indústria Pesada	125
Figura 5.2	Le Grand Verre (a e b)	128
Figura 5.3	Casa parisiense de estilo modernista – vista interna	130
Figura 5.4	Casa parisiense de estilo modernista – vista interna	130
Figura 5.5	Casa sob linhas de alta tensão – Tokio 1981	131
Figura 5.6	Fundação Cartier – (a) vista externa (b) vista interna	132
Figura 5.7	Imagem interna e externa da galeria de Vídeo	133
Figura 5.8	Imagens externas – Museu de Arte Contemporânea de Helsinque	135
Figura 6.1	Projetos de Álvaro Siza Vieira	137
Figura 6.2	Museu de Arte Moderna do RJ	139
Figura 6.3	Hospital da Rede Sarah, em Fortaleza	140
Figura 6.4	Treliça na cidade de Cuba	150
Figura 6.5	<i>Brise-soleil</i> – horizontal e vertical	151
Figura 6.6	Edifício Gustavo Capanema (a) vista geral (b) detalhe do brise	153
Figura 6.7	Parque Guinle	153
Figura 6.8	Shopping Vasco da Gama/Lisboa-vista entrada e do interior (a e b)	161
Figura 6.9	Shopping Vasco da Gama - cobertura e do detalhe interno (a e b)	161

Figura 6.10	Controle de luz solar e da iluminância em domos	163
Figura 6.11	Estudo preliminar e projeto executivo	164
Figura 6.12	Igreja de Deus Pai Misericordioso (a e b)	165
Figura 6.13	Metodologia de projeto luminotécnico	170
Figura 6.14	Lightshelf – Detalhes	176
Figura 6.15	Diversas formas de iluminação natural	177
Figura 7.1	Estação Oriente/Lisboa - (a) vista externa (b) plataforma embarque	179
Figura 7.2	Estação Oriente Lisboa – (a e b) vista interna	180
Figura 7.3	Estação Oriente Lisboa – Vista das saídas	181
Figura 7.4	Vista geral da Cidade das Ciências e das Artes	182
Figura 7.5	Vista do Hemisférico	182
Figura 7.6	Vista do museu da Ciência Príncipe Felipe	183
Figura 7.7	Vistas do L’Umbracle	184
Figura 7.8	Palácio das Artes	185
Figura 7.9	Estação de Trens - Cidade do Porto	187
Figura 7.10	Estações de Trens São João Del Rei e São Paulo	187
Figura 7.11	Estações de Trens - Londres	188
Figura 7.12	Estação de Trens - Londres	188
Figura 7.13	Principais variáveis do conforto luminoso	190
Figura 7.14	O projeto é síntese e como tal deve ser concebido	191
Figura 7.15	Centro de especialidades da UNIMED BH	197
Figura 7.16	Legenda índice de iluminamento	200
Figura 7.17	Iluminamento nos subsolos	202
Figura 7.18	Iluminamento do primeiro e segundo pavimentos	202
Figura 7.19	Iluminamento do terceiro ao quinto pavimentos	203
Figura 7.20	Iluminamento do sexto ao oitavo pavimentos	204
Figura 7.21	Diretrizes para projeto contemplando iluminação artificial	207
Figura 7.22	Diretrizes para projeto contemplando iluminação natural	208
Figura 7.23	Aspectos ambientais – Luz natural	209
Figura 7.24	Aspectos arquitetônicos-Luz Natural	210
Figura 7.25	Aspectos Normativos – Luz Natural	211
Figura 7.26	Aspectos Ambientais – Luz Artificial	212
Figura 7.27	Aspectos Arquitetônicos – Luz Artificial	213
Figura 7.28	Aspectos Normativos – Luz Artificial	214

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Radiação solar refletida difusamente de algumas cores e materiais	93
Tabela 4.2	Valores de fluxo luminoso de algumas lâmpadas	101
Tabela 4.3	Temperatura de cor e sua aparência	106
Tabela 4.4	Relação entre cor do objeto e cor aparente da luz	110
Tabela 4.5	Relação entre iluminação e temperatura de cor	112
Tabela 4.6	Iluminância de interiores	122
Tabela 4.7	Relação entre lâmpada e reprodução de cor	123
Tabela 4.8	Relação de conforto luminoso	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AÇOMINAS - Aço Minas Gerais

CIE- Commission Internationale de L' Eclairage (CIE).

COBEI - Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações

COSIPA- Companhia Siderúrgica Paulista

CRT- tubo de raios catódicos

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

DA - *Daylight Autonomy* - autonomia da luz natural

EPFL - École Polytechnique Fédérale de Lausanne

FPD- monitores de tela plana

FEM- Fábrica de Estruturas Metálicas

Green Building Council Brasil - tradução livre para o português quer dizer Prédios Verdes

IASPI- Iluminação Artificial e Suplementar Permanente

IES - *Lighting Handbook – reference & application da Illuminating Engineering Society of North America* de 1995

USIMINAS- Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais

IRC - Índice de Reprodução de Cor

LEED -Leadership in Energy and Environmental Design

Lux - Unidade de Iluminância

Manual de Iluminação da PHILIPS (edição em português de 1975, nova edição em inglês de 1993).

MEC- Ministério da Educação e Cultura

NBR - Normas Brasileiras

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

LISTA DE NOTAÇÕES OU SÍMBOLOS

\vec{v} - campo elétrico

\vec{B} -intensidade de fluxo magnetico

C - velocidade da luz

W - Watts

K – Grau Kelvin

lm – lúmen - fluxo luminoso

E- iluminamento requerido

T- intensidade luminosa

Cd - candela

Tc- temperatura do corpo negro

Tcp- temperatura de cor correlata

IRC- índice de reprodução de cores

TC- Temperatura de cor

GE - General Electric

min. - minuto

m – metro

T8 –T5 – diâmetro maior e menor de lâmpadas fluorescentes tubulares

nm- nanometro - unidade de medida = um bilionésimo de um metro

λ é o comprimento de onda em metros

f é a frequência em hertz (Hz).

μ m – micrometro - Equivale à milésima parte do milímetro

$CDL = \frac{E_p}{E_e}$, onde CDL representa a relação entre a iluminação interior e exterior num mesmo

instante para as edificações

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Arquitetura em Aço	19
1.2	Motivação	33
1.3	Objetivo	34
1.4	Metodologia	35
1.5	Justificativa	36
2	SIMBOLISMO DA LUZ	39
2.1	A leitura da Luz	45
2.2	A luz da cidade e o Patrimônio	49
3	A LUZ NA ARQUITETURA	54
3.1	A importância do uso da luz natural	54
3.2	A evolução da luz por períodos	56
3.2.1	Período Grego 700-146 a.C.	56
3.2.2	Período Romano 146 a.C. a 365 d.C.	57
3.2.3	Período Páleo-Cristão 300-900 dC	59
3.2.4	Período Bizantino 324 dC	59
3.2.5	Período Romântico 800-1200 dC	59
3.2.6	Período Gótico 1200- 1500 dC	61
3.2.7	Período Renascença 1500- 1700 dC	61
3.2.8	Período Barroco 1700-1800 d.C.	62
3.2.9	Período Final Século XVIII	63
3.2.10	Período Moderno (Século XX)	63
3.3	O uso da luz natural e artificial na arquitetura atual	68
3.4	Considerações do uso da luz natural – Parâmetros a serem observados	77
3.5	Decisões estratégicas para edifícios inteligentes	79
4	GRANDEZAS ELÉTRICAS E LUMINOTÉCNICAS	92
4.1	Abóboda coberta ou parcialmente coberta	95
4.2	Abóboda totalmente descoberta (clara)	95
4.3	Princípios físicos da luz	96
4.3.1	Espectro Eletromagnético	97
4.4	Grandezas e unidades luminotécnicas	99
4.4.1	Fluxo luminoso	100
4.4.2	Intensidade luminosa	100
4.4.3	Eficiência luminosa	100
4.4.4	Iluminância	100
4.5	Ótica e controle de luz	103
4.5.1	Fatores de reflexão e absorção	103
4.5.2	Materiais refletores e Transmissores	104
4.6	Temperaturas de cor	105
4.6.1	Recomendações gerais – Temperatura de cor	109
4.7	Recomendações para aplicações específicas	112
4.7.1	Índice de reprodução de cores	122
4.7.2	Conforto Luminoso	123

5	A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E LUZ ARTIFICIAL	124
6	PROJETO LUMINOTÉCNICO E USO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL	135
6.1	A luz como arte, veículo de expressão arquitetônica e elemento de projeto	135
6.2	Recursos de elementos arquitetônicos aliados à iluminação natural	139
6.3	A influência do entorno	152
6.4	Metodologias de projeto luminotécnico: iluminação natural e artificial	152
6.5	Aspectos que devem ser observados em ambientes que utilizam monitores de vídeos	168
6.5.1	Níveis de iluminação: requisitos quantitativos	169
6.5.2	Controle de brilho ou luminância	169
6.5.3	A iluminação geral	170
6.5.4	A iluminação direta	171
6.5.5	A iluminação indireta	171
6.5.6	A iluminação localizada	172
6.5.7	Ofuscamento refletido	172
6.5.8	A luz natural (luz do dia)	173
7	A INTERFACE DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL COM O PROJETO ARQUITETÔNICO NOS EDIFÍCIOS ESTRUTURADOS EM AÇO	174
7.1	Condicionantes relevantes na concepção do projeto de iluminação natural e artificial	192
7.1.1	Exemplo de aplicação	195
7.2	Diretrizes de projeto	203
	CONCLUSÃO	215
	REFERÊNCIAS	222
	ANEXO	234

1 INTRODUÇÃO

“Os olhos são a luz do corpo.
Se teus olhos forem bons, teu corpo será luminoso,
Mas, se teus olhos forem maus teu corpo estará em
trevas.”

(MATEUS: VI, 22)

“ A arquitetura, como a arte, deve provocar reações
sinceras, e não só uma anestesia comercial. ”

“ ...o Museu Judaico de Berlim expressa a tragédia do
passado e a esperança no futuro. Nas paredes não fiz
janelas, mas recortes que remetem, de uma forma muito
especial, ao que havia ao redor desse prédio na velha
Berlim, que foi destruída. São como traços invisíveis do
passado projetado dentro do prédio....” (FIG 1.1)

(LIBESKIND, 1999)



(a)



(b)

FIGURA 1.1 - Museu Judaico de Berlim
Fonte: LIBESKIND, 2010.

A produção arquitetônica de qualidade na atualidade é marcada por uma considerável diversidade de conceitos e posições frente ao meio ambiente natural e construído. Essa diversidade anunciada é caracterizada por Pahl (1999) e Montaner (2002), entre outros autores, como diferentes verdades intrínsecas aos distintos movimentos de arquitetura presentes na produção atual.

Entenda-se como produção de qualidade aquela voltada à resolução de projeto comprometida com a busca da sedimentação de uma identidade arquitetônica tendo, portanto, um comprometimento equilibrado e maduro com os aspectos internos ao problema de concepção, ou seja, segundo Mahfuz (1995), com o programa, com o lugar, com a técnica e com o desafio projetual, gerando construções com identidade formal, caracterizadas pelo entendimento da relação entre as partes que compõem o todo compositivo.

Pode-se tentar uma redefinição dos aspectos essenciais da arquitetura por meio deste quarteto composto de três condições internas ao problema (programa, lugar e técnica) e uma condição externa, o repertório de estruturas formais que fornece os meios de sintetizar na forma as outras três. (MAHFUZ, 1995)

O lugar, elemento importante e estruturador da concepção projetual, deve ser considerado no projeto com base em múltiplas relações que o edifício pode estabelecer com o sítio de intervenção.

O programa, outro importante aspecto a ser valorizado na resolução projetual, é confundido muitas vezes com uma lista de compartimentos e áreas a serem projetadas e utilizadas. A análise programática permite a definição da relação entre espaços interiores e exteriores no que diz respeito à organização dos planos verticais e horizontais. Aspectos como a permeabilidade, gerada pelo uso de vidros e superfícies transparentes, a estanqueidade caracterizada pelo uso de fechamentos opacos em alvenaria ou outros materiais, devem ser definidos durante a conceituação da proposta programática.

A técnica é um terceiro elemento a ser considerado na resolução de um projeto arquitetônico. Entendida em grande parte das edificações projetadas nos últimos anos como elemento que viabiliza apenas o funcionamento do edifício, é instrumento de geração de movimento e qualificação espacial em muitos outros trabalhos. A técnica tem um papel funcional vinculado à materialização e uso da edificação, como também possui um cunho representativo, relacionado ao reforço do caráter do edifício e à valorização da imagem de desenvolvimento tecnológico. Isso se dá, principalmente, a partir da valorização de elementos de arquitetura na composição como a estrutura, com forma escultórica ou não, como os elementos de proteção solar, como a forma da cobertura, entre outros aspectos.

Mahfuz (1995) afirma também que, até meados do século XVIII, a boa arquitetura seria aquela que apresentasse um equilíbrio entre os três componentes da tríade vitruviana: *solidez e adequação funcional*, que fazem parte da esfera racional do conhecimento, e *beleza*, que é o componente estético da tríade, significando o que, em tempos pré-modernos, estava centrado nas relações proporcionais e na aplicação das ordens clássicas ao exterior dos edifícios.

Pahl (1999) afirma que, quanto mais desenvolvida uma cultura, mais forte é a necessidade e maior a preocupação sobre os processos racionais de construção, como também a própria expressão em arquitetura.

Entre tais processos situa-se a questão da tecnologia. A tecnologia como uma das dimensões presentes na natureza complexa da arquitetura, enfatizando-se que não é responsável pela diferenciação de um prédio com significado de outro com arquitetura simples, tem um papel importante na qualificação espacial. A discussão, o aprofundamento e alguns estudos de caso sobre o papel da tecnologia na atualidade, seja na projetualidade da arquitetura, de modo geral, seja na área de iluminação, em particular, são tratados neste estudo em função dos objetivos da pesquisa. Por isso, discute-se, de início, questões ligadas à tecnologia do aço.

1.1 Arquitetura em aço

Um atributo comum da Moderna Arquitetura é a expressão de sua estrutura. A estrutura muitas vezes é o elemento identificador e simbólico que os edifícios apresentam. Em todos os casos, é importante uma junção entre os elementos estruturais, seus pontos de trama, com pormenorizado detalhamento da fundação e das ligações.

Arquitetos e engenheiros, motivados pelas oportunidades de *design* das estruturas metálicas e de seus detalhes, reconhecem que a tecnologia das estruturas tem contribuído para a criatividade das formas artísticas, adicionando um aspecto mágico aos edifícios. O desenvolvimento histórico mostra que o desenho das estruturas em aço está continuamente se apropriando de inovações tecnológicas e econômicas, possibilitando estruturas delicadas que enriquecem o espaço arquitetônico. Exemplo disso é o projeto da torre The Skylon em Londres, de 1951, em que os arquitetos Powel e Moya (FIG. 1.2) inspiraram-se na estrutura de um inseto. (CASTANHEIRA, 2004)



FIGURA 1.2 - Torre Skylon
Fonte: ROBBINS, 1986.

Os elementos estruturais hoje são definidos pelos seus significados, pela sua fabricação e por sua montagem rápida, propiciando o confronto direto: *design* arquitetônico X *design* estrutural X *design* industrial.

A concepção de um projeto pode partir de vários temas e são inúmeras as fontes de inspiração para o projetista. O arquiteto espanhol Santiago Calatrava se inspira muitas vezes no corpo humano como, por exemplo, na torre *Monjuic Communications*, em Barcelona, Espanha (FIG. 1.3).



(a)



(b)

FIGURA 1.3 – Desenho e projeto construído da Torre de Monjuic
Fonte: (a) TZONIS, 1999; (b) CASTANHEIRA, 2011.

A concepção da arquitetura moderna, segundo Charles Jencks (1978), centrava-se na incapacidade dos arquitetos do movimento moderno de falar a linguagem não verbal e procurar significados relacionados com o sentido do edifício em si mesmo. Este autor recorreu, então, à comparação entre a aparência externa de dois edifícios: um edifício para calefação central e uma capela, desenhados ambos por Mies Van der Rohe para o *Lincoln Institute of Technology*, de Chicago. Ele se achava incapaz de discernir qualquer diferença apreciável entre ambos, perguntando-se se esta confusão era atribuída pela desvalorização da religião ou a supervalorização do sistema de calefação central. Jencks (1978) não foi o único a criticar a abstração do movimento moderno pela sua aparente incapacidade de procurar uma mensagem simbólica.

Durante os anos 1970, era habitual descrever a arquitetura moderna como inexpressiva e plana, alheia à complexidade e às contradições, como mostrado no trabalho de Venture (2004). Durante os últimos vinte anos, a noção de que a arquitetura pode estender-se em grande medida como um sistema comunicativo, de um modo ou de outro, fazia com que o edifício devesse conter referências ou remeter-se a algo. A ilusão em essencial do contexto

converteu-se no meio mais eficaz de legitimar a obra. Já na perspectiva pós moderna, a arquitetura se alimenta do contextualismo, onde a idéia de cada lugar apresenta um caráter específico, de acordo com sua situação geográfica e histórica.

Uma das metas da arquitetura consiste em revelar o espírito do lugar, evidenciando traços escondidos de sua implantação e história. Alguns arquitetos chegaram ao extremo de afirmar que o entorno arquitetônico era um ponto de referência essencial para a vida diária. Assim edifícios, espaços públicos, monumentos, bairros e cidades teriam a função de direção para certos indivíduos e também para comunidades inteiras.

Muitas vezes, a fonte de inspiração vem de edifícios já construídos e que adquirem uma nova releitura. O Palácio dos Doges com sua torre do Campanile, localizado na Piazza de San Marco, parte central de Veneza, é a construção mais alta da cidade. Sua construção originalmente foi para servir de orientação às embarcações que dali se aproximavam. O campanário serviu de inspiração para o arquiteto Philip Johnson na concepção de um edifício em Nova York conforme se vê na FIG.1.4. (CASTANHEIRA, 2004)



(a)

Palácio Doges (a)
Fonte: VITRUVIUS, 2011.



(b)

Edifício em Nova York (b)
Fonte: MACHADO, 2003.

Atualmente a construção civil brasileira busca maior racionalização por meio da adoção de sistemas construtivos mais avançados sob o ponto de vista técnico, evitando os processos tradicionais em que retrabalho e o desperdício caminham juntos. Com isto, o uso da estrutura metálica tem um papel importante com a utilização de elementos processados industrialmente, garantindo qualidade, facilidade e rapidez na montagem, bem como canteiros de obra menores e com menor custo. (COSTA, 2004)

A construção industrializada compreende tanto a utilização de alguns elementos industriais (como os perfis que são utilizados na estrutura) como a de elementos pré-fabricados, que são produzidos nas fábricas e somente montados no canteiro (como os painéis utilizados como elementos de fechamento interno e externo). É, portanto, uma nova cultura da construção: o edifício não é mais visto como um conjunto de projetos; sob uma nova ótica, numa abordagem sistêmica, atenta-se para as várias partes da construção que se relacionam e se alimentam. Inserida neste contexto, pode-se dizer que a construção metálica compreende um sistema composto por subsistemas: a estrutura, as instalações prediais, o fechamento vertical, as esquadrias e o acabamento. (COSTA, 2004)

As construções em estrutura metálica apresentam diversos tipos de fechamento vertical, seja em vidro, painéis pré-fabricados, painéis industrializados, mantendo sempre uma característica comum a todos que é a sua independência em relação à estrutura do edifício. Não funcionam como parte integrante estrutural da edificação.

Os perfis tubulares, principalmente os de seção circular, sempre foram utilizados na construção civil, seja nos edifícios, seja na construção de pontes e passarelas. Estes perfis são uns dos mais eficientes sistemas de contraventamento para edifícios de grande altura (40 a 110 andares). Este sistema é, portanto utilizado nos maiores edifícios do mundo e aproveitam a propriedade do tubo fechado de parede delgada de apresentar rigidez à flexão e à torção com economia máxima de material.

A coluna de ferro fundido foi o primeiro material de construção produzido por métodos industriais desenvolvidos pela Revolução Industrial. Ela foi intensamente utilizada, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, principalmente naquelas construções que abrigavam fábricas, mercados, bibliotecas e, até mesmo, nos primeiros arranha-céus construídos em Chicago.

Em 1851 chegou-se ao apogeu da construção do ferro fundido com a construção do Palácio de Cristal no Hyde Park, em Londres, considerada a primeira obra feita com elementos pré-fabricados. O edifício, feito para a primeira exposição industrial internacional, era uma construção mista, com colunas de ferro fundido, vigas em madeira e as placas de vidro utilizadas em parte da cobertura com dimensões inovadoras para a época (FIG.1.5) (COSTA, 2004).

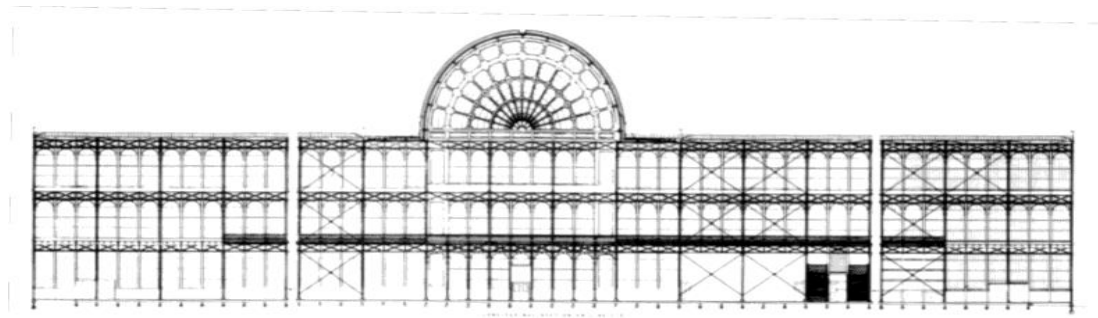


FIGURA 1.5-Palácio de Cristal, Hyde Park, Londres, 1851.
Fonte: BLANC; EVOY; PLAK, 1993.

Já os perfis tubulares de seção quadrada e retangular só foram obtidos mais tarde, com os avanços técnicos conseguidos na construção das ferrovias, como a técnica para a laminação do ferro fundido. Em 1871 foram empregados pela primeira vez na construção do edifício para a sede da fábrica de chocolate Menier, em Noisiel-sur-Marne, na França. Este edifício é considerado o primeiro exemplar do que se define hoje como construção metálica. As paredes externas, revestidas com cerâmicas, não contribuía para a sustentação da cobertura, que era sustentada por colunas de ferro contraventadas com diagonais, como pode ser visto na (FIG.1.6). (COSTA, 2004)

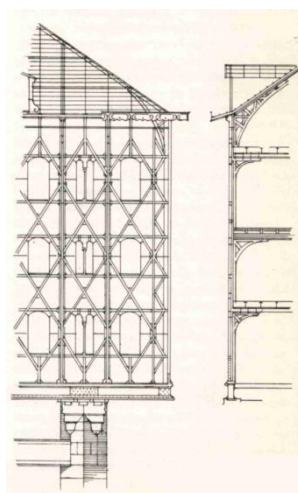


FIGURA 1.6- Fábrica de chocolates Menier, Noisiel-sur-Marne, 1871-1872.
Fonte: HART; HENNN; SONTAG, 1976.

Inúmeras construções foram feitas com a utilização da estrutura metálica até o final do séc. XIX, apesar de muitas delas ainda serem “revestidas” com inspirações estéticas historicistas que iam do clássico ao gótico. Um exemplo da arquitetura de ferro do final do século pode ser visto na FIG.1.7, que mostra a estação *Liverpool Street* construída em Londres em 1875. Nela

se constata que as colunas de ferro fundido sustentam um delicado trabalho feito nas vigas treliçadas e permitem que a luz se espalhe por todo o espaço. Um item já pode ser observado no uso de cobertura translúcida propiciando espaços internos iluminados com luz natural.



FIGURA 1.7 - Vista da cobertura da Estação Liverpool Street, em Londres.
Fonte: SHEPPARD, 1996.

Na última década do séc. XIX a atividade industrial atinge grande desenvolvimento e amadurecimento. Com o crescimento das cidades e do desenvolvimento das técnicas de construção uma nova fase surge com soluções arquitetônicas inovadoras e originais. Surgem, então, conceitos que vão nortear o pensamento arquitetônico do século XX. Em especial, ocorre a simplificação do espaço, que deveria atender a necessidades do tempo e do usuário, somada à “verdade dos materiais”, ou seja, os materiais deveriam ser utilizados de forma aparente. Essa visão da arquitetura expande-se para outros países da Europa: Holanda, Inglaterra, França e na Áustria, que introduzem elementos próprios, usando sempre os materiais aparentes: estrutura de ferro e fechamentos com placas de mármore e de vidro.

Simultaneamente, nos Estados Unidos, a tecnologia alcançada com a construção (a fabricação do perfil em aço e a invenção do elevador) propiciou uma nova produção arquitetônica. Os edifícios altos passaram a ser construídos inicialmente em Nova York e posteriormente se tornaram a solução para a reconstrução do centro da cidade de Chicago, que fora atingido em 1871 por um grande incêndio. É interessante mencionar que nos edifícios de Chicago a estrutura deixou de ser apenas um elemento da construção, passando a fazer parte da expressão volumétrica do edifício.

A produção do aço em forma líquida, conseguida por Henry Bessemer e Siemens-Martin, permitiu a fabricação de componentes maiores e mais resistentes. Isso porque, até então, o

ferro fundido só resistia ao esforço de compressão, mas com o aço, tanto os esforços de compressão como os de tração puderam ser resistidos, possibilitando a sua afirmação como elemento estrutural nos edifícios. Outro avanço foi o desenvolvimento das técnicas de soldagem, que permitiram a junção contínua dos elementos. (COSTA, 2004)

Segundo Silva (1986), surgiu na Bélgica na década de 1880, um sistema construtivo que se propunha a resolver questões estéticas e de isolamento térmico que ocorriam com o uso das chapas como fechamento. O sistema chamado de *Sistema Danly* era composto por chapas metálicas duplas enrijecidas por meio de dobras, criando entre elas um colchão de ar, fixadas com parafusos nos perfis metálicos. Próximas ao rodapé e ao teto as chapas recebiam furos que podiam ser fechados ou não com outra lâmina metálica interna que, quando abertas, permitiam a circulação do ar. Este sistema foi muito utilizado na Europa e exportado inclusive para o Brasil, como pode ser visto ainda hoje na Estação Ferroviária de Bananal, concluída em 1888, e mostrada na FIG. 1.8.



FIGURA 1.8- Estação ferroviária de Bananal - SP
Fonte: GIESBRECHT, 2004

As construções pré-fabricadas com estruturas e fechamentos metálicos ficaram restritas a determinados tipos de edificação, como mercados e estações ferroviárias, onde os vãos eram abertos e os fechamentos se limitavam às partes superiores e em algumas delas utilizando também o vidro que, além da proteção, permitia a entrada da luz.

O vidro em placas já podia ser visto em 1851 no Palácio de Cristal, tanto no fechamento lateral como na cobertura, ainda com dimensões pequenas, compatíveis com as possibilidades tecnológicas daquela época. Paulatinamente, foi possível o fechamento de vãos maiores com o auxílio dos caixilhos metálicos. O vidro ganha *status* como alternativa de fechamento para

grandes vãos durante o período do Movimento Moderno, propiciado pelo avanço tecnológico que veio responder aos anseios dos arquitetos da época. (COSTA, 2004)

Outra conquista tecnológica foi a conseguida com a produção do concreto armado por Auguste Perret, na França, no final da década de 1920, alavancando todo um processo de melhoria na utilização do concreto, que permitiu a fabricação dos primeiros painéis de concreto usados nos fechamentos dos edifícios ainda na década de 1930.

Naquela ocasião, surgiu na Europa o Movimento Moderno na arquitetura que, mais uma vez, amparado pela evolução tecnológica do concreto armado e da estrutura metálica, pregava uma mudança total do pensamento arquitetônico:

- a) a organização do espaço interno deixaria de ser compartimentada possibilitando o surgimento do grande vão livre;
- b) os elementos de construção seriam enfatizados de forma que estrutura e fechamento externo deveriam ser tratados de forma independente;
- c) o vidro seria utilizado como material de fechamento, em grandes panos, pois agora a tecnologia permitia sua fabricação em tamanhos maiores, possibilitando uma integração visual entre exterior e interior.

Após a primeira guerra mundial, a necessidade de se fazer novas construções e a reconstrução dos edifícios propiciaram o desenvolvimento da construção metálica, uma vez que sua rapidez de montagem e a facilidade de transporte permitiam atender à grande demanda da época.

Com o tempo, os conceitos modernistas atingiram o mundo ocidental com grande aceitação, constituindo o denominado “Estilo Internacional”, a partir da década de 1950. A ideia da “planta livre” foi reforçada e as facilidades de fabricação dos componentes e da racionalidade da construção passaram a ser perseguidas com a modulação dos espaços e da adoção da construção leve com o uso de materiais sintéticos e favorecendo a adoção da estrutura metálica. Estes ideais imperaram durante as décadas seguintes e só foram revistos mais tarde, na medida em que especificidades tais como condições climáticas, culturais e econômicas não puderam sustentar sua aplicação técnica.

Na década de 1960, novos movimentos surgiram no cenário da construção com as primeiras reações ao Modernismo, algumas delas como “heranças” dos trabalhos de Fuller cujas experiências influenciariam as gerações posteriores de arquitetos. Dentre elas, o grupo inglês Archigram, que baseava o seu trabalho em idéias futuristas e situações utópicas. Na

Alemanha, Frei Otto intensificava as suas experiências com estruturas leves tensionadas usando perfis de seção circular variável para os mastros. (COSTA, 2004)

E também, segundo Eekout (1996), naquela década passaram a ser produzidos os perfis de aço com seções tubulares retangulares e quadradas, para atender aos anseios pragmáticos dos engenheiros, que os consideravam mais propícios para receber lajes *steel deck* e outros fechamentos; além disso, eram tidos também como mais fáceis na execução das ligações.

A partir da década de 1960, a Alemanha intensificou a produção e o uso dos painéis de concreto, que passaram a ser amplamente empregados na Europa, Estados Unidos e Canadá. Mas, já na década de 1970, eles foram colocados de lado por duas razões: o peso do painel que limitava sua utilização e a limitada oferta do tipo de painel.

O concreto celular autoclavado foi desenvolvido na Suécia em 1924 e a tecnologia chegou ao Brasil em 1957, quando foi implantada a primeira fábrica em São Paulo. Em 1982, foi implantada a segunda fábrica de concreto celular e esta, desde a sua fundação, passou a produzir o painel para fechamento externo. A partir da década de 1980 surgiram os painéis arquitetônicos de concreto que ofereciam novas possibilidades formais, como curvas, apliques e revestimentos de grande variedade. E, mais recentemente, nos anos 90 novas tecnologias os tornaram mais leves, com a adição de agregados e fibras de vidro, fibras vegetais e outras. (COSTA, 2004)

A utilização de painéis metálicos é comum nos países desenvolvidos, mas ainda limitada no Brasil devido ao seu alto custo. Os painéis metálicos mais encontrados para fechamentos verticais são os de alumínio composto e as chapas metálicas, sendo o aço inoxidável pouco utilizado para o fechamento vertical dos edifícios.

Quando se trata da construção industrializada, o sistema utilizado para fechamento vertical externo é composto pelos painéis e no Brasil encontram-se disponíveis os painéis em concreto, de concreto celular autoclavado, as placas cimentícias, os painéis metálicos e os painéis em vidro. O uso dos painéis pressupõe algumas vantagens detalhadas a seguir:

- a) rapidez na montagem;
- b) possibilidade de passagem de tubulação para redes hidráulicas e elétricas;
- c) a eliminação da etapa de acabamento na obra, uma vez que a maioria deles vem com os acabamentos de fábrica;
- d) limpeza e organização do canteiro;

- e) precisão das medidas, uma vez que eles são elementos pré-fabricados;
- f) menor desperdício e eliminação do re-trabalho na execução das fachadas.

Os materiais empregados no fechamento externo das edificações devem atender aos critérios de desempenho abaixo relacionados:

- a) estanqueidade à água e ao ar;
- b) durabilidade, mantendo suas características originais de textura, de acabamento e da cor por 25 anos;
- c) segurança estrutural: segurança devido aos impactos e à ação do vento, tanto nos painéis como nos sistemas de fixação destes à estrutura;
- d) isolamento térmico e acústico.

Os movimentos arquitetônicos de reação ao Modernismo, incrementados pelo conceito de mecanização da sociedade na década de 1970, culminaram com o projeto vencedor, em 1971, dos arquitetos Renzo Piano e Richard Rogers para o Centro Cultural Georges Pompidou, em Paris (FIG.1.9). No projeto deste edifício, inaugurado em 1977, o conceito de mecanização foi levado ao extremo e reafirmado pela proposta estrutural com a utilização de perfis metálicos tubulares nos pilares e nas vigas treliçadas, externos e aparentes, propiciando o ápice da utilização da tecnologia como expressão arquitetônica.



FIGURA 1.9- Centro Georges Pompidou, Paris, 1977.
Fonte: POMPIDOU, 2011.

A partir daí, teve início uma maior integração do trabalho dos engenheiros calculistas com os arquitetos, e a estrutura passou a exercer um papel importante na definição formal dos edifícios. Paralelamente, nos anos de 1970, surgiram nos Estados Unidos os mega- edifícios, que empregavam tecnologias sofisticadas, viabilizados pela utilização de perfis metálicos e a

consequente redução das seções e do peso das estruturas. É relevante citar a construção da Sears Tower e do World Trade Center, duas construções que provaram ao mundo que, daquele momento em diante, até mesmo as “visões” mais utópicas dos arquitetos poderiam ser concretizadas, desde que devidamente aliadas ao poder econômico. No projeto do World Trade Center (FIG. 1.10), o mais alto até então, foi adotada sofisticada solução estrutural tubular: malha periférica de perfis tubulares formados por chapas dobradas, ligada a um núcleo central, por meio de vigas treliçadas e as lajes em *steel deck* assegurando a estabilidade lateral dos pilares.



FIGURA 1.10- World Trade Center, 1970-1977, Nova York.
Fonte: MACHADO, 2003.

Na década de 1980, o avanço tecnológico chegou aos programas de computador e os programas utilizados pelas indústrias aeronáuticas e navais puderam ser aperfeiçoados, contribuindo também para a melhoria dos programas de cálculos dos edifícios. Com isto, os arquitetos puderam ousar cada vez mais na relação existente entre a proposta estrutural e a proposta formal, ao integrá-las, às vezes, de forma muito intensa, como pode ser visto no trabalho de arquitetos como Santiago Calatrava, Norman Forster e Renzo Piano, dentre outros.

Como consequência da industrialização dos perfis de ferro fundido na Europa pós-revolução industrial, surgiu uma mudança no processo construtivo, com a utilização de elementos pré-fabricados em toda a edificação. Em meados do século XIX o ferro fundido já estava consolidado como estrutura e já se utilizava chapas de ferro fundido como fechamento lateral e nas coberturas. O problema que se apresentava era a limitação das dimensões das chapas

que só podiam ser utilizadas em determinados vãos. Na década de 1840 surgiram as chapas corrugadas galvanizadas, que se propuseram a resolver o problema do fechamento:

Com a descoberta do processo de ondular as chapas, esse problema ficou resolvido: o comprimento das ondas era pequeno e as emendas podiam ser feitas em qualquer ponto, permitindo a utilização das chapas sem limites, como se fosse uma superfície contínua. (SILVA, 1986)

A partir da adoção das chapas onduladas prosperou a pré-fabricação de edifícios principalmente quando eram necessárias rapidez e facilidade de montagem. No Brasil, como na maior parte das colônias europeias os primeiros edifícios construídos com estrutura em ferro utilizaram elementos importados da Europa e foram montados no final do séc. XVIII e início do séc. XIX.

Segundo Silva (1986), apesar de aqui terem existido fundições, como a Fundação Aurora que funcionou de 1829 até 1873 na cidade de Recife, elas só fabricavam elementos isolados para a construção civil, como grades e portões, nenhuma delas produzindo estruturas para edifícios. A importação destas estruturas pré-fabricadas para a construção de edifícios só foi possível devido a dois fatores: a abertura dos portos, que aconteceu em 1808, propiciando à população brasileira o acesso aos produtos industriais, principalmente àqueles vindos da Europa; e também pelo fato de, em meados do século XVIII, a produção siderúrgica europeia ter atingido uma escala industrial, motivada pelo impulso da ferrovia como meio de transporte, aliado ao crescimento urbano das cidades europeias pós-revolução industrial. Assim, a indústria siderúrgica oferecia uma escala de produção que, não somente atendia ao mercado interno, como permitia a exportação para outros territórios. Era possível importar estruturas inteiras principalmente de siderúrgicas britânicas e belgas, que disponibilizavam em catálogos os produtos que podiam ser comercializados.

Após a construção dos primeiros edifícios, a estrutura metálica só foi retomada na construção brasileira de prédios muito mais tarde, na década de 1950. Os primeiros perfis de aço foram fabricados pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) na década de 1940 e, até 1950, os perfis pesados (trilhos e laminados) ainda não tinham sido aceitos pelo mercado nacional. Em 1953 foi criada a Fábrica de Estruturas Metálicas (FEM) que desenvolveu um trabalho pioneiro no aperfeiçoamento e disseminação da tecnologia no Brasil, permitindo a construção dos primeiros edifícios com estrutura em aço.

É interessante observar que, durante a construção de Brasília, devido à urgência para se erguer os prédios, a estrutura metálica foi a solução encontrada e empregada em vários deles, como o

Brasília Palace Hotel, construído com perfis laminados, padrão americano, da CSN. Nos edifícios que abrigam os Ministérios e no edifício do anexo do Congresso Nacional, foram utilizados perfis americanos montados pela empresa Reymond Pill, que aqui se estabeleceu como Construtora Planalto.

Na década de 1960, começaram a operar a Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) e a Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS), expandindo a produção nacional do aço e, na década seguinte, com a modernização das indústrias e o domínio dos processos de laminação, o Brasil abandona a posição de importador de aço e passa a ser exportador. Em 1986, começou a operar a Usina de Ouro Branco da empresa Aço Minas Gerais (GERDAU), que hoje é o maior fornecedor mundial de tarugo, além de perfis laminados a quente de seção “H” e “I”.

Pode-se dizer que a utilização da construção metálica ainda é restrita no Brasil e a utilização de perfis tubulares de aço na construção civil é bem recente. Em 1992, foi construída no Parque Leminski, em Curitiba, a Ópera de Arame. No mesmo ano foram erguidos em São Paulo dois edifícios que empregaram soluções mistas na estrutura: a sede do Centro Cultural Itaú e o Centro Empresarial do Aço.

Aqui, como em outros países, os perfis tubulares tradicionalmente têm sido utilizados em treliças nas coberturas dos edifícios que demandam grandes vãos, como escolas, agências bancárias, hospitais e aeroportos. Mais recentemente, tem sido empregado também como colunas, o que pode ser visto no Centro de Tecnologia da Rede Sarah de Hospitais, em Salvador e no Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza. Os perfis tubulares são empregados na construção civil por uma série de vantagens, e quando bem utilizados, aliam eficiência estrutural à limpeza visual, itens fundamentais perseguidos por arquitetos e engenheiros.

Quando se pensa em construção industrializada no Brasil é importante lembrar que a maioria das soluções adotadas são tecnologias que foram desenvolvidas em outros países, onde quase sempre a realidade é bem diferente. A questão que se coloca, de imediato, é como esta tecnologia tem sido aplicada, como são levadas em consideração as diferenças existentes, não somente no campo da execução destas novas tecnologias, como também no campo do desempenho dos sistemas, frente às diversas condições climáticas a que estão submetidos.

No caso específico da construção metálica é importante refletir sobre as características que são inerentes a ela:

- a) a construção metálica tem como característica trabalhar com materiais industrializados (como os perfis utilizados na estrutura), ou pré-fabricados (como os painéis utilizados para o fechamento vertical externo) que apenas são montados no canteiro. Os perfis da estrutura, pelo fato de serem elementos industrializados, apresentam grau de precisão muito grande em suas dimensões, com tolerâncias mínimas de fabricação, e exigem que os demais elementos apresentem também precisão em suas dimensões. Durante a montagem não existe espaço para reformulação e improvisação. Portanto, é necessário que o projeto seja cuidadoso e que exista um detalhamento muito apurado dos elementos que compõem o sistema. (SALES, 2001; BASTOS, 2004; RIBAS, 2006)
- b) a estrutura metálica corretamente utilizada visa ganho de tempo na execução e economia do material e, em geral, são utilizados perfis muito esbeltos compondo estruturas muito leves, que estarão submetidas a grandes esforços verticais (decorrentes do peso próprio da estrutura e do fechamento) e também a grandes esforços horizontais provocados pelo vento (pressão e de sucção);
- c) o aço apresenta alto coeficiente de dilatação térmica, o que provoca grande movimentação da estrutura, se comparada à de concreto armado. Portanto, é importante levar em consideração que esta movimentação é maior onde ocorre diferenciação acentuada de temperatura entre o dia e a noite, como no caso brasileiro, e que esta movimentação não deve transmitir esforços para o subsistema de fechamento;
- d) os materiais utilizados no fechamento apresentam, por sua vez, propriedades diferentes de absorção e transmissão de calor e de umidade, que produzem dilatação e contração do material. Este fato deve ser previsto com a utilização das juntas, que devem ser convenientemente tratadas para permitir a dilatação térmica e ao mesmo tempo garantir a estanqueidade.

Portanto, quando se pensa na interface entre a estrutura e o subsistema de fechamento vertical externo, é necessário que estes aspectos sejam verificados e que se conheça os fatores que afetam a interface, como as cargas atuantes, os movimentos pós-montagem, as tolerâncias e as juntas, os sistemas e dispositivos de fixação.

1.2 Motivação

Ao longo deste século, a luz natural e especialmente a luz artificial foram se convertendo em um autêntico material de desenho. Ao se desenhar a luz, não se manipula algo que possa ser determinado exclusivamente de maneira racional e funcional, pois, aí também intervêm

fatores da intuição e da sensibilidade, elementos simbólicos, culturais e perceptivos. A utilização da luz natural e da artificial sempre inclui uma margem para o imprevisível.

A luz pode converter os corpos, os objetos e os materiais em substâncias luminosas, radiantes e cheias de energias, evanescentes, expansivas e leves. Pode privilegiar a mobilidade, criando objetos efêmeros a partir do próprio ato da visão. (MONTANER, 2002) É de extrema importância a multiplicidade de ambiências proporcionadas pela correta utilização da luz nos espaços, permitindo que se vivenciem diversas sensações físicas e afetivas.

A qualidade, a expressão e os efeitos dos espaços proporcionados pelas diversas soluções arquitetônicas que caracterizam a produção arquitetônica atual, brasileira e mundial, mostram em alguns casos, sintomas da falta de critério e de estudos aprofundados em relação à qualificação dos ambientes com relação ao uso da luz tanto por falta, quanto por excesso. Por diversas vezes, este pesquisador identificou-se com opiniões de arquitetos em relação ao assunto, concordando também com Meyer (1997) quando o autor afirma

Além de Le Corbusier e Wright, eu também tenho sido bastante inspirado por Borromini e Bramante e por arquitetos barrocos alemães como Balthasar Neumann. Hoje os arquitetos não estão atentos em aprender as essências da arquitetura do passado. Há muito que aprender, por exemplo, com o modo como a luz natural penetra os espaços daquelas grandes igrejas barrocas no sul da Alemanha. Isto não significa que se tenha que usar formas barrocas e decorações aplicadas; mas se pode tentar recriar a essência daquela qualidade de luz – o modo como ela é filtrada através dos clerestórios e entra pelos lados e as inter-relações entre a luz e a estrutura do edifício. (MEYER,1997)

Tal preocupação está na base do estudo proposto. Tanto em sua trajetória profissional quanto acadêmica este pesquisador tem se perguntado acerca da importância e da carência de estudos mais objetivos e atualizados relacionados com a questão. O tema se amplia ao ser contextualizado em relação a países tropicais, plenos de luz natural, como é o caso da produção arquitetônica brasileira.

As obras de Norman Foster baseiam-se na expressividade da produção do arquiteto na corrente High-tech, sabidamente caracterizada pela exploração simbólica do papel da tecnologia no todo construído. Isso se percebe em trecho específico da conceituação de uma de suas obras, o que corresponde muito bem às ansiedades e expectativas em relação à possibilidade de estudos mais aprofundados relacionando os efeitos da luz na arquitetura. Segundo Foster...

Se a função consiste em conseguir que a chuva não nos molhe e que a energia flua em todos os sistemas, certamente ela também tem a ver com o espírito, com o *zen* do projeto. Talvez não haja nada tão apropriado quanto a luz, para fazer uma analogia da função: a luz se pode medir, se pode quantificar e se pode dizer se é correta para uma tarefa determinada. Mas, no fundo, a qualidade da luz é algo mais subjetivo, algo que não se pode medir. (FOSTER, 2000)

É noite. A noite é muito escura. Numa casa a uma grande distância
Brilha a luz duma janela
Vejo-a, e sinto-me humano dos pés à cabeça
É curioso que toda a vida do individuo que ali mora, e que não sei quem é,
Atrai-me só por essa luz vista de longe
Sem dúvida que a vida dele é real e ele tem cara, gestos, família e profissão.
Mas agora só me importa a luz da janela dele.
Apesar de a luz estar ali por ele a ter acendido,
A luz é a realidade imediata de mim.
Eu nunca passo para além da realidade imediata.
Para além da realidade imediata não há nada.
Se eu, de onde estou, só vejo aquela luz,
Em relação à distância onde estou há só aquela luz.
O homem e a família dele são reais do lado de lá da janela.
Eu estou do lado de cá, a uma grande distância.
A luz apagou-se.
Que me importa que o homem continue a existir?"

(PESSOA, 1987)

Parte-se do pressuposto que a importância da luz na definição de ambiências dos diversos espaços deve ser cada vez mais ressaltada, já que cada vez mais a luz deixa de ser imaterial e torna-se matéria palpável, definindo formas e espaços. O problema decorrente de toda a reflexão até aqui desenvolvida pode ser enunciado da seguinte forma: se a função está tecnicamente bem resolvida em relação ao uso da luz, ela deverá estar também estética, funcional e simbolicamente bem equacionada e totalmente incorporada à solução arquitetônica.

1.3 Objetivo

Na pesquisa desenvolvida estudou-se, então, a influência da luz natural e dos recursos de iluminação artificial como fatores definidores da qualidade da expressão arquitetônica, da eficiência funcional dos espaços, da possibilidade de uso de espaços que não recebem luz diretamente e do sistema de controle e economia de energia nos edifícios, resgatando os

artifícios e recursos, de manipulação da luz nos ambientes, como fatores de qualificação dos projetos.

A hipótese que norteou a busca de resposta para o problema posto é de que os edifícios podem proporcionar maior qualidade funcional, estética, espacial e simbólica desde que a luz seja considerada uma das protagonistas na concepção do espaço arquitetônico.

Para tanto, definiu-se como objetivos da pesquisa:

- a) discutir as diferentes formas de manifestação da tecnologia tanto no processo de concepção arquitetônica como também na própria arquitetura contemporânea;
- b) propor diretrizes de projeto para edifícios comerciais, institucionais e de serviços, concebidos em estrutura de aço, levando em conta a iluminação natural e artificial como parâmetros essenciais à qualidade do edifício nos aspectos estéticos, funcionais e econômicos.

1.4 Metodologia

O estudo contemplou a análise de diversas soluções arquitetônicas construídas em estruturas metálicas de edifícios públicos contemporâneos da produção nacional nas últimas décadas, objetivando identificar como a luz tem sido utilizada enquanto recurso particular de ambiência, conforto, economia de energia e imagem estética.

O desenvolvimento do trabalho envolveu uma pesquisa bibliográfica, estudos de casos e análise de procedimentos de projeto de iluminação em construções convencionais.

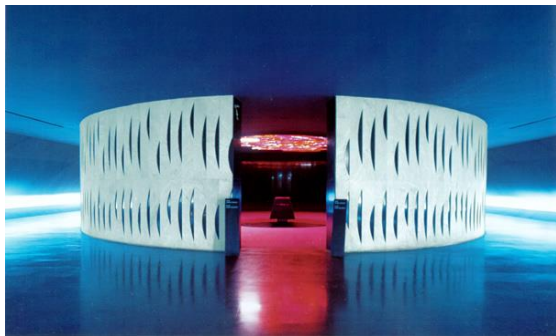
O alcance dos objetivos definidos exigiu, a partir daí, de maneira sistemática:

- a) estudo e análise de como a presença e a incidência da luz em espaços arquitetônicos tipológicos integram o processo de projeção dos edifícios, buscando identificar como seus espaços interiores recebem o impacto da luz;
- b) análise de como luz e sombras se revelam e se insinuam no espaço, como elas se materializam na arquitetura, qual o caráter referencial, a identidade, a segurança e a simbologia que os usuários podem vivenciar nesses espaços iluminados;
- c) avaliação se a produção arquitetônica brasileira atual tem explorado contemporaneamente a luz, como condicionante fundamental da concepção do projeto e elemento particular definidor das soluções arquitetônicas.

1.5 Justificativa

“Dou um exemplo mostrando como os contrastes da iluminação são importantes na arquitetura, quando desenhei a entrada da Catedral de Brasília. Para encontrar um efeito de luz expressivo, fiz a entrada pelo subsolo, numa galeria escura, de modo que, quando as pessoas chegassem à nave, sentissem um contraste de luz importante. É isso que caracteriza a entrada da Catedral de Brasília.”(NIEMEYER, 2002)

A abundância de luz natural que o usuário encontra no interior da catedral de Brasília após percorrer um corredor escuro, revestido de granito preto, conduz ao simbolismo da ressurreição após a morte. A penumbra e a quase total ausência de luz natural no interior do Memorial JK, também em Brasília, induzem ao respeito cívico perante o esquife do fundador da cidade; a única luz natural a penetrar o interior desse monumento é por sobre a tumba do ex- presidente, filtrada por um vitral projetado pela artista Marianne Peretti (FIG. 1. 11) que lhe imprime colorações que vão do vermelho (maior comprimento de onda) ao púrpura (menor comprimento de onda). Nestes dois exemplos arquitetônicos, com tratamentos opostos para a luz, é bastante significativa a carga simbólica que traz a iluminação, com destaque, nos dois casos, para a luz natural.



(a) (b)
FIGURA 1.11 – Vitral de Marianne Peretti (b) rodeado pelo painel de mármore de Athos Bulcão (a)
Fonte: MEMORIAL JK, 2010

A busca da transparência, luminosidade e imaterialidade na arte e na arquitetura a partir do século XX, gerou uma veneração pelo vidro e pela transparência. O uso da estrutura metálica pode desta forma propiciar panos de paredes e tetos translúcidos. O que se nota hoje em dia é um grande número de construções em estruturas metálicas, principalmente em edifícios

públicos (aeroportos, sedes de governos, edifícios culturais), sem estudos específicos desenvolvidos com o devido rigor técnico de modo a contemplar o uso da luz natural e da luminotécnica nos espaços construídos dos edifícios.

Em geral observa-se que a iluminação não é vista como criadora de imagem noturna como acontece, por exemplo, na Pirâmide de Vidro do Louvre, em Paris, (FIG. 1.12), projeto do arquiteto I.M..Pei ou do edifício da nova Tate Modern (Tate Gallery), em Londres, do escritório suíço Herzog & Meuron — arquitetos Jacques Herzog e Pierre de Meuron (FIG.1.13), ou mesmo o uso de paredes com células fotoelétricas que se abrem controlando entrada de luz, usadas no projeto do Instituto do Mundo Árabe, em Paris, pelo arquiteto Jean Nouvel (FIG. 1.14 e 1.15).

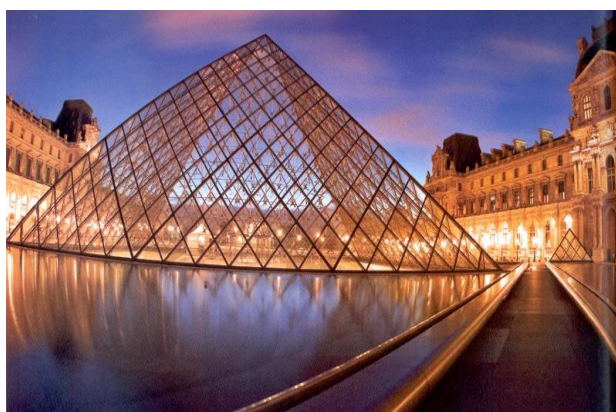


FIGURA 1. 12- Pirâmide do Louvre
Fonte: LOUVRE, 2010.



(a)



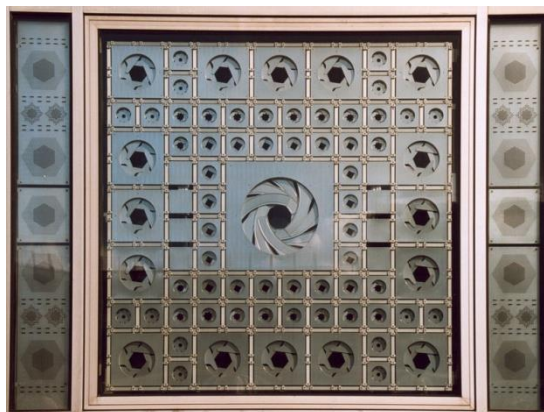
(b)

FIGURA 1.13 – Vista externa (a) e interna (b) da Tate Modern
Fonte: TATE MODERN, 2010.

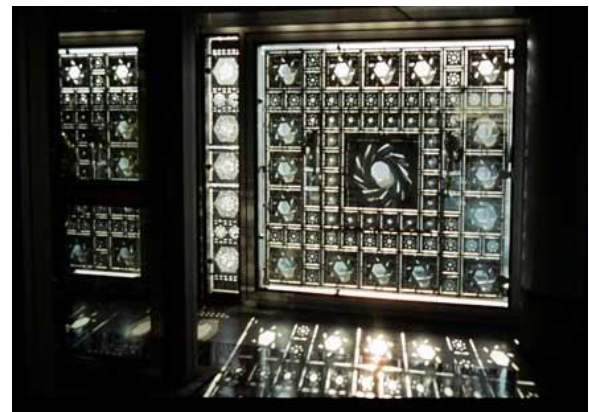
Salienta-se que esta observação não se refere ao desenvolvimento do design de luminárias ou da evolução da indústria de iluminação, que se impuseram no mercado com muita força nas últimas décadas, mas sim, à concepção de espaços etéreos e sem personalidade, pelo pouco ou nenhum cuidado e intenção no desenho e na percepção da luz.



FIGURA 1.14 – Instituto do Mundo Árabe
Fonte: INSTITUTO DO MUNDO ÁRABE, 2010.



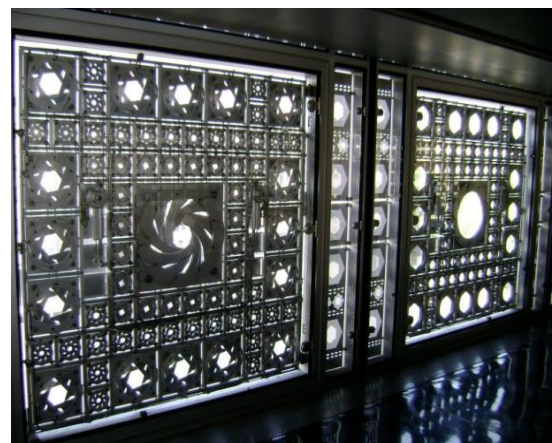
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 1.15 – Instituto do Mundo Árabe
Fonte: INSTITUTO DO MUNDO ÁRABE, 2010.

2 SIMBOLISMO DA LUZ

Luz e espiritualidade andam juntas.

A luz dá valor aos muros, janelas, materiais, textura e cores com o passar das horas, dias e estações, muda o espaço.

É ferramenta fundamental da Arquitetura para moldar nossa resposta emocional.

Não se pode ignorar a luz natural ou artificial, nem usá-la com uma mentalidade técnica.

A luz pertence ao coração e ao espírito.

(LEGORRETA, 1989)

“Para um homem se ver a si mesmo, são necessárias três coisas: olhos, espelho e luz. Se tem espelho e é cego, não se pode ver por falta de olhos; se tem espelho e olhos, e é de noite, não se pode ver por falta de luz. Logo, há mister espelho e a mister olhos. Que coisa é a conversão de uma alma, senão entrar um homem dentro em si e ver-se a si mesmo? Para esta vista são necessários olhos, e necessária luz e é necessário espelho. O pregador concorre com espelho, que é a doutrina; Deus concorre com a luz, que é a graça; o homem concorre com os olhos, que é o conhecimento.”

(VIEIRA, Século XIV)

No seu livro diálogo com o visível, Huyghe (1955) afirma que Platão considerava que o supremo grau do real é o bem (germe oculto das significações morais). O seu reflexo no mundo dos sentidos é a luz, do mesmo modo que no espírito gera a verdade e a inteligência. O filósofo atribui à luz um alcance que transcende os limites físicos: ela se torna o equivalente da mais alta espiritualidade, é o sinal do absoluto, de Deus, do “Noûs” que desce às nossas almas na forma da verdade, do bem e do belo.

A primeira noção clara da luz rompe do contraste com a noite. Este contraste, esta alternância da luz que dá existência às coisas, e das trevas, que voltam a mergulhá-las num aparente nada, impressionou o homem ao apresentar-lhe visualmente a imagem literal de uma oposição radical. A luz impressionou desta forma a imaginação e deu origem à intuição simbólica como Huyghe (1955) afirma: Branco x Negro, Dia x Noite, Vida x Morte, que se transporta para o plano moral; torna-se, Positivo x Negativo, Bem x Mal.

A luz está associada ao vazio luminoso, ao ar, ao impalpável, enquanto o negro traduz a massa opaca e densa, a matéria. A Luz nasce pela manhã, luta para desabrochar, atinge, ao

meio dia, a plenitude de sua posse, após o que, bem depressa, declina e se apaga. O crepúsculo sugere a noite, que é como a morte. A luz desapareceu. Nada mais há? A luz é semelhante à alma; sem ela a matéria seria como se não existisse; em contrapartida, a luz, tal como a alma, existe fora da matéria. A luz depressa surge como uma espécie de alma das coisas. Torna-se a imagem da nossa própria alma: imaterial, imponderável, e não obstante visível. Produtora da sombra humana oferece-se como um símbolo perceptível do invisível. (HUYGHE, 1955)

Ainda segundo Huyghe (1955) a luz deixa de ser o instrumento que simplesmente torna visíveis as formas e se converte numa nova realidade estética. De comparsa indispensável, mas esquecida, ergue-se ao nível de protagonista e mesmo rival da forma. A luz pertence menos ao reino do espaço, reservado às formas, do que ao reino do tempo, porque vem e passa como os momentos e confunde-se com eles na duração.

Já o escritor Foucault (1978) considera que a opacidade, a negação da luz são indicadores de uma coisa compacta, real, de uma massa. Ínfimas gradações a natureza dispôs entre o branco e o negro, entre a luz e a noite, estabelecendo imponderáveis transições entre dois pólos adversos: do mesmo modo que o crepúsculo substitui a súbita morte do dia por uma lenta agonia, por um declínio progressivo, também uma gama matizada dos cinzentos, da claridade absoluta insolente, à sombra concentrada total; o jogo do mais e do menos.

Foucault (1978) diz que a matéria é tenebrosa. “Não há contorno. A cor (luz) expulsou a linha. Não se trata mais de aprisionar uma forma, um quadrado, um retângulo, mas de aprisionar o vazio.”

Já Zevi (1978) no livro *Saber ver a Arquitetura* diz que as variantes da luz e a sua reprodução pelos valores propiciam um modo bem diferente de estimativa e ao mesmo de percepção, que o observador aprenderá assimilar pouco a pouco.

Essas variações de luminosidade podem ser percebidas como descreve Mascaró (1989) sobre os dormitórios do Mosteiro Cisterciano, na Abadia de Sénanque; a luz que entra é suave, apesar do sol da Provence (FIG 2.1). A luz é suavizada pelas múltiplas interreflexões nos núcleos profundos das janelas.

Os valores da sombra à luz são momentâneos, fugidios: sente-se, vê-se, mas é difícil reduzi-los a uma estimativa numérica de quantidade. As variantes da luz e a sua reprodução pelos valores propiciam um modo bem diferente de estimativa e mesmo de percepção, que o observador aprenderá a assimilar pouco a pouco. Quando é livre, o jogo de valores apela para

a impressão e pede que se saiba perceber graus de força ou de fraqueza, na luta que a luz trava ao procurar não morrer com a sombra. O relevo iluminado oferece uma gama completa de valores diferentes, consoante à maneira como se apresenta ao raio que o ilumina. (HUYGHE, 1955)



FIGURA 2.1 - Mosteiro Cisterciano, na Abadia de Sénanque, França.
Fonte: ABADIAS.....,2012

O corpo mergulhado numa fraca claridade oferece pouca diferença entre suas sombras e as suas luzes, produzindo uma suavidade. As passagens da luz à sombra, na pintura o *sfumato*, criam a indecisão e conjugam a ditadura visual da forma. A fascinação pelo indefinido provoca o sonho, onde o que era começa a apagar-se, ou aquilo que vai ser se torna possível, mas ainda não se realiza. Ela vai sugerir.

O raio luminoso renova totalmente o aspecto esperado. Por sua vontade, submerge as saliências habituais, faz surgir os mais neutros planos. No sentido próprio do termo transforma, como a soldadesca lançada na pilhagem e no estupro, talha, corte, amputa, tortura. É um teatro de tensão pelo combate que instaura entre os elementos da visão. Se o modelo criado pela luz é a modulação da forma, a luz em si, a luz pura, é a modulação da duração. A forma exprime o que se sabe duma coisa, a percepção que dela se tem segundo as condições variáveis da visão (anamorfose). A descoberta das horas lança no coração (na alma) o drama: o antagonismo, o duelo do dia e da noite. (HUYGHE, 1955)

Observando a história da era clássica para a era barroca vê se abrirem as cúpulas para uma profundidade imaginária de claridade, povoada de nuvens, de formas instáveis e de figuras volantes, herdeiras das de Tintoretto e que, pelo seu impulso rápido, pareciam já querer escapar ao peso e à matéria.

Porque toda a vida barroca, seja na arte, na liturgia religiosa ou no ritualismo social, se animará sempre de um sentido lúdico, em que as formas de repressão da consciência jogam em permanente contradição, com as formas irreprimíveis da paixão humana.

Daí a dualidade essencial do barroco, o comportamento paradoxal do homem da época, o dilaceramento íntimo do seu artista, do seu escritor, a presença cambiante do claro-escuro, que não será só um elemento de artifício formal do jogo de luz e sombra da pintura barroca, mas a própria metáfora de todo um modo de formar artístico, de toda uma visão de mundo... (HEIDEGGER, 1985).

...o mundo não existe mais, porém sobre ele, o silêncio e a noite ainda não se abateram inteiramente; ele vacila num último clarão, no ponto extremo da desordem que precede imediatamente a ordem monótona da realização. E nesta imagem logo abolida que se vem perder a verdade do Mundo. (FOUCAULT, 1978)

Os fenômenos extremos do drama barroco: o rei, tirano e mártir; o cortesão, intrigante e santo e a reversibilidade entre eles, confirmam a melancolia como o estado dos extremos: apatia e êxtase.

A iluminação presta-se de dotar o objeto arquitetônico da sua finalidade da significação e fixação emblemática de seu caráter. Representa a finalidade natural no emblema, cristaliza o momento efêmero da história no adereço cênico. A alegoria é a redenção da natureza enquanto ciclo. Assim, “a fisionomia rígida da natureza significativa permanece vitoriosa, e de uma vez por todas a história estará enclausurada no adereço cênico.”

A iluminação do objeto do patrimônio cria o espetáculo dentro do espetáculo, jogo infinito de espelhos. A beleza impõe um ritual peculiar a quem dela pretende se aproximar: amante e não perseguidor, Eros segue em sua fuga, foge da inteligência por ter medo do amante. E somente este pode testemunhar que a verdade não é desnudamento, que aniquila o segredo, mas revelação que lhe faz justiça. É a “recuperação do imaginário e a valorização do irracional, do onírico, do paradoxal, correndo as teias do pensamento lógico cartesiano e sua razão otimista e certa da sua compreensão do mundo.” (BRANDÃO, 1991)

É a perversão dos ideais de simetria, harmonia, euritmia e continuidade nas formas do pensamento e da arte, cedendo lugar ao arbitrário, ao casual e ao desmedido. Aqui a desarmonia não significa desordem, mas ao contrário é obtida pela extrema elaboração da ordem a fim de compor uma nova e realmente significativa ordenação tal como se procura na arquitetura desconstrutivista, nas teorias de Jacques Monod e na filosofia de M. Foucault. (BRANDÃO, 1991)

“A perda da integridade, da globalização e da sistematicidade ordena em troca da instabilidade, da polidimensionalidade, da mutabilidade presente tanto nas formas bimodais de um Escher como no Zélig de W. Allen nas teorias da termodinâmica”.

“A necessidade de produzir intervalos, desvios e espantos na intervenção direta ou imaginária para completude da obra. A valorização do detalhe e do pormenor que passam a adquirir uma força expressiva maior.” (BRANDÃO, 1991)

“Uma ilusão que duplica outra ilusão: o simulacro é o artifício Barroco por excelência”.

O homem se “aliena” e a contrapartida do universo dominado, vasculhado e regulado é a sua “mudez”, a sua “dessañificação”.

“Ele a nada nos diz e o visível nos engana: o real se esconde, a geometria e a racionalidade é só uma estratégia dentre as várias possíveis, o mundo é uma ilusão.” (BRANDÃO, 1991)

En la época da Semana Santa descubrió grandes cosas. Durante aquellos días todo cambiada em el templo. Lãs imágenes lãs tapaban com pãnos color violeta, el altar mayor quedaba oculto también detrás de um enorme lienzo malva, y una de lãs naves iba siendo transformada em um extraño lugar lleno de misterio...

...En lãs sombras de la iglesia aquel lugar silencioso e iluminado, com las escaleras llenas de candelabros y círios encendidos, daba a Paco uma impresión de misterio... Paco tenía sensaciones contradictorias muy fuertes.

(SENDER, 1960)

Tem-se que, quando o arquiteto não procura mais o modelo histórico ou natural, mas se volta para o fazer artístico e inventividade da sua própria produção, cria no seu edifício, na sua “arquitetura”, uma expressão artística da fantasia, da mutabilidade e do movimento, da transgressão dos cânones formalistas, da multiplicação de efeitos cenográficos, da assimetria, da desordem e, principalmente, da “práxis.”

Também interessa notar o lado do fruitor do objeto artístico. Conferindo liberdade e dinamismo à composição do edifício, o arquiteto acaba por promover, do lado do espectador, igual dinamismo e liberdade interpretativa, sua subjetividade, portanto, no que ela tem tanto de racional quanto de imaginativo para re-criar, re-fazer, re-produzir a obra que frui. O que sucede aqui é a transposição de um espaço metafísico a um espaço existencial.

Conferir ao espaço um significado existencial significa trazer o edifício para o mundo humano, romper as amarras que o continham e fazê-lo transbordar para o exterior, estruturando o meio ambiente ao seu redor. Assim o edifício surge como objeto de comunicação, símbolo da rígida organização do sistema e seu poder persuasivo, torna-se o

centro representativo dos axiomas básicos do sistema do qual emanam forças que não encontram limites espaciais para a comunicação pretendida, estendendo sua mensagem até o infinito. Neste mundo infinito, movimento e força são de importância fundamental e, por isto, o edifício adquire um caráter dinâmico e aberto, expressão de um sistema que não mais estático e fechado em si mesmo como eram os do período medieval.

Aqui caberiam as teorias genético-formais de Wolfflin onde ele contrapõe linear x pictórico, forma fechada x forma aberta, clareza absoluta x clareza relativa, superfície x profundidade, multiplicidade x unidade. Ou mesmo as teorias evolutivas de Focillon: acabamento das formas. E até a gnosiologia, que estuda os limites da faculdade humana de conhecimento e os critérios que condicionam a validade dos conhecimentos.

A estética de Michelangelo, a *Arché* de seus edifícios ou, como diz Zevi (1978), o “arquetipo de sua obra” reside no conflito, na crise, no drama e na ruptura espacial que abrem caminho para o espaço barroco. Verifica-se que no seu projeto para a Basílica de São Pedro (1546) a robusta parede, que contém a *ebulição interna* da igreja, e o fechamento da lanterna, pela qual a luz divina deveria banhar o edifício, estabelece um isolamento entre os espaços interno, sagrado, e externo, mundano. A parede funciona como o corpo material que prende a alma espacial interior. São características da arquitetura barroca como a teatralidade, a persuasão, a monumentalidade, o iluminismo, a participação e, principalmente, o espírito de síntese e de sistema.

Na arquitetura religiosa barroca os efeitos de luz eram alcançados pelos jorros de luz provenientes das janelas de formas rebuscadas do altar mor e da grande cúpula central em contraste com a penumbra das capelas laterais.

O edifício é belo não pelas figuras que ele emprega, mas pelo modo como são empregadas, podendo não só igualar, mas, inclusive, superar o conceito clássico de belo. No momento da decisão, do ordenamento do edifício o arquiteto não é submisso: ele não imita, ele determina.

Ao sistema interessava, portando persuadir o cidadão, seduzi-lo por meio do impacto visual, da imaginação, do arrebatamento místico. Por isto, o mundo barroco se assemelha a um grande teatro no qual cada um desempenha um papel. A arte providenciará o cenário deste espetáculo por meio de imagens e meios de comunicação que apelam ao sensível e à imaginação do fruidor, mais diretos do que a demonstração lógica ou racional das construções medievais e renascentistas.

A teatralidade e a persuasão em última análise visam estimular o fiel a participar do culto a ser seduzido e envolvido pela igreja católica, tornando-se parte dela ainda que passivo e submisso. Esta espacialidade não solicita uma fruição intelectual: o que a obra favorece é justamente a surpresa, o pasmo, o delírio visual que busca um apelo ao místico e transporta a alma em direção ao sobrenatural.

No barroco, saber ver a arquitetura é distinguir a verdadeira desordem da obra do gênio que, mesmo por meio de uma infinita multiplicação de imagem, encontra o momento da sua classicidade. (ZEVI, 1978)

Ainda hoje, entender a arquitetura barroca significa apenas libertar-se do conformismo classicista, aceitar a ousadia, a coragem, a multiplicidade de efeitos cenográficos, a desordem, o acordo orquestral da arquitetura, escultura, pintura, jardinagem, jogos de água, para criar uma expressão artística unitária.

2.1 A leitura da luz

A leitura da luz possui características luminosas e sensuais, exalta a vida criando imagens destinadas a reduzir à visão, a inteligência e a imaginação. A luz permite anamorfose (flutuação do sentido), instabilidade, variações, movimentos, elementos evanescentes e efêmeros. É suporte criado para transmitir emoção, dramaticidade, ambiente etéreo, abstrato, prazer lúdico, não no sentido da inocência, mas sim do inesperado, do espontâneo.

A luz difere o espaço interno do externo, assim como o espaço sagrado do espaço profano, de Deus e do homem, da luz e das trevas, proporcionando o grau de cerramento. O grau de cerramento de um espaço tem notável papel na transcendência e na percepção que se faz do espaço (sua orientação e forma). Define seus limites e a percepção clara da forma, a vinculação com outros espaços contíguos, articulando a própria individualidade, aumentando e diminuindo o espaço.

“La arquitectura es un juego magistral, perfecto y admirable de masas que se reúnen bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz y la sombra revelan las formas.” (CORBUSIER, 1998)

Ao longo do dia variam características e qualidade da luz que ela transmite à arquitetura, superfícies e formas que ilumina, todas as mudanças de cor e texturas, podendo desta maneira classificar formas espaciais ou ao contrário deformá-las. Podem criar uma atmosfera agradável ou infundir um ambiente sombrio. Arquitetura é um sistema de transferência da informação, da capacidade de poder refletir ou transmitir em termos de massa, qualquer soma de informações.

A transitoriedade da vida repetindo a transitoriedade da luz durante o dia como no poema barroco de Gregório de Mattos Guerra:

Goza, goza da flor da mocidade,
Que o tempo trata a toda a ligeireza,
E imprime em toda a flor sua pisada.

Oh! Não aguardes que a madura idade
Te converta essa flor, essa beleza,
Em terra, em cinza, em pó, em sombra, em nada. (GUERRA, Século XVII)

O uso da luz pode dotar o espaço de diferentes níveis de iluminamento, pela clareza permitida na leitura de seus elementos composicionais, seja na arquitetura, pintura ou escultura. A luz permite que se estabeleçam relações visuais nos espaços. A luz cria modelos muito contrastantes de luz e sombra, e no espaço interior estabelece uma articulação formal muito pronunciada. A luz filtrada, por sua vez, vai evitar alguns inconvenientes como, por exemplo, o deslumbramento, ajuda suavizar a agressividade da luz direta e o equilíbrio do nível luminoso do interior do espaço; facilitará a perda da realidade e permitirá a individualização de certos planos do espaço.

Não existem contornos, as formas parecem diluir neste jogo de luzes e de sombras coloridas, tudo parece animado de um movimento quase imperceptível como a palpitação da vida, um instante que passa uma alucinante ilusão de vida, sensação de síntese, criando uma atmosfera quase palpável do ar onde lutam e se rivalizam os reflexos e as origens luminosas. Estabelece uma série de planos diferentes, cria desta forma um ilusionismo luminoso e atmosférico, uma visão revolucionária. (VELASQUEZ, SEC. XVI)

Em decorrência da ausência da luz, há a suspensão do tempo linear, a exaltação teatral e a exacerbação do exotismo. A operação que os olhos realizam assemelha-se à da mão que percorre um corpo, e a modulação, que reproduz a realidade na gradação de luz, também apela para as sensações de tato. O quadro tátil transforma-se em quadro visual. (HUYGHE, 1955).

Caravaggio, 1599 sentiu que a luz não é apenas um elemento complementar, mas adverso, e que pode ajudar a fazer ruir o primado das formas idealizadas. (FIG. 2.2)



FIGURA 2.2 Pintura de Caravaggio - Judith e a cabeça de Holofernes.
Fonte: CARAVAGGIO, 2010.

A luz agora se embriagará de si mesma e da sua beleza. Com a luz denuncia-se uma nova inquietação, a consciência de outro domínio: o das forças da energia, da intensidade, do invisível, aquilo que escapa não apenas à matéria espaço, mas a medida à qual a intensidade devia vergar-se. Onde a natureza mostra uma curva, talvez se encontre agora um ângulo, e ao invés de redução e aumento de luz uniformemente progressivos, surgem agora o claro e o escuro em massas abruptas e sem gradação. Apenas a aparência da realidade é apreendida, algo bem diferente do que criara a arte linear com sua visão condicionada plasticamente.

Um trunfo da aparência sobre a realidade.

Tudo se me escureceu em torno e pareceu-me que as sombras se agitavam, numa conspiração universal contra mim... Onde houver claridade, converta-se em fraca luz de crepúsculo, para que as coisas se tornem indefinidas e possamos gerar nossos fantasmas. Seria uma fórmula para nos conciliarmos com o mundo. (ANJOS, 2012)

Posta aos serviços das suas reivindicações, das suas agressividades, dura, implacável, esboça ela um universo de “choque” sobre ruínas da preguiça mental que todo o academismo representa. É um teatro de tensão. Pelo combate que instaura entre os elementos da visão, manifesta brutalidade poderosa, irresistível com seus apetites e sua vontade, veementemente apaixonada da alma. Converte a luz numa linguagem vinda da alma e que a alma se dirige. (HUYGHE, 1955)

Para uma análise de qualquer objeto deve-se considerar que o que constitui o núcleo de criação artística não é sua constituição técnica, mas a sua natureza expressiva. “A criação artística é um ato basicamente individual e subjetivo, de determinados aspectos da realidade constituindo apenas um meio para a elaboração de uma determinada experiência estética, que é intuitiva, emocional e sensível, ao mesmo tempo.” (SUBIRATS, 1988)

A fachada de San Carlindo (fig. 2.3) reage com a luz e a usa para aumentar o seu poder expressivo. As curvas, os ângulos vivos, as saliências, as bruscas interrupções, o jogo de côncavos e convexos imprimem em cada ponto um acento luminoso particular que o distingue dos demais. Para obter uma maior riqueza neste efeito, o arquiteto evita o ângulo frontal de insolação que tornaria homogênea a distribuição de luz na fachada. As estruturas são, então, dispostas obliquamente, de modo a favorecer a incidência rasante de raios luminosos e a produção de fortes contrastes de luz e sombra... (BRANDÃO, 1991)



FIGURA 2.3
Fonte: SAN CARLINDO, 2014

A celebração da luz tem como linguagem a espiritualização do espaço, a transcendência, o espaço da admiração. A utilização, voluntária ou involuntária, da luz como elemento de composição gera uma leitura do espaço com um dinamismo exarcebado, uma vez que proporcionará, a cada ponto de vista, uma leitura única e personalizada.

Seria, então, somente a luz responsável por divulgar a mensagem do edifício e seduzir o observador? Já é sabido que os fortes contrastes dramatizam o espaço e aumentam o poder expressivo da parede, contudo verifica-se também que a composição e distribuição dos elementos na fachada de San Carlino são unificados pelo tema que parece regê-la: a sensação de se olhar para cima, no centro do frontispício. Este é o espírito que sistematiza o jogo da luz e a relação entre os elementos que se interpenetram um nos outros de tal forma que não

podem ser decompostos em módulos como ocorria na composição renascentista. Sem perder esta unidade, a fachada progride e regride, através de nichos e elementos salientes, num equilíbrio dinâmico feito de tensões e contraposições. Como uma onda, as partes convexas induzem as partes côncavas e vice-versa, alterando-se numa cadeia de nexos que convergem no ponto central onde nada pode ser destacado sem que se perca esta justaposição pulsante que percorre o edifício.

“Assim, cada forma, espaço ou detalhe solicitam uma atenção específica e tem um conteúdo, uma personalidade e uma expressividade própria que mantém com o todo uma “harmonia dissonância”. Além disto, os côncavos e convexos da superfície, a composição e a inter-relação das formas fazem com que os nichos, reentrâncias e detalhes ocultem-se uns aos outros, não permitindo nunca que a obra se revele inteira de uma só visada, propondo-a mais como um mistério a ser investigado do que como algo acabado.

Em cada perspectiva algo se oferece, muda também o universo e o interesse visual. O espectador torna-se ativo, participante, e a obra não só favorece seu movimento, mas depende dele para revelar sua riqueza, a sua beleza – completamente diferente da beleza clássica ou do ideal formal de Bernini. O que interessa ao edifício borroniniano é oferecer-se à experiência, humana e limitada, do espaço vivido.

As variações de luz do claro ao escuro funcionam como um processo de estimulação, induzindo o surgimento do processo de significação do espaço arquitetônico, fazendo com que o aspecto comunicacional prevaleça sobre o aspecto funcional. As sombras projetadas são de uma negritude incrível perto da infinidade de cinzas. Estas sombras criam um contraste que faz com que se possa perceber todos os seus elementos. As saliências se deformam, crescem para o lado como se rebelando, anormais.

2.2 A luz da cidade e o patrimônio

“Eu saio para encontrar as pessoas”

“À noite, fala-se mais facilmente”

“Eu adoro sair, ver gente”

“A gente sai para se divertir, mas também para ser visto”

(MOLES, 1972)

A vida noturna tem um papel fundamental neste fascínio exercido pela cidade grande sobre as pessoas. Segundo Moles (1972) são duas as atitudes que o homem pode tomar a respeito da

oposição do diurno e do noturno. Uma é aceitar esta dualidade, estudando suas formas e reforçando-as, construindo o dia e a noite cheios de cor ambiental e edificando com isto um mundo de alternância. A outra é recusá-los, tentando minimizar suas diferenças. A noite tenta imitar o dia e, numa sequência contínua de atividades, não se distingue muito bem o diurno do noturno no mundo do dia perpétuo. Na verdade, ambas as idéias estão concretizadas no espaço das cidades, deixando para o campo a oposição natural básica da vida diurna e do repouso absoluto. É a cidade que não pode parar. São as luzes da cidade o sinal de que é ali o lugar onde tudo acontece. O lugar dos negócios sim, mas principalmente o lugar da festa.

Mas qual será o papel da iluminação urbana? Aproximar a cidade do seu modelo diurno, atenuando as diferenças criadas pela noite? Ou reconhecer a existência de paisagens diurnas e paisagens noturnas, explorar suas especificações e seus valores, em favor de uma riqueza alternante de cenários? A realidade econômica e tecnológica brasileira por si só já nos afasta do mito da cidade iluminada como se fosse dia. Mas ainda assim cabe uma reflexão: será que se está utilizando adequadamente os recursos técnicos, financeiros e outros, empregados na iluminação dos centros urbanos? Qual seriam as características de uma iluminação urbana que, associada a outros fatores, resultasse numa contribuição para a melhoria na qualidade de vida das cidades?

Antes, porém, de tentar delinear alguns parâmetros de um modelo de iluminação urbana, deve-se lembrar que o conceito de qualidade de vida aqui em questão é muito mais amplo que a não poluição do meio ambiente. Uma abordagem mais ampla das potencialidades da iluminação estará contribuindo para uma ambiência urbana mais rica e estimulante, para o maior conforto e segurança dos cidadãos. Normalmente a ausência de uma política de iluminação urbana nas cidades faz com que as funções primordiais da iluminação sejam reduzidas às suas necessidades mais básicas, definidas segundo critérios técnicos pouco abrangentes. Somado à ausência de controle dos abusos na emissão de mensagem publicitária resulta numa imagem urbana caótica que só à distância pode ser admirada como um espetáculo. Como se bastasse às metrópoles serem observadas do alto e de longe, escondendo assim suas mazelas, mas também suas particularidades.

Neste contexto são excepcionais, e muitas vezes acidentais, os casos em que efeitos luminosos são utilizados como um instrumento de construção de uma ambiência noturna mais diversificada. Por meio destes exemplos pode se ilustrar algumas das funções mais abrangentes da iluminação urbana.

A definição de um espaço visual, em sua forma e em sua grandeza, proporciona ao cidadão uma sensação de reconhecimento, de definição de uma ambiência luminosa. Iluminar de forma diferenciada a diretriz de uma avenida, criar manchas luminosas mais ou menos homogêneas em áreas residenciais, preservar a iluminação difusa original de praças ou marcos pontuais como pontes, viadutos, são estratégias que denotam a caracterização de espaços visuais diferenciados, que podem ser mais amplamente utilizados.

O estabelecimento de referências urbanas com a iluminação diferenciada de edificações e monumentos define, em seu conjunto, o espaço imaginário ou, como define Moles (1972), os mapas mentais da cidade. A iluminação especial de edifícios da Estação Ferroviária, do Museu de Mineralogia, do Pirulito da Praça Sete, do Conjunto da Pampulha, todos em Belo Horizonte, são exemplos que se enquadram nesta categoria.

Mas esta função de balizagem não restringe à valorização dos marcos da paisagem urbana. Ela se estende a todas as fontes luminosas, dos semáforos à claridade que vaza do interior dos edifícios. Ela confere ao cidadão o constante posicionamento de suas atitudes, de seus deslocamentos no espaço da cidade, do simbólico à *práxis* urbana.

A iluminação urbana é também utilizada como forma de dissuadir a agressão, aumentando o campo visual e possibilitando a avaliação recíproca dos passantes. Esta função de segurança da iluminação urbana orienta também os deslocamentos dos veículos que participam em outra escala e velocidade da dinâmica noturna da cidade.

Também a iluminação implantada com este objetivo deve ser mais bem compatibilizada com outros elementos que compõem o espaço urbano como a arborização, a localização de equipamentos e do mobiliário urbano, com as exigências de melhor identificação das interseções perigosas no trânsito.

A comunicação visual (luminosos, vitrines, publicidade), deve ser disciplinada a partir de critérios que considerem o meio em que se insere, que respeitem o patrimônio urbano e seu entorno, que favoreça a harmonia do conjunto, preservando a diversidade que lhe é peculiar.

Mas a iluminação pode ser também promovida como a protagonista deste espetáculo urbano, utilizada com o objetivo de proporcionar um prazer estético independente. É o caso dos espetáculos de luz e som, da tradicional iluminação natalina, dos recursos luminosos empregados na decoração de festas populares.

Conscientes de que a paisagem urbana noturna é composta de cores, formas, sombras e reflexos, que se comportam de maneira particular, o especialista e os responsáveis pela iluminação urbana podem tirar partido destas diferenças e, além de satisfazer às exigências dos índices de iluminamento, proporcionar ao cidadão urbano uma experiência sensitiva muito mais rica. Assim sendo, as luzes da cidade significarão sempre muito mais do que apenas uma luz no fundo do túnel.

Uma boa iluminação pode trazer vida a um ambiente jamais explorado, além de potencializar o turismo e prover segurança aos trabalhadores dos espaços. A iluminação de marcos urbanos estabelece novas perspectivas para os cenários recriando ambiências e redefinindo hierarquias na paisagem. Ao contrário da luz do sol, que tudo ilumina igualmente, a iluminação artificial produz destaques pontuais, o que obriga a ordenar e estabelecer coerência ao definir um programa de iluminação de monumentos urbanos.

O conceito norte-americano, denominado *City Beautification*, aplica-se à iluminação, especialmente como chamariz para o turismo, o comércio, o lazer, destacando isoladamente monumentos históricos e emblemáticos e, desta forma, ajuda a preservar o patrimônio histórico.

Em contrapartida o *L'Urbanisme Lumière*, olhar francês da iluminação urbana, tem como principal objetivo atender às necessidades e anseios dos cidadãos. Assim, o *L'Urbanisme Lumière* prevê o planejamento da iluminação das cidades como um todo, ressaltando sua morfologia, seus bens mais importantes, criando-se assim, uma nova paisagem para a cidade no período noturno.

Estes são, hoje, os dois principais modos de estruturação da iluminação pública no mundo e apesar de serem distintos não se confrontam. O *City Beautification*, ou o embelezamento da cidade, é uma parte do *L'Urbanisme Lumière*. Deve-se considerar portanto, as oito funções da iluminação na cidade, quais sejam: a criação do ambiente, a valorização, a psicomotora, o balizamento, a promoção visual, a segurança, o espetáculo e o lazer. Com o embelezamento da cidade, contempla-se assim uma importante função do complexo conjunto de sistemas de iluminação que a qualificam.

“Nos casos em que uma restauração pareça indispensável devido à deterioração ou destruição, a conferência recomenda que se respeite a obra histórica e artística do passado, sem prejudicar o estilo de nenhuma época”. “Em certos conjuntos, algumas perspectivas particularmente pitorescas devem ser preservadas.” (BRANDI, 1988).

Recriar a ambientação de uma determinada época, revelar a força da história de um edifício ou de um elemento urbanístico ou, ao contrário realçar a ousadia de um desenho arquitetônico contemporâneo, seja qual for a finalidade do projeto, quando se trata de iluminação urbana, o que inclui fachadas e monumentos, algumas premissas são inerentes a todas. A principal delas é sem dúvida seguir a proposta da arquitetura. Algo que muitos esquecem é que a luz é uma ferramenta usada para atingir um determinado objetivo conceitual. Antes de qualquer solução de iluminação deve-se observar a hierarquia existente entre os diversos elementos da composição arquitetônica, sua forma e a sua relação com o entorno.

Para uma boa iluminação deve-se estabelecer uma relação de iluminâncias, níveis de contrastes e temperatura de cor. Demasiados contrastes em determinadas áreas criam sensação sombria, iluminância exagerada que provoca o ofuscamento. A falta de equilíbrio entre estes critérios leva a um resultado que dificilmente promova o uso do espaço no período noturno. Outro aspecto que deve ser considerado é a eficiência dos equipamentos de iluminação que devem apresentar boa eficiência energética. Quanto ao uso de iluminação colorida deve-se tomar cuidado para não criar imagens irreais. O uso com parcimônia deve-se restringir em pontes, viadutos, torres e fachadas não históricas.

3 A LUZ NA ARQUITETURA

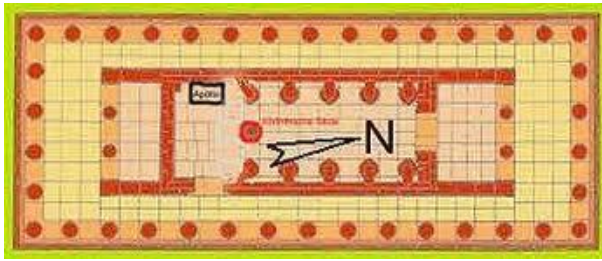
3.1 A importância do uso da luz natural

A luz fascina o homem na percepção do espaço desde épocas pré-históricas e a busca na iluminação, de seus efeitos, benefícios e controle são bem anteriores aos conhecimentos científicos de hoje. Desde o aparecimento do fogo, passando pelos diversos combustíveis e culminando com a lâmpada elétrica, quando a evolução tornou-se mais acentuada, todo projeto e instalação de iluminação, natural ou artificial, dependia da experiência do projetista, de fórmulas desenvolvidas com o passar do tempo e grande parcela de confiança nos efeitos desejados e esperados do resultado final. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

A luz diurna foi usada de diversas maneiras no tempo e no espaço, de acordo com a finalidade a que se destinava o edifício e as características do meio ambiente em que estava inserido, tanto na arquitetura doméstica como na simbólica. O meio ambiente constituiu um fator de maior peso na arquitetura espontânea que na erudita, onde outros fatores além do conforto ambiental intervêm de maneira mais significativa.

Os egípcios em seus templos usavam iluminação bilateral indireta, através de grelhas colocadas sobre suas galerias apostilares, sendo que, as janelas reduziam-se a estreitas aberturas não só para impedir a entrada excessiva do calor, mas também por razões religiosas, talvez muito parecidas à da arquitetura sacra de todos os templos, onde o ambiente místico com pouca iluminação é comum.

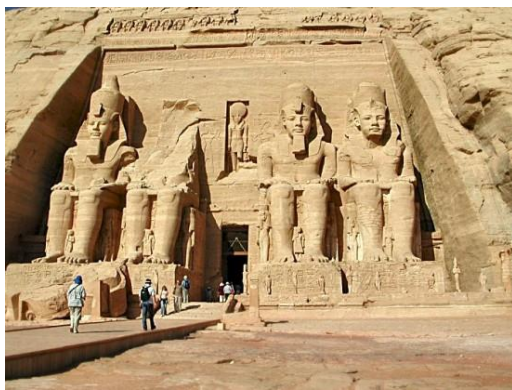
O uso dramático da luz foi empregado já entre os egípcios em 1290 a.C., em Abu Simbel. (FIG 3.1) O eixo do tempo se orienta para o ponto onde o sol se levanta no equinócio, de modo que seus raios, no início do dia, penetram no santuário e por instantes iluminam com uma luz misteriosa as estátuas dos deuses ali encerrados. Da mesma forma os gregos, no século V a.C., orientaram de tal forma que o templo em Bassae, na Arcádia, situado no alto de uma colina visível de todos os pontos ao longe, ao primeiro raio de sol, brilhava sobre a estátua de Apolo que ali se encontrava.



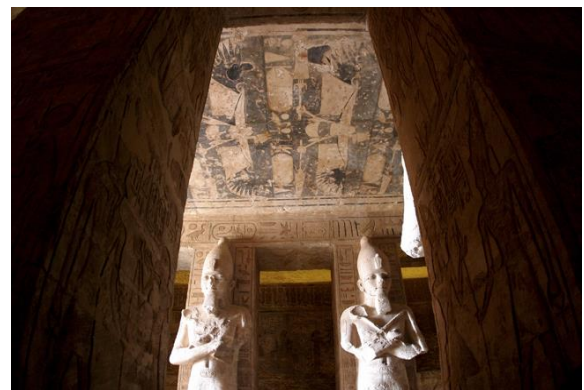
(a)



(b)



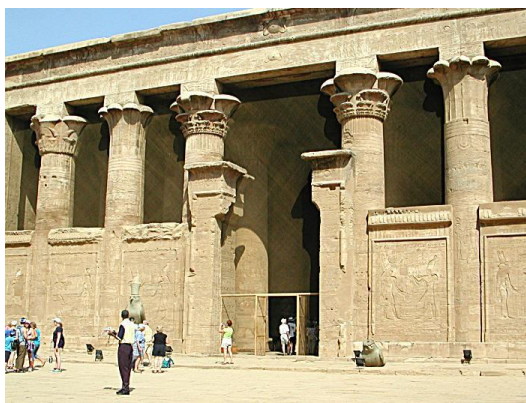
(c)



(d)

FIGURA 3.1 Templo de Abu Simbel (a) Planta, (b, c) vista externa, (d) vista interna.
 Fonte: CIVILIZAÇÃO EGÍPCIA, 2012.

Nas regiões onde a luminosidade é intensa, foram usados os jogos de luz e sombra nos volumes da fachada, marcando o ritmo e os fortes contrastes como meio de valorizar a composição. Além dos volumes simples, sublinhados por uma abóbada de alta luminosidade, utiliza-se ainda um tratamento de superfície como nos baixos-relevos do monumental templo de Horus, em Edfu, no Egito e nas decorativas saliências dos edifícios de barro da Nigéria (FIG. 3.2).



(a)



(b)

FIGURA 3.2 - Templo de Horus Em Edfu – Egito (a) Casa de barro na Nigéria(b)
 Fonte: TEMPLO HORUS, 2012 ARQUITETURA NIGÉRIA, 2012

3.2 A evolução da luz por períodos

3.2.1 Período Grego 700-146 a.C.

Neste período dava-se ênfase na estátua do deus ou deusa para quem o templo era dedicado. A luz era obtida de aberturas no teto usualmente sobre a estátua, ou de aberturas no clerestório (parte superior da nave, transeptos e coro de uma igreja, com uma série de janelas ou vitrês, acima dos telhados das naves laterais ou trifório, e que forma a fonte principal de luz para a parte central do prédio) como se vê na FIG. 3.3, ou através de portas. Os templos eram usualmente orientados para que a luz do sol poente atingisse em massa a estátua. A direção da luz incidente era frequentemente originária dos altos ângulos oblíquos (FIG 3.4).

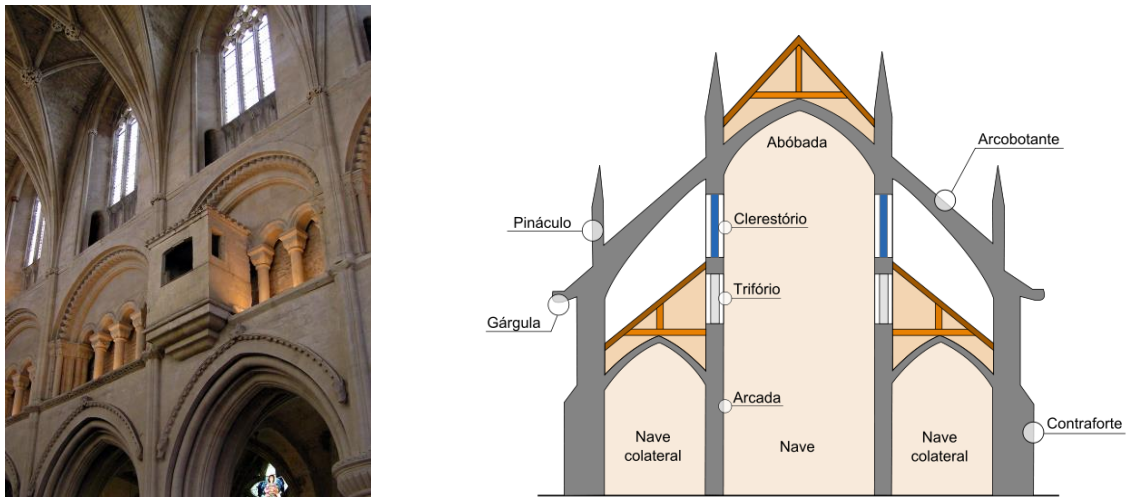


FIGURA 3.3 - Exemplo de Clerestório
Abadia de Malmesbury. Inglaterra
Fonte: CLERESTÓRIO, 2011.



FIGURA 3.4 Arquitetura Grega.Parthenon.
Fonte:ARQUITETURA GRÉCIA, 2011.

Ainda entre os gregos os pequenos templos, quando necessário, deixavam entrar a luz por uma grande porta, ou ela era filtrada por placas de mármore translúcidas colocadas no teto; as sombras projetadas pelas colunas externas davam vida e ritmo dinâmico à fachada sem janelas.

Já na arquitetura espontânea ou doméstica do Egito e Oriente Próximo, o uso de janelas nos templos remotos dependia da situação social do habitante. As casas de barro eram iluminadas por buracos nas paredes e as mais abastadas pelas aberturas tipo grelha, como nos grandes templos.

Na Arquitetura da era minoica, em Creta, tanto a residencial como a monumental, as janelas quadradas e retangulares eram da mesma dimensão e quantidades das modernas construções residenciais. Possuíam também aberturas ou canos de chaminé para iluminação nos corredores, vestíbulos e escadas (FIG. 3.5).

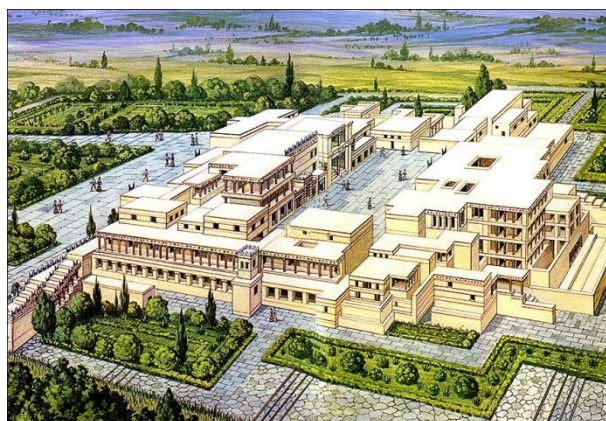


FIGURA 3.5 - Exemplo de Arquitetura da era minoica em Creta
Fonte: ARQUITETURA EM CRETA, 2012.

Na época helenística, a iluminação nos quartos dos habitantes mais ricos era feita por pequenas aberturas ou pelas portas que davam para o pátio interno; as fachadas externas voltadas para a rua eram sem janelas, provavelmente para evitar o barulho e a poeira da rua e ainda para manter a privacidade dos moradores.

3.2.2 Período Romano 146 a.C. a 365 d.C.

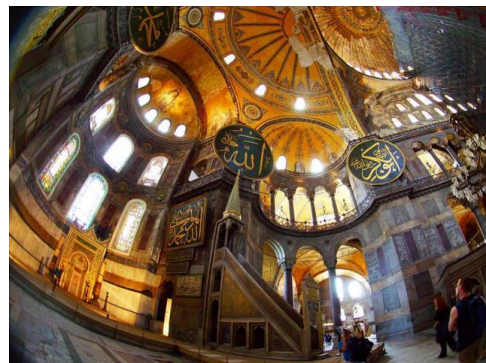
Os Romanos usavam extensivamente as janelas. Eles obtinham a luz através de cleristórios, aberturas no centro dos dômus ou janelas na base dos dômus. A direção da luz incidente era frequentemente de cima, em ângulos oblíquos. A luz era usada para acentuar a decoração

elaborada e as proporções majestosas dos interiores. Em Roma os apartamentos onde as janelas se voltavam para as ruas possuíam vidros apesar da má qualidade do material e do clima bastante ameno.

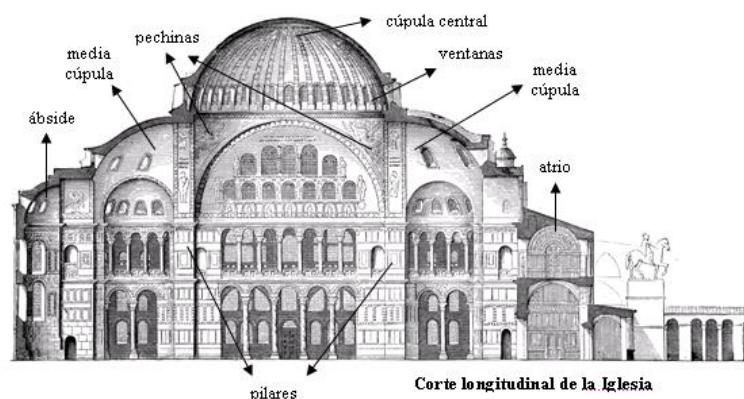
O grande controle da luz natural no espaço construído por arquitetos da época é sem dúvida o de Santa Sofia, em Constantinopla (FIG. 3.6), construída para o imperador Justiniano e cujas aberturas criam um rico e luminoso espaço interno. Esta influência bizantina, mais tarde se expandiu para o Ocidente onde foi construído, nos mesmos moldes, São Marcos em Veneza.



(a)



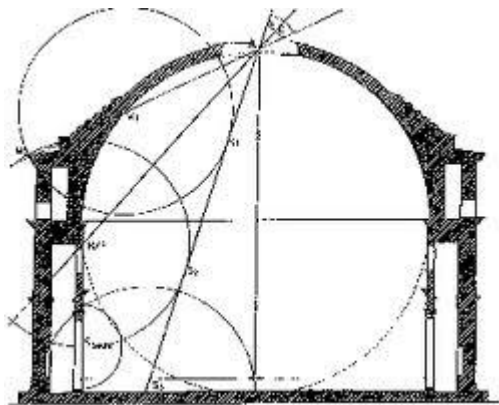
(b)



(c)

FIGURA 3.6 - Santa Sofia – Constantinopla
Fonte: SANTA SOFIA, 2011.

Os maiores monumentos romanos foram construídos cerca de 150 d.C., como o Panteon de Roma (FIG. 3.7), cuja cúpula apresenta uma abertura central por onde a luz solar penetra, projetando-se no seu interior como um feixe de luz concentrado, que se desloca com o passar das horas.



(a)



(b)

FIGURA 3.7 - Panteão de Roma
Fonte: PANTEÃO ROMA, 2011.

3.2.3 Período Páleo-Cristão 300-900 d.C.

A iluminação oblíqua dos ângulos superiores era obtida através dos cleristórios e aberturas de janelas; usualmente pequena ênfase no altar, obtida tanto pela perspectiva da colunata quanto pela perspectiva convergente das janelas nos cleritórios. Mosaicos vitrificados, refletindo a luz, eram frequentemente usados para o altar elevado (FIG. 3.8).



(a)



(b)

FIGURA 3.8 - S. Apollinare in Classe

Mausoléu cruciforme

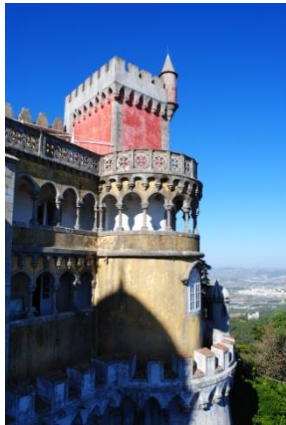
Fonte: PÁLEO-CRISTÃO, 2012.

3.2.4 Período Bizantino 324 dC.

A iluminação dos ângulos altos era obtida através de janelas na base do dômus. Os dômus eram altamente iluminados procedendo como enorme refletor. Vidros pequenos e translúcidos guarneciam as janelas provendo claridade e somando cor ao interior. Mosaicos brilhantes refletiam o brilho com numerosas sub-reflexões.

3.2.5 Período Romântico 800-1200 d.C.

O efeito solenidade e vastidão eram produzidos pelo contraste entre grandes espaços de paredes e pequenas janelas. Tais janelas, isoladas ou agrupadas, possibilitam a penetração de raios de luz através dos cleristórios (FIG. 3.9).



(a)



(b)

FIGURA 3.9 - Palácio da Pena - Sintra - Espanha
Fonte: CASTANHEIRA 2011.

Na arquitetura muçulmana usa-se a iluminação filtrada pelos delicados arabescos das janelas e o ritmo das colunatas com seu jogo de luz e sombras. No palácio de Alhambra, em Granada, século XVI (FIG. 3.10), a profundidade das arcadas determina uma rica combinação de luz e sombras, ganhando maior variedade pelos arabescos e entalhes profundos.



(a)



(b)

FIGURA 3.10 - Palácio de Alhambra – Granada - Espanha
Fonte: ALHAMBRA, 2011.

3.2.6 Período Gótico 1200- 1500 d. C.

O estilo, com seu esqueleto de pedra, deu a possibilidade que as paredes fossem parcialmente abolidas, dando lugar a generosas janelas e vitrais, como, praticamente, uma gaiola de vidro. As janelas circulares das igrejas medievais, denominadas óculos ou olho, desenvolveram-se até chegar às magníficas rosetas com vitrais coloridos, e os arcos pontudos permitiram a colocação de grandes janelas sem abalar a estrutura do edifício. Nas igrejas o efeito solene era produzido pela galeria com tetos obscuramente iluminados onde amplos raios de luz penetravam pelos vitrais. Nos castelos e solares, janelas amplas, que jamais tinham sido usadas antes na arquitetura doméstica, tornaram-se voga. O surgimento da grande janela gótica no norte da Europa se prende ainda a dois fatores: ao clima com abóbada celeste menos luminosa onde é bem vinda maior penetração da luz solar e aos progressos técnicos alcançados na fabricação do vidro, cujo alto custo no início limitava ainda seu uso a igrejas, protegendo contra a chuva e o vento. Aos poucos o vidro colorido foi adquirindo matizes mais pálidos até que no gótico tardio foi usado vidro incolor (FIG. 13.11).

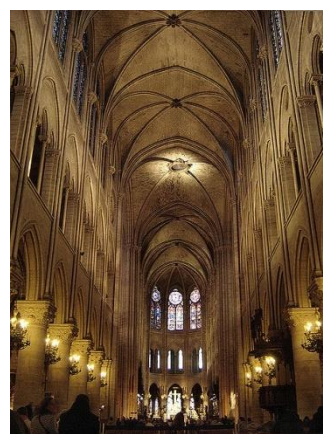
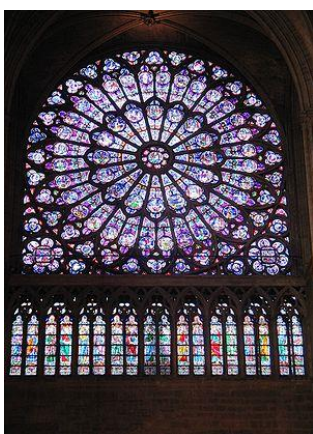


FIGURA 3.11- Notre Dame de Paris- França
Fonte: NOTRE DAME, 2011.

3.2.7 Período Renascença 1500- 1700 d.C.

Os efeitos de iluminação tornam-se mais numerosos para combinar com diferentes tipos de edifícios. Conta-se com dômus que eram apoiados por cilindros e vazados por amplas janelas. O domo iluminado do período Bizantino era revivido e aperfeiçoado. A direção da luz incidente era ainda principalmente de cima, embora janelas diminutas também fossem ampliadas. Janelas tornam-se mais numerosas e busca-se mais luz do que antes. Na renascença, a revalorização da antiguidade grego-romana, com o renovado interesse pelas

formas clássicas, levou à volta da parede autoportante, valorizada pelas janelas dimensionadas segundo as leis da lógica e da escala humana, em contraste com a arquitetura gótica onde a janela era resultado de uma estrutura orgânica. Coincidindo com a chegada dos fabricantes de vidro na França e na Itália, a renascença influenciou tremendamente as formas e dimensões das janelas tanto sob o aspecto estético quanto funcional (FIG.3.12). Aplica-se, dessa forma, o tratamento dado à luz no exterior (contraste, ritmo, dinamismo) para a decoração dos interiores. A luz que chega das janelas tem direções, quantidades e qualidades completamente diferentes da luz exterior.



(a)



(b)

FIGURA 3.12 – Exemplos do período da Renascença: Vila Médici - Giuliano da Sangallo(a) Hospedaria dos inocentes – Brunelleschi (b)

Fonte: RENASCIMENTO, 2011.

3.2.8 Período Barroco 1700 -1800 d. C.

Na época Barroca, da mesma forma que na Grécia antiga, através da sombra projetada pelas colunas, o jogo de luz e sombras foi um dos grandes fatores dramáticos utilizados pela arquitetura, atingindo assim efeitos teatrais como na coluna de Bernini para o altar da Igreja de São Pedro, ou na galeria de espelhos de Versailles (FIG. 3.13).



(a)



(b)

FIGURA 3.13 – Palácio de Versailles- França
Fonte:VERSAILLES, 2011.

3.2.9 Período Final Século XVIII

No fim do século XVIII, o surgimento do vidro plano transparente juntamente com o desenvolvimento do aço, proporcionou a construção de edifícios do tipo Palácio de Cristal em Londres (FIG. 3.14). Tirou-se o máximo proveito do clima com fraca radiação solar, fazendo com que se produzisse o efeito estufa, o que favoreceu até mesmo o cultivo de plantas exóticas em pleno inverno europeu. As estruturas de ferro permitiram, na arquitetura do fim do século XIX, a maior ênfase e a ordenação dada aos vidros nos edifícios comerciais da época. (MASCARÓ, 1989)

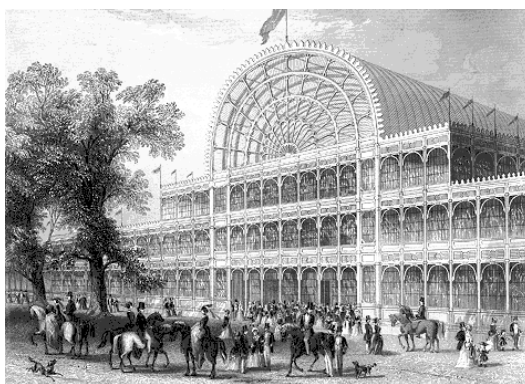


FIGURA 3.14– Palácio de Cristal- Londres
Fonte: PALACIO DE CRISTAL, 2012.

3.2.10 Período Moderno (século XX)

A iluminação elétrica agora é reconhecida como um recurso arquitetônico. Modernos sistemas de iluminação variam do *lay out* com pontos localizados com simetria matemática ao sistema decorativo com fontes de luz em arcadas, colunas, painéis, cornijas, sancas, urnas, nichos. As luminárias diferem largamente em design e em material.

O desenvolvimento do concreto no século XX e seu emprego nas grandes edificações arquitetônicas de indústria e comércio, levou a uma nova configuração das janelas que se multiplicaram e cresceram numa sucessão vertiginosa e eclética de estilos, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos. Com a estrutura aparente, as janelas ficavam subordinadas ao espaçamento e proporção imposta. Já no estilo internacional, as janelas tornam-se elementos integrados aos planos da edificação e não mais meros buracos na parede.

O movimento moderno na arquitetura exprimiu uma ênfase no racional, sendo a sua ruptura com o passado vista como uma restauração da identidade essencial da arquitetura. A arquitetura moderna seria a expressão, em diferentes níveis, do princípio da unidade e do

significado da essência, expresso por meio do funcionalismo e das formas abstratas e lineares, livres de ornamentos, “libertando-se de toda noção preconcebida de espaço, inventando um espaço novo, tornando-se um instrumento, uma máquina um meio de produção.” (ARGAN, 1970)

Após a Segunda Guerra Mundial, nota-se que o modernismo adquiriu vida nova, principalmente nos Estados Unidos, “onde a estética do movimento moderno, polida, mecânica e sem ornamentos, voltou-se para tecnologias como as estruturas de aço e as paredes de vidro para produzir arranha-céus, prédios de escritórios e centros comerciais a um preço viável.” (GHIRARDO, 1996)

A partir da década de 1950, essa arquitetura disseminou-se rapidamente e tornou-se a expressão do capitalismo empresarial em diversas partes do mundo. O distanciamento da natureza, a opção por materiais artificiais tais como vidro e metais fizeram com que a torre de vidro fosse considerada um ícone da nova arquitetura.

Vários arquitetos, com suas obras, exploram as aberturas mais originais, dando à arquitetura, ambientes internos mais expressivos. A Capela de *Ronchamp*, de Le Corbusier (FIG. 3.15), construída entre 1950/55; o famoso terminal da TWA no aeroporto JFK, construído entre 1956/62 em Nova York, sugerindo um pássaro (a águia americana) e o vôo do avião (exemplo de zoomorfismo) numa reação à arquitetura moderna racionalista (FIG. 3.16); o edifício residencial, em Chicago, *Lake Shore Drive*; apartamentos de Mies Van Der Rohe; a catedral católica de Tóquio, de Kenzo Tange e, entre outros exemplos, a capela de São Francisco de Assis, de Oscar Niemayer, em Belo Horizonte (FIG. 3.17).



(a)



(b)

FIGURA 3.15 – Igreja de Ronchamp – Suíça.
Fonte: RONCHAMP, 2011.



FIGURA 3.16 – Terminal aéreo TWA – Aeroporto JFK - Nova York 1956-62- Arquiteto Eero Saarinen
Fonte: AEROPORTO JFK, 2011.



FIGURA 3.17– Igreja de São Francisco – Pampulha – BH- Brasil
Fonte: IGREJA DE SÃO FRANCISCO, 2011.

Em meados da década de 1960, iniciou-se uma reação contra a postura severa e prescritiva dos mestres modernistas, que privou a arquitetura moderna do principal instrumento de compreensão popular – a referência à memória coletiva. A partir deste momento, “a arquitetura passa a expressar uma linguagem da metáfora, do símbolo, da capacidade de plasmar-se não só sobre as ideias abstratas, mas sobre o gosto e a sensibilidade das pessoas, e não só para aceitar, mas também para criticar e discordar.” (PORTOGHESI, 1982)

Nas décadas de 1930 a 1960 muitos arquitetos brasileiros começam a demonstrar certa preocupação com as questões relacionadas ao uso da luz natural nos seus projetos. Essa preocupação está presente em projetos tais como: do edifício do Ministério da Educação e Cultura, no Rio de Janeiro, com o tratamento de *brises* nas fachadas mais castigadas pelo sol; do Edifício do conjunto Pedregulho, de Affonso Eduardo Reidy; o Parque Eduardo Guinle, de Lúcio Costa, no Rio de Janeiro e no Edifício Copan, em São Paulo, de Oscar Niemayer. (FIG. 3.18)

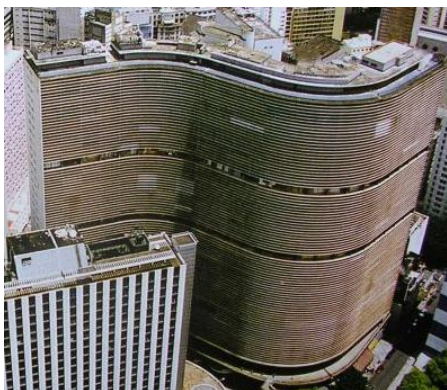


FIGURA 3.18 – Edifício Copan - São Paulo
Fonte: COPAN, 2011.

A partir da segunda metade do século XX, o avanço tecnológico nas áreas de iluminação artificial e o condicionamento de ar possibilitou ao homem moderno estabelecer um controle sobre o espaço construído independente das condições ambientais externas. Especialmente na questão iluminação, a lâmpada elétrica passou a ser vista como a principal fonte de luz para uso nas edificações. Com isso, o aproveitamento da luz natural perdeu espaço. Porém, nas últimas décadas, diversos fatores ligados a questões econômicas e sociais em nível mundial têm trazido novamente à tona a importância de considerações ligadas à luz natural durante os projetos arquitetônico e luminotécnico.

Dentre estes fatores, pode-se destacar principalmente a questão do aumento do custo da energia e a preocupação ambiental associada aos impactos da produção de energia. Além destes, também as preocupações com as condições humanas relativas ao conforto e saúde do usuário se tornaram relevantes. Atualmente muitos esforços de pesquisas em todo o mundo têm sido realizados, até mesmo em âmbito de cooperação internacional, buscando assim maneiras para melhor compreender e aplicar a luz natural nas edificações, bem como avaliar o seu potencial de aproveitamento.

O *Daylight Autonomy* (DA) ou autonomia da luz natural define uma porcentagem das horas ocupadas por ano, nas quais um nível mínimo de iluminância deve ser mantido apenas pela iluminação natural. O aproveitamento da luz natural é realizado a partir da integração com a iluminação artificial por meio do uso de sistemas de controle liga/desliga e dimerizável (MATOS *et al.*, 2007)

Observando a arquitetura de hoje pode-se perceber a carência de projetos que contemplem de maneira eficiente o aproveitamento dos benefícios da luz natural. Evidências apontam como

uma justificativa deste fato à falta de conhecimento de profissionais com relação ao entendimento e domínio do fenômeno da iluminação. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

A luz do dia assume importância relacional na arquitetura e apenas quando o projetista compreende as intenções de um edifício com relação à iluminação natural é que poderá reproduzir e aperfeiçoar tais estratégias.

O átrio é hoje um elemento arquitetônico organizador de espaços e condutor de iluminação, presente normalmente em prédios comerciais (*Shopping Center*) e institucionais (escolas e faculdades), percebido por seus ocupantes como local de circulação e estar. O que se nota, é que o átrio de nossos dias tem muito pouca relação com o meio ambiente natural, comparando-se com o átrio de antigamente. Pode-se dizer que sua função de integração entre o espaço de dentro e o de fora, por meio da condução da luz e ventilação naturais, deixa muito a desejar em relação à sua *performance* antes do apogeu da iluminação artificial. (POGERE; PEREIRA, 1999)

Pátio e átrio, historicamente eram semelhantes quanto ao espaço físico, o nome variava conforme a cultura e algumas vezes de acordo com a função. Na civilização grega, as primeiras manifestações de espaços ao ar livre, incorporados pelo meio ambiente construído, já recebiam nomes diferenciados, de acordo com suas características arquitetônicas e de uso. Arena era o nome designado a espaços centrais em anfiteatros e estádios de jogos ao ar livre e *Ágora* era um espaço rodeado por prédios, usada para assembleias públicas e comércio.

Nas residências, a relação interior x exterior era feita por meio do pátio, inicialmente localizado na parte frontal da casa. Pela influência oriental, a habitação grega, passou a ter o pátio na parte central, com os ambientes de estar abrindo-se para este espaço ao ar livre, que também funcionava como circulação entre pavimentos e acesso à rua.

Na cultura etrusca, o centro da casa era ocupado pelo átrio, um espaço semicoberto, pois todas as águas do telhado convergiam nele; destinava-se à exaustão da fumaça, coleta de água e iluminação dos ambientes desejados. Os romanos incorporam os dois elementos, átrio etrusco e pátio grego, que eram tratados de maneira distinta, atendendo ao verão e ao inverno. A comunicação entre os dois permitia a circulação de ar nos ambientes internos. (POGERE; PEREIRA, 1999)

O conhecimento dos efeitos de um átrio como condutor de luz natural para dentro de espaços fechados, torna possível trabalhar este elemento, a fim de aperfeiçoar suas possibilidades quanto à iluminação natural. Enquanto o perímetro externo de um edifício é afetado

diretamente por todos os tipos de situações climáticas, sol, chuva, vento, barulho, poluição, o átrio, é um meio ambiente protegido, relacionando-se com o interior de maneira suave, recebendo e transmitindo luz, sol, ventilação numa proporção aproximada do desejável.

O espaço arquitetônico é definido pela composição e jogos de força de elementos, em que o caráter de um lugar natural ou artificial está determinado por sua articulação formal e se define por meio de expressões como clausura, abertura, amplitude, limitação, obscuridade, iluminação, entre outras qualidades que dependem da modelação plástica, da proporção, do ritmo, da escala, das dimensões, dos materiais e cores. Isso leva a acreditar que dentre os elementos que são importantes para a definição da arquitetura, destaca-se a luz natural.

3.3 O uso da luz natural e artificial na arquitetura atual

Todo o século XX foi dominado pela idéia de produção de energia. A expansão da energia elétrica, gerando espaços e cidades iluminadas durante a noite, provocou uma transformação radical dos modos de vida e das condições de trabalho. Ao longo do final do século, com a consciência da centralidade do conceito de energia, os fluxos energéticos foram interpretados como integrantes da atividade humana à própria constituição do universo. (MONTANER, 2002)

Não há percepção que não ative uma rede de conceitos que procure dar sentido àquilo que é percebido, mesmo que nunca tenha caído sob os olhos. Aprender espiritualmente algo é por definição de conceito um instrumento mental que serve para se pensar as diversas realidades, representando-as no espírito. As diferentes formas de manifestação da tecnologia tanto no processo de concepção arquitetônica, como também na própria arquitetura contemporânea aproximam-se inicialmente, da fragmentação da produção arquitetônica na atualidade no sentido de evidenciar as diferentes ênfases dadas aos aspectos intrínsecos ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, tais como o programa, a técnica e o lugar, como também ao aspecto externo ao problema de projeto, vinculado à organização entre as partes do todo compositivo, ou seja, à estrutura formal. A complexidade da passagem do todo conceitual para o todo construído, utilizando como bibliografia de referência caracteriza, portanto, pela complexidade da escolha e da ênfase dadas aos elementos de arquitetura (MAHFUZ, 1995).

Outra questão a ser considerada diz respeito à apresentação das diferentes ênfases dadas ao papel da tecnologia na projetualidade da arquitetura em geral. A primeira dimensão a ser apresentada é a funcional, que pode ser representativa e discreta, definida pela utilização e escolha dos elementos de arquitetura como partes que tornam o edifício algo concreto, sem a valorização da tecnologia como elemento de maior peso na composição. A segunda ênfase é a representativa, caracterizada com base na valorização dos elementos de arquitetura estrutural, sistemas de proteção solar e cobertura, como partes construídas de maior peso na composição. (CUNHA 2008)

No memorial descritivo para o edifício do *Reichstag*, em Berlim (FIG.3.19), Foster (2000) escreveu sobre a importância dada à luz na elaboração do seu projeto:

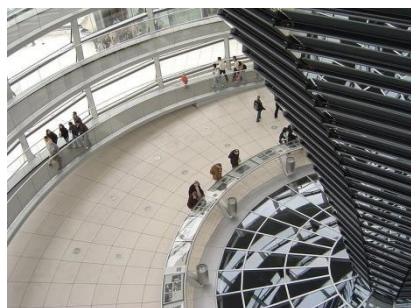
“A cúpula com 40 m de diâmetro e 23,5m de altura foi concebida como uma lanterna, com todas as implicações e simbolismo do termo. É um elemento estruturador do edifício e de sua visibilidade institucional. É também elemento chave nos sistemas de iluminação e de economia de energia. Em seu núcleo, um cone espelhado funciona como reverso de um farol, refletindo a claridade externa para dentro do edifício. À noite, esta bolha de vidro brilha, iluminada pelas luzes do interior, sinalizando a força do processo democrático alemão.”(FOSTER, 2000)



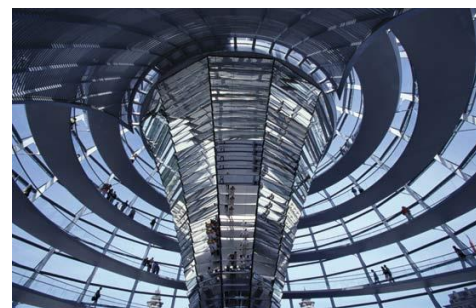
(a) Cúpula vista durante o dia



(b) Cúpula vista durante a noite



(c) Vista interna Cúpula do Reichstag



(d) Vista interna Cúpula do Reichstag

FIGURA 3.19-Edifício do Reichstag
Fonte: FOSTER, 2000.

A organização funcional, identificada na maioria dos croquis dos projetos do arquiteto mostram prédios com espaços internos fluidos; a concepção formal, caracterizada por volumes prismáticos, configurando partidos compactos; a preocupação ambiental, por meio da interação da luz natural e artificial, como também por meio dos sistemas de climatização artificial, e, por último, a preocupação com os aspectos construtivos, demonstram uma conceituação abrangente, que identifica uma visão global e integrada do objeto projetado. A dimensão tecnológica, conforme definida, é considerada importante aspecto do edifício, sendo utilizada para fazer o edifício funcionar, como também apresentar ao usuário como os edifícios se materializam, por meio das estruturas aparentes. Caracteriza-se, portanto, a presença da dimensão tecnológica funcional representativa na projetualidade do edifício como se observa nos croquis mostrados na FIG. 3.20. (CUNHA, 2008)

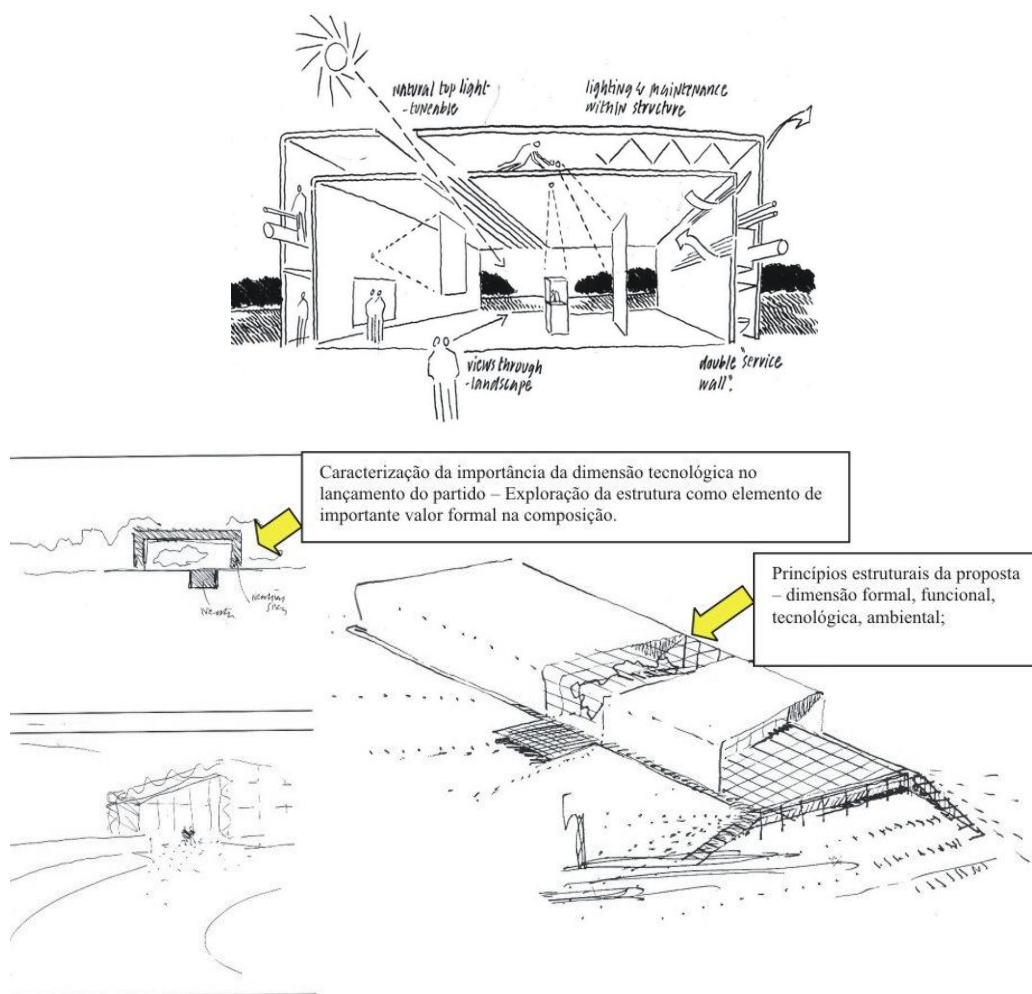


FIGURA 3.20 Croquis de definição do partido, Norman Foster, 1974, Centro de Artes Visuais, Inglaterra. Fonte: BLASER, 1992, p. 84-88

Deve-se prevalecer no conceito dos edifícios em relação à luz natural e artificial, a qualidade do espaço criado em relação à quantidade de luz, o conforto do usuário por meio do controle dos ofuscamentos, da gradação e distribuição das luminâncias nos diversos ambientes, as cores proporcionadas no campo visual, a simbologia da luz, às novas solicitações mundiais de economia de energia e, por que não dizer, as outras funções que a luz pode exercer na criação e definição do espaço, como observou Hertzberger (1999), no livro de sua autoria intitulado *Lições de Arquitetura*, ao descrever o uso da luz num projeto residencial.

“A rua de convivência no quarto andar é iluminada por meio de grandes blocos de concreto com luz. Estes blocos ficam rentes ao chão, para que a luz não incomode os moradores e, ao mesmo tempo, sua visão das janelas do alto também não sofra obstrução. A função primordial desses blocos é a iluminação, mas em virtude de sua forma e colocação oferecem a oportunidade para uma variedade de outros usos. No que se refere à forma e à posição, esses blocos foram condicionados, por assim dizer, a exercer uma variedade de papéis e, de fato, são interpretados como bancos, superfícies de trabalho, e em tempo e calor como mesas de piquenique. Estes blocos de luz foram colocados num ponto tão central que agem como pontos focais em qualquer circunstância”. (HERTZBERGER, 1999)

Nos últimos anos tem surgido uma nova sensibilidade arquitetônica que não só reflete a distância da cultura em relação à estética da industrialização do século XX como marca uma mudança de direção depois de três décadas de debates acerca de questões formais da arquitetura. A arquitetura contemporânea investiga a natureza e o potencial das formas arquitetônicas sob o ponto de vista da inovação artística e tecnológica. Percebe-se a prioridade do encontro visual da forma com a estrutura, opção esta que não implica em hierarquia, mas sim, na percepção visual e no reconhecimento de que a aparência da arquitetura proporciona sua compreensão.

A sensibilidade destes novos projetos expressa a fascinação pelas estruturas de vidro. A utilização de vidros persegue objetivos higiênicos e econômicos, em que a arquitetura expressa mais claramente seu sistema estrutural, permitindo efeitos de leveza e transparência.

Segundo Hilberseimeir (1986), eliminada a antiga oposição entre luz e sombra, que determinava as proporções da arquitetura moderna, produzindo espaços de luminosidade uniforme, espaço de luz sem sombras, a arquitetura contemporânea, com a utilização de materiais transparentes e semitransparentes, permite a produção de radiações luminosas suficientes para se ter grandes superfícies refletoras. A utilização de materiais perfurados dá

como resultados espaços muito diferentes do lugar de luz sem sombras, mas sim, insinuam que a transparência pode também expressar as sombras da arquitetura.

O crítico literário Jean Starobinski (1989) começa seu ensaio *Véu de Pompéia* com a frase “O que está oculto fascina”, que se refere a um fragmento do ensaio de Michel de Montaigne “*La dificultad aumenta el deseo.*” Nele o filósofo examina a complicada relação entre Popea, a amante de Nerón e seus admiradores. Por que Popea decide esconder sua beleza debaixo de uma máscara, se não para ser mais cobiçada por seus amantes? Starobinski (1989) analisa, então, o véu enquanto símbolo de interposição e obstáculo. O véu de Popea simboliza uma perfeição que, de imediato, é retirada e que ante a sua própria desapareição exige ser capturada de novo pelo desejo.

Esta ação do observador opõe-se à função primeira da visão que implica certeza imediata. Na língua francesa, para designar a visão direta, utiliza-se a palavra *regard* (mirar, lançar a vista) que, originalmente, se referia não à ação de ver, mas sim a expectativa, a preocupação, a observação, a consideração e a proteção. Transportando para o âmbito arquitetônico a fachada se converte em um véu interposto que desencadeia uma relação subjetiva mediante um distanciamento entre o observador do edifício e o espaço ou as formas que contem e um isolamento do observador em relação ao mundo exterior.

Em alguns casos estas paredes da fachada interpõem entre o observador e a paisagem, um material efêmero como os muros de gelo (FIG. 3.21) em *Radcliffe* de Michael Van Valkenburgh, em Cambridge, Massachusetts (1988) ou a rede metálica da *Ghost House* (FIG. 3.22) de Philip Johnson, em New Canaan, Connecticut (1985), a Residência de Mulheres (FIG.3.23) de Kazutyo Sejima, em Saishunkan Seiyaku, Japão (1991) e o Palácio de Congressos, de Salzburgo, na Áustria (1992) (FIG. 3.24), de Fumihiko Maki que, com sua densa retícula da fachada, sutilmente perfurada como uma fina tela, proporciona uma máxima obstrução possível com um mínimo número de aberturas para os espaços exteriores. Dentro, nestes espaços que são livres e abertos, a luz se filtra da fachada e cai verticalmente.

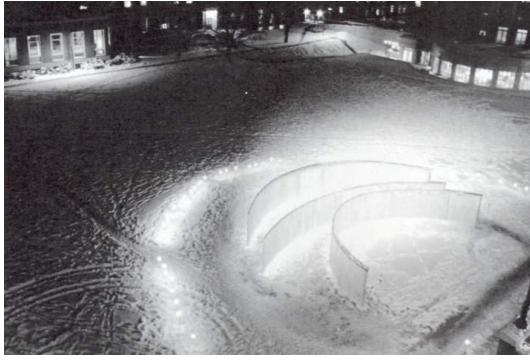


FIGURA 3.21 – Muros de gelo
Fonte: VALKENBURGH, 2011.



FIGURA 3.22 – Ghost House
Fonte: JOHNSON, 2011.

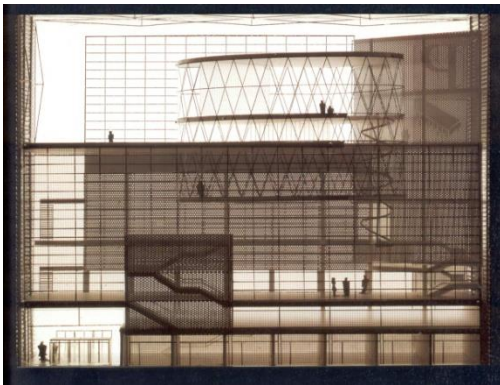


(a)



(b)

FIGURA 3.23 – Casa residência de Mulheres- Vista externa e interna
Fonte: SEJIMA, 2011.



(a)



(b)

FIGURA 3.24 - Palácio de Congressos em Salzburg corte(a) e vista externa(b)
Fonte: MAKI, 2011.

A iluminação cria impactos nas áreas externas e conforto nos espaços íntimos. Combinar dramaticidade e clima de aconchego deve ser a proposta do projeto luminotécnico. O objetivo é surpreender os visitantes à primeira vista, com cenários luminosos que remetam aos costumes de uma vila de pescadores e nas acomodações propiciar momentos de relaxamento e descanso. Grande desafio é desenvolver uma iluminação com impacto visual, sem perder o

caráter acolhedor. Entrada e cenários que revelam a temática da arquitetura de uma determinada situação.

A torre de Roterdã (FIG. 3.25), de Foster, apresenta fachada que se volta para o centro, para além do rio e é utilizada como uma grande lousa para representações efêmeras desenhadas pelas luzes; para esta finalidade, sai do prumo e sua posição é sublinhada pela inclinação contrária da escora central, que tem uma função primária na imagem do conjunto (BENEVOLO, 2007).



FIGURA 3.25 Torre World Port Center em Roterdã, Holanda
Fonte: FOSTER, 2011.

O edifício Hermes, projeto de Renzo Piano, exigiu do arquiteto o estudo de um revestimento translúcido análogo ao tijolo de vidro, mas ampliando os quadros até a máxima medida compatível com um jato unitário de uma única gota de vidro. Obteve assim um invólucro contínuo, sustentado pelas lajes que saltam das pilastras recuadas. Somente os cantos arredondados são feitos de quadros com a metade do tamanho. Neste revestimento incomum encontram-se os locais internos distribuídos nos quinze pavimentos, com suas variações no espaço e eventualmente no tempo. (BENEVOLO, 2007)

Le Corbusier (1998) define a casa como habitável apenas quando ela está cheia de ar e uma luz. A casa é um receptáculo para a luz e o sol.

A *Glass House* é considerada a principal obra de Philip Johnson (2010). Construída em 1949, foi desenvolvida para si próprio como tese de mestrado quando foi aluno de Marcel Breuer em Harvard. É um dos mais bonitos exemplos do modernismo americano, ainda que nada funcional. O próprio arquiteto se referia a ela como o diário de um arquiteto excêntrico. Passava longe da cabeça de Johnson qualquer preocupação com a sustentabilidade na arquitetura.

A casa consiste num compartimento de vidro, do piso ao teto, com estrutura de aço. O espaço interior é dividido por armários baixos de noqueira e um cilindro de tijolos onde fica incrustada a lareira. As instalações sanitárias ficam dentro deste cilindro. O cilindro e os tijolos são pintados com uma tonalidade púrpura. A cozinha é aberta e não há divisórias internas. Suas fachadas são compostas simetricamente o que acentua o conflito com o interior assimétrico perfeitamente visível por meio dos painéis de vidro.

Tombada como patrimônio nacional, a *Glass House* (FIG 3.26 e 3.27), localizada em New Canaan, no Estado de Connecticut - EUA, é um importante exemplo da produção cultural da metade do século XX. Parte da mobília da casa é de autoria de Mies van der Rohe. E, no mesmo terreno, estão esculturas de diferentes artistas, jardins e outros edifícios concebidos por Johnson - Casa de Tijolo, Galeria de Pintura (1965), Galeria de Escultura (1970).



(a)



(b)

FIGURA 3.26 Vistas externas da Glass House
Fonte: JOHNSON, 2011.



(a)



(b)

FIGURA 3.27 c, d – Vistas internas da Glass House.
Fonte: JOHNSON, 2011.

Ludwig Mies van der Rohe é unanimemente considerado um dos mais importantes arquitetos do século XX, tendo sido um dos principais mentores do modernismo. Ele perseguiu com entusiasmo a desmaterialização dos elementos de cada edifício, utilizando os reflexos das

fachadas de vidro ou os pilares tão leves e desmaterializados, em forma de cruz e revestidos com aço cromado, como no Pavilhão Alemão para a exposição Internacional de Barcelona em 1927 (FIG. 3.28).



FIGURA 3.28 – Vista externa Pavilhão de Barcelona
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

O conceito básico para a Casa de Vidro, que anos depois Philip Johnson iria conceber, veio de Mies van der Rohe (Alemanha, 1886 – EUA, 1969) que concebeu, em 1946, a Casa para a física Edith Farnsworth de vidro e aço, em Illinois - EUA (FIG.3.29). A casa encomendada a Mies van der Rohe seria uma casa de fim de semana que fosse arquitetura séria. Pouco tempo depois Mies apresenta à sua cliente os primeiros esboços daquele que viria a tornar-se um polêmico ícone do modernismo. A casa foi desenhada segundo um conceito que começara a ser desenvolvido num projeto que nunca seria construído, chamado *Resort House*. A casa Farnsworth foi o culminar deste tipo de experiência de casas.



(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 3.29 – Vistas da Casa de Edith Farnsworth

Fonte: ROHE, 2011.

Além da imensa paixão que transpira da joia de vidro e aço que é esta casa, há uma história de amor e ódio entrelaçada com a sua criação.

Os planos da casa que Mies apresentou a Edith Farnsworth revelavam o resultado prático do lema do arquiteto *Less is More*. A casa, que ainda é possível ver atualmente, consiste em duas placas de betão (concreto) suportadas por oito vigas de aço. Todo o chão está suspenso destas vigas, como se a casa flutuasse sobre o solo que ocupa. A cobertura é uma placa igual à do chão, absolutamente paralela àquela. Todas as paredes são de vidro e não há divisões internas, à exceção de uma estrutura que suporta a área da cozinha, espaço de arrumação e uma casa de banho. O acesso faz-se por um elegante conjunto de degraus que leva ao pequeno terraço da entrada, também coberto.

No projeto da casa faltam alguns aspectos fundamentais: paredes com massa térmica, eventualmente paredes trombe¹, vãos mais reduzidos a Norte, sombreamento das janelas, etc. No entanto, há alguns aspectos que são significativos: a ligação visual com o exterior, o fato de a casa estar descolada do solo, a simplicidade das linhas e a continuidade do espaço exterior sem divisões.

3.4 Considerações do uso da luz natural: parâmetros a serem observados

Deve-se considerar a contribuição das cores em projetos de iluminação natural como um parâmetro que tem o objetivo de definir o desempenho visual e agradabilidade dos espaços criados. O uso de diversos tipos de janelas e aberturas com novas tecnologias de controlar a iluminação oferecem maneiras de usar a luz natural nos edifícios de uma maneira mais eficaz. Vidros, sistemas de sombreamento e materiais incolores podem modificar o seu aspecto

¹ A parede de Trombe moderna possui ainda entradas de ar no edifício, que permite um aquecimento rápido da divisão por meio da simples circulação de ar aquecido (convecção natural) na caixa de ar. O espaço pode assim ser aquecido através do calor armazenado na parede ou se a necessidade de aquecimento for maior, utilizar o ar armazenado na caixa de ar.

oferecendo uma grande variação da cor natural dentro das construções, já que a cor da luz natural muda bastante de acordo com o clima, o espaço e o tempo. Estas tecnologias contribuem de forma eficaz no comportamento em relação às propriedades espectrais da reflexão e transmissão da luz.

O nível de iluminação tem sido um dos critérios objetivos relativos à qualidade de um projeto de iluminação enquanto a cor é sempre considerada como uma expressão subjetiva por projetistas e industriais. No entanto, a consideração de cor está crescendo, tornando-se um parâmetro que não deve ser negligenciado. As métricas de cor são amplamente utilizadas pela indústria para manter cores contínuas de produtos (tintas, acabamentos de superfície, imagens gráficas).

As cores das superfícies modificam a relação de percepção das luminâncias em uma sala. Na verdade, as cores de fontes e objetos afetam a percepção da luminosidade, que é um atributo visual/sensação, segundo a qual uma área pode parecer emitir mais ou menos luz. A cor permite distinguir os objetos em um quarto quando a luminância e contrastes são muito pequenos, contribui na orientação espacial, especialmente em locais utilizados por pessoas que possuam baixa visão ou por idosos. A qualidade de um projeto de iluminação depende não só dos níveis de iluminação, mas também de um bom ajuste desses valores e das cores da superfície.

O uso de lâmpadas com Índice de Reprodução de Cor (IRC) de 70, 85 e 100 exige cerca de 10, 25 e 40%, respectivamente, menor quantidade de iluminância demonstrando que a fiel reprodução de cores é fundamental para percepção dos objetos e do espaço. Todos esses parâmetros têm uma influência sobre superfícies de cores e assim contribuem para ambientes mais agradáveis e conseqüentemente na satisfação dos usuários.

O equilíbrio entre a iluminação e a cor de acordo com as condições do céu pode gerar ambientes frios e ou ambientes quentes. Observa-se que a combinação de duas diferentes fontes de luz com diferentes temperaturas de cor de 2700K (aparência mais quente) e 4300K (aparência mais fria) tem um efeito favorável.

Esta é uma proposta relevante que pode ser obtida quando a luz natural é combinada com a luz artificial. Estratégias para criar ambiências diferenciadas nos espaços proporcionando relaxamento, percepção espacial, clareza, intimidade são desenvolvidas e alcançadas quando incluem cores das fontes de luz e dos materiais. Esses modelos integram simbolismo e linguagens distintas com o uso das cores. Fenômenos psicológicos também contribuem para a

valorização e ambientação dos espaços iluminados, baseado principalmente em uma dimensão cultural de cores, uma codificação de cores do sinal e da memória de familiares expressos nas cores dos objetos.

O IRC e os níveis de iluminação proporcionados por fontes de luz podem mudar o humor dos usuários. No entanto, o uso da cor é muitas vezes considerado como um efeito estético, ou simplesmente como um resultado da expectativa de características espectrais. O efeito sobre o resultado raramente é estudado em termos de diferenças de cor da luz (reflexão ou transmissão) de objetos interiores ou exteriores. Embora as paredes brancas incentivem a remultiflexão, dando uma uniforme tendência em cores, medidas sugerem variações das temperaturas de cor dentro do maior espaço. Estas variações levam em conta o tipo de céu (sem nuvens a nublado), exposição da janela (direta radiação do sol ou contribuição apenas difusa).

Finalmente, deve-se insistir no fato de que a cor prevista em uma sala (que é determinada com dados quantitativos de iluminação) não corresponde exatamente como percebida na cena real, já que depende de condições como a visão memória do observador percebe os fenômenos da luz circundante.

3.5 Decisões estratégicas para edifícios inteligentes

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse entre os arquitetos e empresários para incluir informações nos edifícios, como uma forma de atingir edifícios energeticamente eficientes, que cumpram com os códigos rigorosos de energia e com os objetivos de redução de emissões perigosas, juntamente com a sua melhoria da imagem corporativa.

Há mais de trinta anos, quando foi instituída a certificação do *Green Building Council* Brasil (que em tradução livre para o português quer dizer Prédios Verdes) para as construções que têm como foco a preservação da natureza, este assunto ganhou mais atenção. Tal concepção tem como objetivo fazer com que as edificações agridam o mínimo possível o meio ambiente, sendo essa característica atestada pelo selo Leed (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Os edifícios devem aplicar medidas para aumentar a eficiência no uso de recursos naturais, promovendo mais benefícios sócioambientais. Esta certificação leva em conta cinco critérios: desenvolvimento local sustentável, uso racional da água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade ambiental interna. Dentre todas estas questões, pode-se afirmar que a iluminação está presente em mais da metade delas.

Hoje, já estão disponíveis no mercado brasileiro lâmpadas capazes de economizar uma grande quantidade de energia em comparação às tecnologias anteriores. Quando se aplica estes produtos em grandes sistemas, gera-se uma redução energética que, com certeza, impacta positivamente na saúde da empresa, para além das questões financeiras; a troca de uma lâmpada modelo T8 por uma T5 (com diâmetro menor) pode gerar uma redução no consumo de energia de até 30%.

Desde o início, a constituição de um projeto deve ser pensada com base na utilização de materiais de qualidade e que tenham foco em sustentabilidade. Produtos que não são certificados por órgãos regulamentadores comprometidos podem, além de oferecer um risco ao sistema elétrico do prédio, consumir mais energia do que o descrito na embalagem. Vale lembrar que esta escolha se aplica, no campo da iluminação, não apenas para as lâmpadas, mas também para os reatores e fontes, itens decisivos para a eficiência dos sistemas de iluminação.

Para proporcionar conforto visual nas dependências do prédio, é essencial que as lâmpadas estejam instaladas corretamente e que a quantidade de luz emitida seja agradável para as pessoas e suas atividades, laborais ou não. Nesse quesito, alguns critérios devem ser levados em conta, como a instalação das lâmpadas em lugares corretos a fim de que não haja conflito com a iluminação natural e a priorização por sistemas de iluminação dimerizáveis, que permitem usar de forma racional a iluminação e, conseqüentemente, resultem em menor gasto energético. (LEED, 2012)

Tem-se, assim, que as decisões tomadas nas fases iniciais do projeto podem afetar outras fases subsequentes; além disso, evidencia-se o quanto o desempenho do edifício depende do projeto arquitetônico pensado sob o ponto de vista de edifício inteligente. As decisões iniciais (estratégias de design passivo) ou a incorporação dos inteligentes dispositivos tecnológicos (recursos ativos) como o ar condicionado, cortinas, iluminação artificial, etc. demonstram que os resultados que um edifício verdadeiramente inteligente constituem o produto de um processo de design que integra inteligência em todas as suas etapas, permitindo e incorporando sempre as inovações tecnológicas com a utilização mínima de energia possível para sobreviver.

Os recursos ativos são os elementos por meio dos quais os edifícios que se auto-ajustam às mudanças iniciadas pelos seus ambientes internos ou externos, obtém conforto e condições de minimizar o consumo de energia. Por outro lado, o termo "projeto passivo" refere-se à

série de estratégias de projeto arquitetônico usada pelo designer para desenvolver um edifício, a fim de responder adequadamente às exigências climáticas, entre outras necessidades.

A aplicação das fachadas inteligentes em climas quentes tem sido pouco estudada, enquanto há um crescente corpo de conhecimento para aqueles em locais frios. Uma explicação é que o *design* consciente de energia para regiões quentes tem sido de recomendar técnicas passivas como o principal caminho para alcançar o conforto térmico, enquanto meios ativos foram sempre identificados com ar condicionado com alto consumo de energia. Deve-se, portanto, fazer uma revisão das estratégias de projeto para climas quentes e de sua influência sobre as fases de concepção do projeto: a aglomeração, a orientação e a imagem do edifício.

A primeira abordagem é confiar no desempenho de determinados componentes que são escolhidos na fase final (como um tipo de janela e os elementos de sombreamento). A segunda é ver o edifício como um todo, com a inteligência sendo solicitada desde os estágios iniciais e para todas as suas etapas. Para fachadas ensolaradas o uso de elementos vazados e brise-soleil são soluções consideradas inteligentes.

O uso de *lightshelf* para determinadas orientações é uma solução recomendada, pois, reduz o consumo de energia em iluminação artificial, mantendo os índices de brilho em níveis razoáveis. No entanto, o brilho em excesso pode causar desconforto devido à janela de grandes geometrias ou pelo redirecionamento de luz profunda, que devem ser seriamente considerados pelo designer.

Finalmente, a combinação otimizada de recursos ativos com as estratégias de design passivo oferecem uma consistente maneira muito promissora na economia de energia e no controle de brilho.

O uso da luz natural combinado com dispositivos de sombreamento e sistemas de iluminação, tais como o redirecionamento da luz proveniente dos *lightshelves* e o adequado uso da energia elétrica avançada no controle de iluminação (tal como *dimmer*), reduz a demanda para refrigeração e aquecimento, conseqüentemente para o consumo de energia elétrica, ou seja: colocar em prática, entre outras recomendações a etiqueta PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

O reforço do simbolismo e ou os aspectos sintáticos da arquitetura através da utilização de efeitos de luz tais como penumbra, ofuscamento, contrastes entre claro /escuro, uso de determinadas cores, forma de distribuição da luz, intensidade da luz, dinamismo da luz natural, visando realce, destaque, dramaticidade, sensação de aconchego, deslumbramento, definem a qualidade subjetiva do uso da luz.

O edifício da Escola de Artes Guignard, em Belo Horizonte, com relação à iluminação natural e artificial, apresenta diversos problemas seja na quantidade de iluminamento que, segundo a norma NBR 5413 (ABNT, 1992) deveria ser no mínimo 500 Lux, quanto na homogeneidade nos locais com atividades predominantemente de estudo. Durante o dia alguns espaços apresentam excesso de luminosidade e insolação, exigindo cortinas e persianas; em contrapartida, vários espaços como os sanitários, circulações e algumas salas não possuem iluminação natural, portanto faz-se o uso da luz artificial durante todo o período diurno e noturno.

Na FIG. 3.30 apresenta-se o desenho do edifício em que se mostra o levantamento do nível de iluminamento em três situações distintas: luz natural, luz natural mais artificial e somente luz artificial. A variedade de luminosidade encontrada nos diversos espaços, muitas vezes dentro do mesmo local, é coerente com a insatisfação demonstrada nas respostas dadas a questionários aplicados em alunos, professores e funcionários da instituição. (CASTANHEIRA & GONÇALVES, 2010)

Percebe-se pelo *degradê* do amarelo claro (maior luminosidade) ao marrom (menor a luminosidade) que os espaços mais iluminados são os de circulação, onde a luminosidade e insolação são exageradas.

Os espaços com iluminação zenital que, em algumas situações proporcionam conforto aos usuários nos ambientes de trabalho aproveitando-se a iluminação natural, apresentam típicas patologias dessas soluções como infiltração, dificuldade de acesso para manutenção e locais de exaustão de ar insuficientes (FIG. 3.31; FIG. 3.32; FIG.3.33). A iluminação artificial original nas salas de aula era proporcionada por projetores com lâmpadas halógenas de 300W fixadas na estrutura, direcionando o fecho de luz para o teto, criando uma iluminação indireta mais decorativa que funcional. Posteriormente, essa iluminação foi desativada e colocada iluminação direta fluorescente fixada por cabos de aço atirantados na própria estrutura.

O número e a manutenção das luminárias são deficitários, principalmente nos ambientes onde o nível de iluminamento deveria ser maior em função das atividades desenvolvidas nos locais

(Pintura, desenhos, esculturas). Atualmente o único local com iluminação artificial adequada é a galeria de arte que sofreu recentemente intervenção de projeto luminotécnico (FIG.1.33). Quanto à iluminação natural, não existe neste espaço.

Lam (1986) acredita que os temas como a economia de energia e os efeitos estéticos proporcionados pelo correto uso da luz nos edifícios geram uma percepção visual proporcionada pela luz aos usuários que provoca sensações físicas emocionais e estéticas inovadoras e originais nas pessoas.

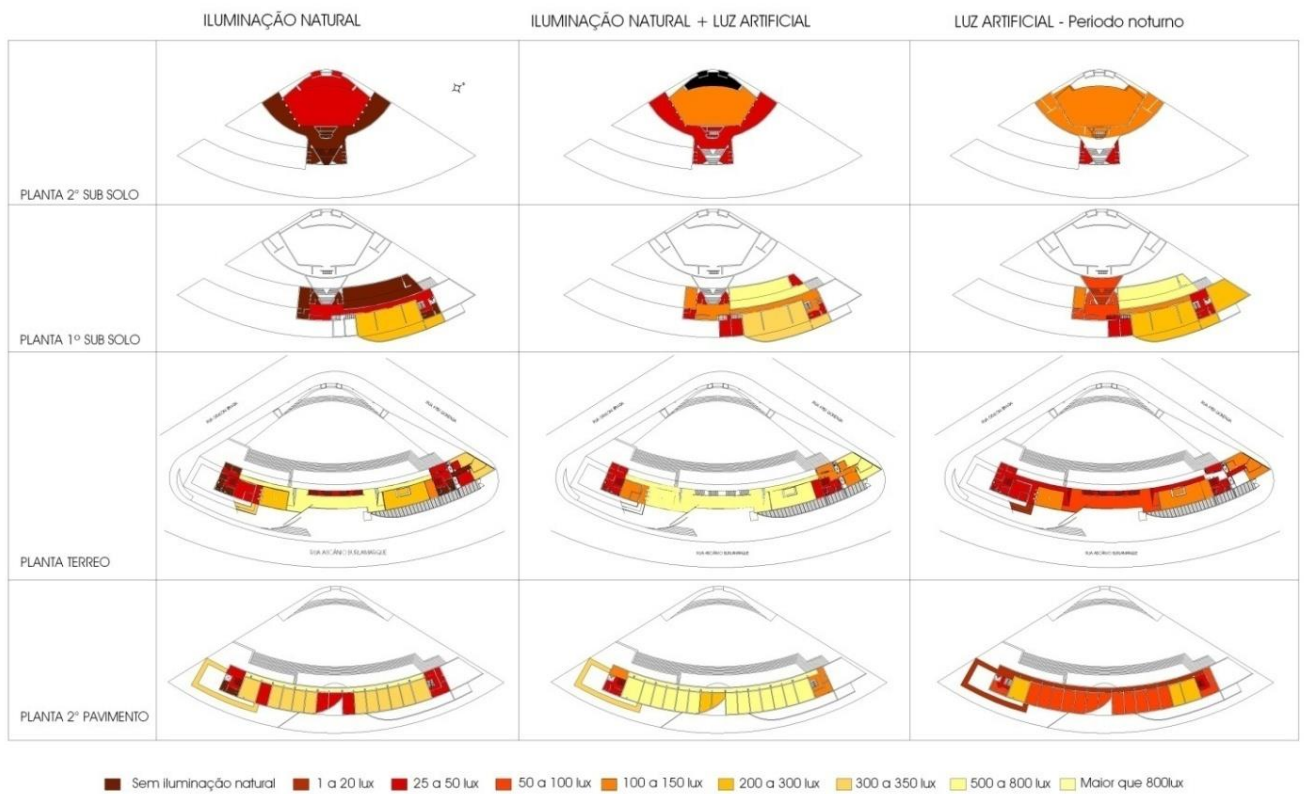
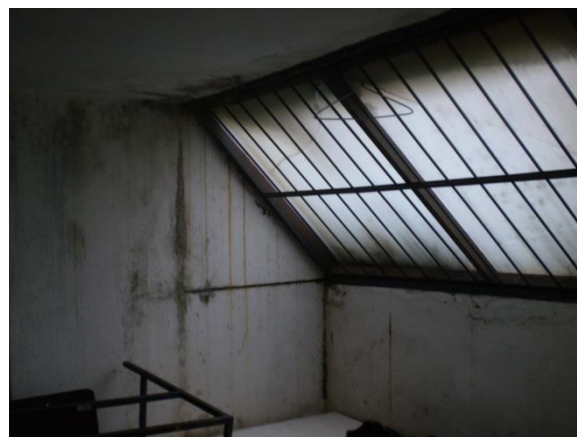


FIGURA 3.30 – Mapeamento da iluminação.
 Fonte: CASTANHEIRA; GONÇALVES, 2010.



(a)



(b)

FIGURA 3.31 – Iluminação zenital: (a) Detalhe; (b) Infiltração.
Fonte: CASTANHEIRA; GONÇALVES, 2010



(a)

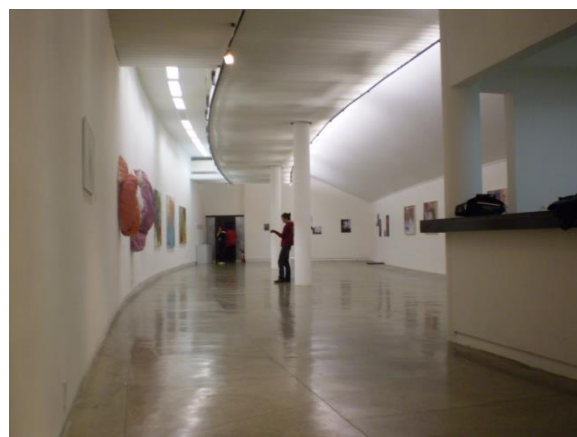


(b)

FIGURA 3.32 – (a) Exaustão de ar; (b) Iluminação adaptada.
Fonte: CASTANHEIRA; GONÇALVES, 2010



(a)



(b)

FIGURA 3.33– Iluminação da Galeria de Arte.
Fonte: CASTANHEIRA; GONÇALVES, 2010

Temas ligados ao uso da luz natural e dos sistemas de iluminação como o controle da atuação da luz, o planejamento, as estratégias e técnicas no uso correto da luz nos projetos geram soluções adequadas ao uso das edificações. O confronto das formas tradicionais com o contexto atual por meio do uso da luz imprime qualidade aos espaços não só sob o aspecto econômico estético e funcional, mas, sobretudo na saúde e no bem estar aos usuários em diversos edifícios.

O controle da atuação da luz, o planejamento, as estratégias e técnicas no uso correto da luz nos projetos constituem soluções adequadas ao uso das edificações enquanto que o desconfortável, desagradável, a falta de atração luminosa nos ambientes e seu entorno são características de edificações que sofreram completa abdicação de design de luz e da indisciplinada execução.

Devem-se prever estudos que tentem traçar algumas regras e elementos a serem utilizados no desenvolvimento do design de luz. Não somente o desenvolvimento de programas de iluminação poderá garantir qualidade ao edifício, mas sim, a completa integração da luz natural e artificial, da integração da arquitetura com a estrutura, com a economia e com as novas tecnologias.

Nos últimos cinquenta anos, o Japão tem sido importante laboratório de arquitetura do mundo. Recuperado da II Guerra, de onde o país saiu literalmente arrasado, aparecem arquitetos como Maekawa e Tange. O primeiro trabalhou com Le Corbusier, acumulando forte experiência do modernismo. O segundo surge espetacularmente com o novo país, na Olimpíada de Tóquio, em 1964. O Ginásio Nacional Yoyogi (FIG.3.34), concebido por Tange, marca a paisagem da cidade, com as duas edificações irmãs sustentadas por colunas centrais em equilíbrio e cabos tensionados, formando curvas até o chão.



(a)



(b)

FIGURA 3.34 - Ginásio Nacional Yoyogi - Tóquio .
Fonte: KENZO 2012.

A evolução da arquitetura japonesa continua nas décadas seguintes com os metabólicos Kikutake e Kurokawa, seguidos por Arata Isozak na transição para o pós-modernismo. Já nos anos 90, aparecem Toyo Ito (FIG. 3.35), pulverizando os pilares e Shigeru Ban (FIG. 3.36), remodelando os programas arquitetônicos, ao utilizar materiais precários.



(a)

Miyakonogo centro cívico, Japão, 1966
Projeto de Kikutake



(b)

Nakagin Capsule Tower in 1970
Projeto de Kurokawa



(c)

Shenzhenculturalcenter Shenzhen Centro Cultural
Projeto de Arata Izozaki



(d)

Pavilhão da Serpentine Gallery 2002
Projeto de Toyo Ito

FIGURA 3.35- Projetos Japoneses

Fonte: KIKUTAKE, KUROKAWA, ARATA ISOZAKI, TOYO ITO – 2012



(a)

Centro de Interpretação D'au Canal De ourgogne
França, 2005 - Projeto de Shigeru Ban



(b)

Haesley nove bridge club house
Projeto de Shigeru Ban

FIGURA 3.36 - Projetos de Shigeru Ban

Fonte: SHIGERU BAN 2012.

O crescimento do escritório Kazuyo Sejima - Ryue Nishizawa (SANAA), que surge primeiramente com a arquiteta Kazuyo Sejima e, mais tarde com parceria de Ryue Nishizawa, lentamente foi mostrando sua arquitetura com atmosfera serena. Materiais leves, translúcidos ou transparentes como o vidro são utilizados com frequência. Ao promover a interligação dos espaços com esses materiais, suas edificações libertam os visitantes dos roteiros, da experiência de espaços projetados com perspectivas pré-programadas.

O processo do SANAA preocupa em garantir a manutenção de estilos de vida individuais, ao mesmo tempo em que seus espaços constroem um campo de consciência coletiva. Seus trabalhos são movidos pelo desejo de estabelecer relações flexíveis com o entorno e com a

topografia local, promovendo a iteração fluida dos espaços exteriores e interiores. O SANAA é mais conhecido por criar experiências arquitetônicas para as pessoas dentro da edificação do que para aquelas fora dela. É interesse provocar relações estabelecidas entre o espaço interior e exterior, ou mesmo, entre os vários espaços interiores, sempre com a finalidade de garantir que os visitantes sejam investidos do papel de verdadeiro protagonista do edifício. O SANAA pratica de forma radical uma estética pautada na construção de relacionamentos.

Um exemplo do SANAA é a composição do *New Museum of New York*, de 2007 (FIG.3.37): uma pilha de caixas de dimensões diferentes, deslocadas aleatoriamente em relação a um eixo, reforçando a leveza simples da estrutura. Além disso, por todo o edifício encontram-se dispositivos sutis cuja função é acrescentar variedade à iluminação interior e ao caráter espacial em contraste ao limitado cenário urbano do bairro em que está localizado.



(a)



(b)

FIGURA 3.37– Vista externa do New Museum of Contemporary Art - Nova Iorque – SANAA
Fonte: SEJIMA, 2011.

O edifício da Christian Dior (FIG. 3.38), em Tóquio, consiste numa estrutura luminosa que se entrega à paisagem circundante. Explora as ideias de leveza e transparência e força as fronteiras destes conceitos a ir até novos extremos.



FIGURA 3.38 - Christian Dior, Tóquio- Japão
Fonte: SEJIMA, 2011.

A *Serpentine Gallery Pavilion 2009* (FIG. 3.39) é assim descrita pelos seus criadores “O Pavilhão de alumínio está flutuando à deriva, livremente, entre as árvores, como fundo. O dossel reflexivo ondula em todo o site, expandindo o parque e o céu.” Sua aparência muda de acordo com o tempo, permitindo que ele derreta no entorno. Ele funciona como um campo de atividade, sem paredes, permitindo a exibição ininterrupta em todo o parque e incentiva o acesso de todos os lados. É uma extensão protegida do parque, onde as pessoas podem ler, relaxar e desfrutar de dias de verão. O Pavilhão deslumbrante se assemelha a uma nuvem reflexiva ou uma piscina flutuante de água, sentado em cima de uma série delicada de colunas. A estrutura do telhado do metal varia de altura, envolvendo-se em torno das árvores no parque, chegando para o céu e descendo quase até o chão em diversos lugares. Abrir e efêmera em sua estrutura, seus materiais refletivos torná-lo sentar-se perfeitamente no ambiente natural, refletindo tanto o parque e o céu ao redor dele.



(a)



(b)

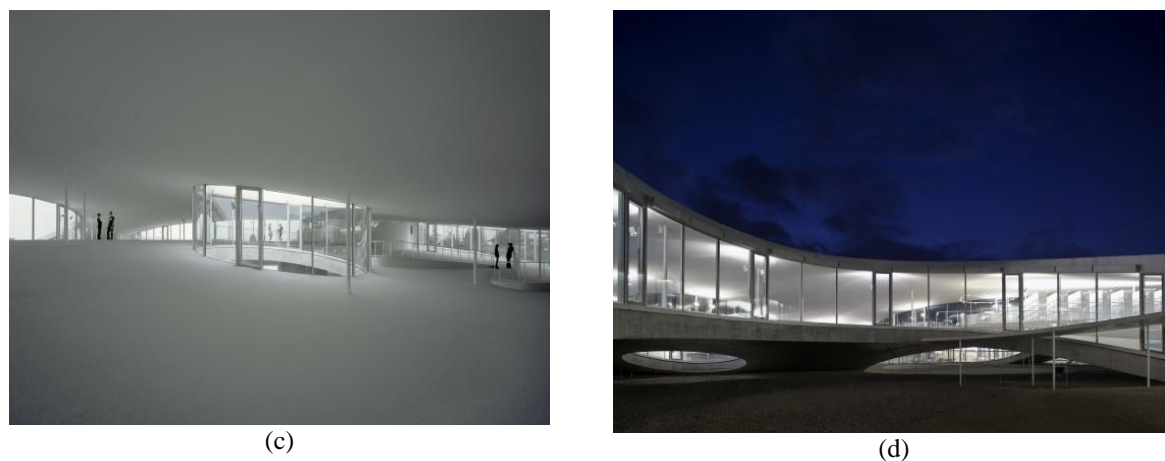
FIGURA 3.39 - Vistas do Pavilhão da Serpentine Gallery 2009 por Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa
Fonte: SEJIMA, 2011.

O trabalho mais recente do escritório japonês SANAA é o Espaço de Estudos da *Rolex Learning Center* (ROLEX), em Lausanne, Suíça (FIG.3.40, FIG 3.41). A ROLEX está situada no campus da *École Polytechnique Fédérale*, de Lausanne (EPFL). O local funciona como um centro cultural para estudantes e público geral, com uma biblioteca com meio milhão de volumes. O que é curioso sobre esse projeto é que o interior de 20 mil metros quadrados é articulado como único espaço contínuo de fluidos, propiciando, como a instituição coloca, "uma extensa rede de serviços, bibliotecas, recolhendo informação, espaços sociais, espaços para estudar, restaurantes, cafés e belos espaços ao ar livre".



(a) (b)

FIGURA 3.40 – Vistas do Rolex Learning Center
Fonte: SEJIMA, 2011.



(c) (d)

FIGURA 3.41 – Vistas do Rolex Learning Center
Fonte: SEJIMA, 2011.

Saraiva Junior (2011) afirma que

Este esforço é justamente para tentar deslocar a ideia de que a arquitetura é um objeto fixo, concreto e permanente. Criando abertura para que a experiência determine a forma e não ao contrário. Quando temos uma visão

estática do corpo desligamo-nos do corpo real e criamos uma abstração para podermos prever e prescrever a experiência que o corpo obterá no espaço, esta escolha nos leva a projetar a experiência e não projetar para a experiência; o aumento no banco de dados desencadeia mudanças físicas na estrutura aumentando o espaço e interação, forma e experiência estão totalmente engajadas e são interdependentes. (SARAIVA JUNIOR, 2011)

É papel do arquiteto hoje abusar da criatividade e usurpar as aberturas que estas tecnologias promovem. O esforço é projetar para a interação abrindo campo para o corpo se expandir e habitar intensamente a arquitetura contemporânea. A recompensa de tal esforço é trazer a arquitetura para uma dimensão mais íntima, deixando espaço para que o habitante ressignifique infinitamente forma, uso e função. A qualidade de interação está diretamente ligada ao grau de pertencimento entre o ser e o espaço.

4 GRANDEZAS ELÉTRICAS E LUMINOTÉCNICAS

A disponibilidade de luz natural para qualquer região é determinada pela quantidade de radiação solar (luminosa) incidente nas diferentes estações do ano. As regiões que recebem os raios solares com grande ângulo durante a maior parte do ano são quentes e luminosas; aquelas que recebem os raios solares só com o ângulo pequeno e durante períodos mais curtos do ano são frias e escuras no inverno. À medida que se afasta do equador, decresce o ângulo médio de inclinação do sol com a superfície da terra; mas, em compensação, aumenta a duração do dia (e conseqüentemente, as horas de luz natural) no período de tempo no qual o ângulo é maior, ou seja, no verão. Como consequência destas influências contraditórias, a maior recepção de radiação solar sobre a superfície da terra num dia claro de verão corresponde não ao Equador nem aos trópicos, mas sim a uma zona entre 20 ° e 45° de latitude. (MASCARÓ, 1989)

Como exemplo tem-se que para um dia claro, quando o sol está aproximadamente no zênite, ou seja, nas latitudes entre 30° N e 30° S e ao meio dia na estação apropriada, a incidência aproximada de radiação solar sobre uma superfície horizontal será: Carga luminosa = + de 1.000.000 Lux. Isto para locais com menos nuvens e pouca quantidade de pó no ar.

A radiação refletida pelas nuvens em regiões onde no céu há frequentemente uma quantidade moderada de cúmulo pode ter uma incidência de radiação sobre a radiação horizontal marcadamente maior que nas regiões de céu completamente claro (como por exemplo, nas regiões desérticas), como resultado do reflexo das nuvens não compensado com sua interferência na radiação direta.

Na TAB. 4.1 apresenta-se a percentual do fluxo luminoso da radiação solar incidente que é refletida difusamente pelo entorno por um material ou cor.

Chama-se de luz natural à luz proveniente do sol, seja em forma direta, através dos raios solares, ou indireta devido à reflexão da atmosfera com ou sem nuvens (luz difusa), da vegetação, dos edifícios ou outros objetos existentes na superfície da terra (luz refletida). Todos estes elementos se somam constituindo a iluminação diurna ou natural, característica de cada região. Também chamada luz branca, a luz do dia é essencialmente variável e chega através de camadas de ar de espessura variável segundo a época do ano e a hora do dia, mais ou menos carregada de vapor água, de pó, de gás carbônico, etc, de acordo com as latitudes, altitudes e o estado do céu.

TABELA 4.1

Radiação solar refletida difusamente de algumas cores e materiais.

Material ou cor	Valor	Material ou cor	Valor
Azul claro	30 - 55	Madeira clara	30 - 50
Azul escuro	10 - 25	Madeira escura	10 - 25
Azulejo branco	60 - 75	Mármore claro	60 - 70
Amarelo	65 - 75	Marrom	10 - 25
Branco	70 - 85	Ocre	30 - 50
Cimento claro	35 - 50	Preto	5
Concreto claro	30 - 40	Rocha	60
Concreto escuro	15 - 25	Rosa	45 - 60
Cinza claro	45 - 65	Tijolo claro	20 - 30
Cinza escuro	10 - 20	Tijolo escuro	10 - 15
Cinza médio	25 - 40	Verde claro	30 - 55
Esmalte branco	65 - 75	Verde escuro	10 - 25
Gesso	70 - 80	Vermelho claro	25 - 35
Granito	15 - 25	Vermelho escuro	10 - 20
Laranja	25 - 35	Vidro transparente	5 - 10

Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001

A luz do dia pode variar em quantidades de algumas centenas de Lux à sombra até 80 ou 100 mil Lux a pleno sol, varia também em qualidade, sendo a cor um bom exemplo. A cor é uma sensação que depende da característica espectral da luz, da reflexão e transmissão relativa do objeto iluminado e da reação da sensação visual às diferentes frequências (ou às ondas curtas) de energia radiante que chegam aos objetos. A luz do dia varia muito em seu caráter espectral de acordo com a hora do dia. Vai de um branco azulado quando o céu está claro a um tom praticamente branco quando o céu está coberto. Se há nuvens claras ao norte, a cor da luz varia de branco (ao meio dia) ao branco amarelado ou até mesmo laranja forte ao por do sol.

As cores não são constantes, já que variam em brilho, nitidez e intensidade, como também com a temperatura. Temperaturas altas, luz azulada nos céus claros, temperaturas baixas, céus nitidamente tendendo ao vermelho. Esse efeito sofre a influência da quantidade de vapor

d'água da atmosfera, que influi na difusão da luz ou do fato de que, quando o sol está se pondo ou nascendo, sua luz atravessa um espaço maior na atmosfera. (MASCARÓ, 1989)

A luz natural também é variável com a época do ano; no outono nas regiões temperadas (onde as quatro estações são bem definidas) é amarelada. Isto porque o olho humano recebe a luz refletida pelo entorno iluminado. A luz diurna também varia de intensidade, oferecendo claridades e sombras diferentes todos os dias, evitando a monotonia. (MASCARÓ, 1989)

O sol é a principal fonte de luz durante o dia e fornece tanto iluminação direta como difusa através da abóbada celeste, tornando-a mais ou menos clara, segundo suas características. Quando os raios de sol chegam à atmosfera terrestre, grande parte da energia solar é refletida para o espaço antes de alcançar o solo. Um terço desta energia é logo transformado em outras formas de energia.

A insolação recebida na superfície da terra sofre os efeitos da atmosfera — aproximadamente 15% da energia solar que chega à atmosfera — é absorvida pela camada de ozônio e pelo vapor d'água. A camada de ozônio absorve toda a radiação ultravioleta de comprimento de onda menor que $0,29 \mu\text{m}$ e o vapor d'água as radiações correspondente entre as faixas de $0,9$ e $2,1 \mu\text{m}$. (MASCARÓ, 1989)

Quase 40% desta radiação é refletida para o espaço pela atmosfera, pelas nuvens e pela superfície terrestre, ficando os restantes 60% para iluminar e aquecer a terra. O efeito da nebulosidade quando muito espessa torna-se uma importante barreira à penetração da radiação solar. É importante lembrar que o tipo de nuvem e sua espessura vão caracterizar a abóbada celeste e refletir na qualidade da luz recebida na superfície terrestre.

Outro fator que interfere na quantidade de radiação é a altitude; locais mais altos do que o nível do mar recebem mais insolação. A latitude é também importante, já que a situação geográfica de uma região determina a duração do dia e também a distância que os raios oblíquos do sol têm que percorrer através da atmosfera.

A disponibilidade de luz natural está ligada às características da abóbada celeste do lugar, a qual, em função da latitude e da nebulosidade local, caracteriza a fonte de luz natural no tocante à variação e à potência. Estas características estão intimamente associadas à pluviosidade (presença de nuvens), trajetórias diárias e anuais do sol e aos ventos dominantes (que entre outras funções ajudarão a manter limpo o céu).

A abóbada celeste comparada com o sol tem uma área visível maior e de relativamente pouca luminância, constituindo uma fonte superficial muito mais adequada como referência para a iluminação natural. A trajetória solar própria de cada latitude e as características locais de nebulosidade e fenômenos meteorológicos próprios faz com que a abóbada celeste pareça mais ou menos luminosa durante o dia e durante o ano. De acordo com a região geográfica, a abóbada celeste pode ser coberta, parcialmente coberta ou totalmente descoberta (clara).

4.1 Abóbada coberta ou parcialmente coberta

O valor médio de aclaramento varia entre 5.000 *lux* a 10.000 *lux*. (variando em função da localização, características climáticas, densidade e uniformidade da camada de nuvens). É mais clara no zênite. Para o bom aproveitamento desta luz o projetista no Hemisfério Sul, numa latitude superior a 40° S, deve utilizar elementos zenitais e janelas altas.

A abóbada parcialmente coberta apresenta-se com períodos alternados de sol e nebulosidade variável. É própria do clima temperado úmido e quente úmido.

4.2 Abóbada totalmente descoberta (clara)

Aqui a luminância é maior no horizonte do que no zênite. Sua claridade varia ao longo do ano e nas regiões temperadas úmidas, e quase sempre é constante para as regiões quentes secas (sol mais alto e permanentemente presente).

A abóbada celeste é conseqüentemente mutável em suas características de disponibilidade e qualidade da luz emitida, apresentando condições sazonais de sol disponível e céu encoberto que obrigam a considerar, pelo menos, duas condições de projeto – verão/inverno ou estação seca/ estação úmida, complicando a solução do elemento iluminante (janela ou zenital) e limitando seu tamanho, ao mesmo tempo em que sugere a adoção de soluções flexíveis.

O entorno funciona como fonte de luz pela luz refletida pelo terreno que rodeia o edifício em estudo ou proveniente de outras superfícies exteriores a ele. Como as outras fontes de luz sua luminância deve ser controlada. Normalmente a luz refletida pelo entorno corresponde de 10% a 15% do total de luz diurna recebida pelas janelas. Estes valores são superados quando

o entorno é claro (vegetação e calor superficial). Para os locais onde as superfícies exteriores não estão expostas ao sol, a luz refletida pelo entorno pode chegar a ser mais da metade da luz recebida pelas janelas contidas por superfícies sombreadas. A direção da luz refletida pelo entorno pode ser utilizada mais eficientemente no espaço interior, especialmente naqueles pontos localizados nas zonas próximas às janelas. A luz refletida pelo entorno pode ser controlada pelo uso de cores nas superfícies próximas às janelas, aumentando ou diminuindo sua incidência.

Estudos demonstram que a utilização dessas formas de iluminação pode ser muito bem aproveitada melhorando muito quantidade e qualidade da luz interna de edificações. (MASCARÓ, 1989)

As exigências relativas ao Coeficiente de luz diurna $CDL = \frac{E_p}{E_e}$, onde CDL representa a relação entre a iluminação interior e exterior num mesmo instante para as edificações situadas em regiões temperadas e tropicais diferem e por este motivo os métodos de cálculo são diferentes. Nas regiões tropicais durante todo o ano, as horas de trabalho podem concentrar-se entre o nascer do sol e o poente, já nas regiões temperadas no inverno é necessário a utilização artificial durante todo o período de trabalho. Outro fator que deve ser considerado é o custo da energia elétrica. No Brasil nas últimas décadas o horário de verão nas regiões Sudeste e Sul já foi incorporado ao cotidiano da população, demonstrando uma considerável economia de energia elétrica.

.3 Princípios físicos da luz

A luz é um componente vital para o dia a dia, e é uma forma de energia que se manifesta como radiação eletromagnética.

O espectro da energia solar visível varia de ondas curtas (ultravioleta) a ondas longas (infravermelho). As radiações variam segundo:

- a) Posição do sol de acordo com a hora do dia;
- b) posição do sol de acordo com a estação do ano;
- c) nuvens, póis, outras partículas sólidas e outras obstruções;
- d) características do entorno;
- e) latitude e altitude da região; clima; quantidade de atmosfera que a luz atravessa.

A luz, sendo uma onda eletromagnética, (FIG 4.1) é construída por duas ondas acopladas: onda elétrica (campo elétrico \vec{E}) com onda magnética (campo magnético \vec{B}).

Destaca-se que os campos elétricos e magnéticos são perpendiculares entre si e perpendiculares à velocidade da propagação ($C =$ velocidade da luz). Observe-se, também que \vec{r} e \vec{B} são variáveis no tempo, e um gera o outro.

Estando o campo elétrico oscilando no plano xy e o campo magnético oscilando no plano xz , caracteriza-se uma onda plana ou linearmente polarizada. O plano de polarização é o plano no qual há a oscilação do campo elétrico (no caso, o plano xy).

Os campos \vec{r} e \vec{B} estão em fase, isto é, atingem os valores zero e máximo ao mesmo tempo.

4.3.1 Espectro eletromagnético

A luz que reconhecida como branca é formada por ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda, que se situam dentro do intervalo visível de 380 a 780nm, e contêm todas as cores do arco íris. Esses “componentes cromáticos” da luz branca não são vistos, devido à inoperância de cérebro humano para distinguir cada cor isoladamente. O que ocorre é que o cérebro registra o efeito aditivo dos componentes do Espectro Eletromagnético. As ondas eletromagnéticas caracterizam-se por comprimentos de onda ou por sua frequência.

O comprimento de onda depende da frequência, conforme a lei: $\lambda = c \div f$

Onde λ é o comprimento de onda em metros (em seus múltiplos e submúltiplos) e f é a frequência em hertz (Hz). (FIG. 4.1)

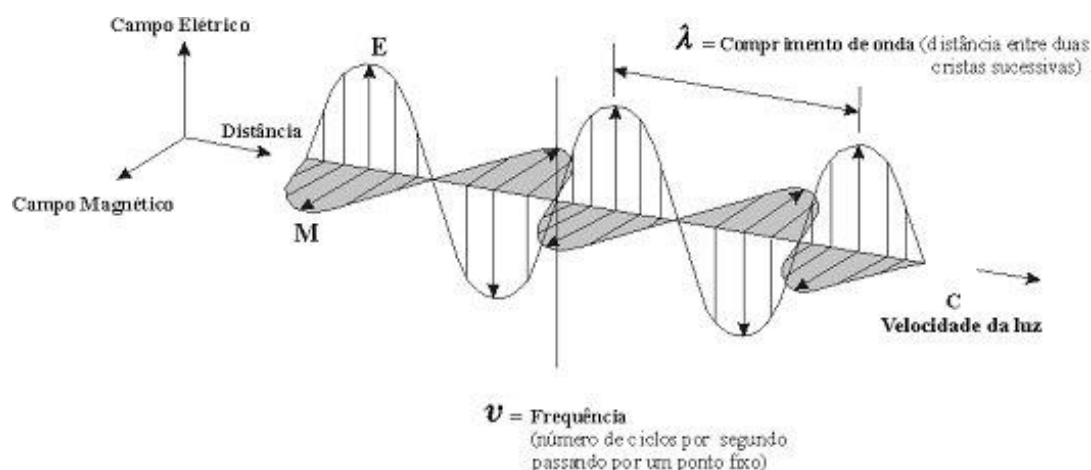


FIGURA 4.1 Aspecto de uma onda eletromagnética
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001

A luz que é visível está compreendida numa pequena faixa, dentro de um intervalo bastante grande de frequências ou comprimentos de onda, possíveis para as ondas eletromagnéticas, chamado espectro eletromagnético (FIG.4.2).

Observação: $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m} = \frac{1\text{m}}{1.000\text{m}}$

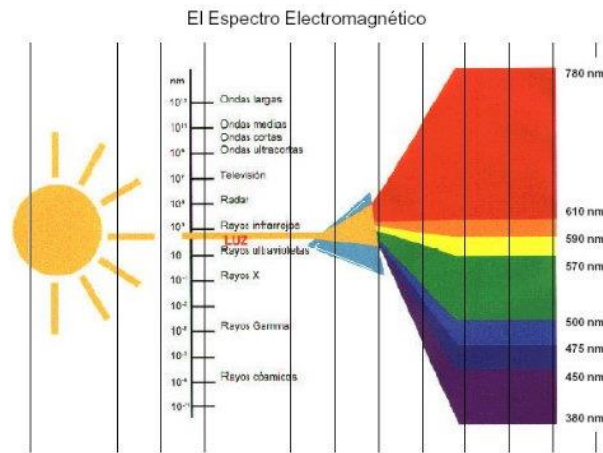


FIGURA 4.2 Espectro eletromagnético
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

Na faixa visível (FIG.4.3), cada comprimento de onda corresponde a uma cor. A união das setes cores é a luz branca como comprovado por Newton.



FIGURA 4.3- Faixa visível
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

A reflexão das radiações de cores se dá por meio das superfícies brancas, enquanto a absorção por uma superfície preta (FIG.4. 4).

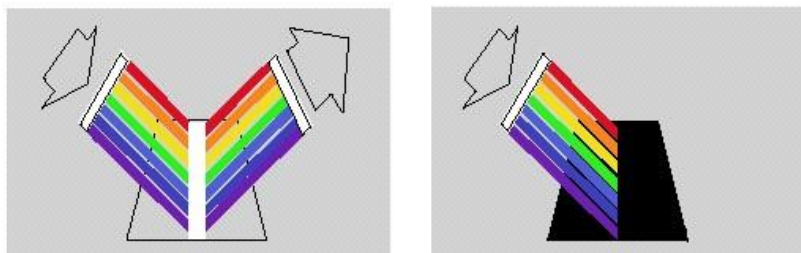


FIGURA 4.4 - Faixa visível
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

As cores primárias de luz são o verde, vermelho e o azul. A união destas cores gera diversas cores de luz (FIG. 4.5).



FIGURA 4.5 – Cores primárias de luz
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

4.4 Grandezas e unidades da luminotécnica

A intensidade luminosa é uma característica subjetiva da luz, e difere da intensidade energética, ou radiante, por um fator de luminosidade, que reflete a sensibilidade do olho humano médio, variável com o comprimento de onda. A intensidade energética se mede em Watts por steradiano (W/Sr), que é uma unidade derivada do Sistema Internacional de Unidades (S.I). A intensidade luminosa é uma grandeza fundamental do sistema S.I. que só aparece em problemas luminotécnicos.

4.4.1 Fluxo Luminoso

Para conceituar fluxo luminoso é necessário lembrar que energia radiante é a energia que se propaga sob a forma de ondas eletromagnéticas, seja ela luminosa ou não, e que fluxo radiante é a potência com que uma fonte produz energia radiante. Assim, a unidade de fluxo radiante no S.I. é Watt (W). Quando o fluxo radiante é tal que a energia radiante afeta a sensibilidade do olho humano na unidade de tempo, este fluxo é denominado fluxo luminoso. Portanto, o fluxo luminoso é uma potência luminosa de fonte de luz, que usualmente é dada por W(watt) e cuja unidade usual é o lúmen (lm).

Exemplos de valores do fluxo luminoso de algumas lâmpadas elétricas constam da TAB.4.2.

TABELA 4.2

Valores de fluxo luminoso de algumas lâmpadas

POTÊNCIA (W)	FLUXO LUMINOSO (lm)	BASE	VIDA MÉDIA (h)	EQUIPAMENTO AUXILIAR		CAPACITOR COMPENS. (µF)	IGNITOR PLZSO PARTIDA (Ev)
LÂMPADAS INCANDESCENTES COMUNS							
60	730	E-27	1000	-	-	-	-
75	960	E-27	1000	-	-	-	-
100	1380	E-27	1000	-	-	-	-
150	2220	E-27	1000	-	-	-	-
200	3150	E-27	1000	-	-	-	-
LÂMPADAS INCANDESCENTES HALÓGENAS							
300	5000	R7S	2000	-	-	-	-
500	9500	R7S	2000	-	-	-	-
1000	22000	R7S	2000	-	-	-	-
LÂMPADAS DE LUZ MISTA							
160	3100	E-27	5000	-	-	-	-
250	5600	E-27/E-40	5000	-	-	-	-
500	14000	E-40	5000	-	-	-	-
80	3800	E-27	9000	REATOR	AFP	7	-
125	6300	E-27	9000	REATOR	AFP	10	-
250	13000	E-40	9000	REATOR	AFP	16	-
400	22000	E-40	9000	REATOR	AFP	25	-
LÂMPADAS A VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO - ELIPSOIDAL							
70	5600	E-27	12000	REATOR	AFP	10	3,0 - 4,5
100	9500	E-40	24000	REATOR	AFP	12	3,0 - 4,5
150	14000	E-40	16000	REATOR	AFP	18	3,0 - 4,5
210	18000	E-40	16000	REATOR	AFP	25	-
250	25000	E-40	16000	REATOR	AFP	30	3,0 - 4,5
350	34000	E-40	16000	REATOR	AFP	42	-
400	47000	E-40	16000	REATOR	AFP	45	3,0 - 4,5
LÂMPADAS A VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO - TUBULAR							
70	6600	E-27	28000	REATOR	AFP	10	1,9 - 2,3
100	10000	E-40	28000	REATOR	AFP	12	3,0 - 4,5
150	14500	E-40	28000	REATOR	AFP	18	3,0 - 4,5
250	27000	E-40	28000	REATOR	AFP	30	3,0 - 4,5
400	48000	E-40	28000	REATOR	AFP	45	3,0 - 4,5
600	90000	E-40	28000	REATOR	AFP	60	3,0 - 4,5
1000	130000	E-40	28000	REATOR	AFP	100	3,0 - 4,5
LÂMPADAS A VAPOR METÁLICO DE ALTA PRESSÃO - ELIPSOIDAL							
70	5200	E-27	10000	REATOR	AFP	10	3,0 - 4,5
100	9000	E-27	15000	REATOR	AFP	12	3,0 - 4,5
150	11400	E-27	15000	REATOR	AFP	18	3,0 - 4,5
250	17000	E-40	1000	REATOR	AFP	30	3,0 - 4,5
400	31000	E-40	1000	REATOR	AFP	45	3,0 - 4,5
1000	105000	E-40	12000	REATOR	AFP	85	1,0 - 1,5
15000	165000	E-40	6000	REATOR	AFP	-	1,0 - 1,5
LÂMPADAS A VAPOR METÁLICO DE ALTA PRESSÃO - TUBULAR							
70	4800	R7S	6000	REATOR	AFP	12	1,8 - 2,5
100	8100	E-27	15000	REATOR	AFP	12	2,8 - 4,5
150	11000	R7S	6000	REATOR	AFP	18	2,5 - 4,5
250	19000	E-40	10000	REATOR	AFP	32	3,0 - 4,5
400	33000	E-40	10000	REATOR	AFP	45	3,0 - 4,5
1000	80000	E-40	6000	REATOR	AFP	85	4,0 - 5,0
1500	155000	E-40	3000	REATOR	AFP	-	-
2000	190000	E-40	6000	REATOR	AFP	50	-

Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001

4.2 Intensidade luminosa

Fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto é a intensidade luminosa que tem como símbolo “T” e a unidade, é a candela (cd). A intensidade luminosa pode ser

associada à lâmpada ou à luminária, sendo, na prática, este segundo caso muito mais útil pois sempre é adotado uma lâmpada em conjunto com a luminária. (VIANNA, 2001)

4.4.3 Eficiência luminosa

Sabe-se que uma fonte de luz como uma lâmpada incandescente transforma energia elétrica em energia radiante, da qual apenas uma parcela é percebida pelo olho em forma de luz, outra é transformada em calor e uma terceira parcela em energia radiante não luminosa.

Assim, definem-se eficiências luminosas de uma fonte, que se indica por n , como sendo a razão entre o fluxo luminoso total emitido pela fonte e a potência elétrica dissipada pela obtenção de tal fluxo, isto é:

$$n = \frac{\text{lumens}}{\text{watt}} \quad (4.1)$$

Como a unidade usual de fluxo luminoso é lúmen (lm) e a da potência no S.I. (sistema internacional de unidades) é Watt (W), a unidade de eficiência luminosa é dada em lm/ W.

4.4.4 Iluminância

Os raios luminosos não são visíveis, e a sensação de luminosidade é decorrente da reflexão destes raios por uma superfície. Esta luminosidade, então é chamada de luminância; logo, a iluminância é a luz incidente, não visível e a luminância é a luz refletida, visível.

Sem nenhum rigor, ao observar duas superfícies brancas e iguais, pode-se comparar as iluminâncias delas, dizendo que uma está mais iluminada do que a outra ou que estão igualmente iluminadas. Do ponto de vista físico, este conceito é estabelecido pela equação:

$$L = \frac{I}{A \times \cos\alpha} \quad (4.2)$$

Onde:

L= Luminância em cd/m²; I = Intensidade Luminosa em cd; A = Área projetada em m² e

α = ângulo considerado em graus

A unidade de iluminância no SI é denominada lux (lx), assim definido, “lux é a iluminância de uma superfície plana, de área 1m^2 , que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído”. Assim:

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lúmen}}{1\text{m}^2} \quad (4.3)$$

Uma vez que objetos possuem diferentes capacidades de reflexão da luz, fica compreendida que certa iluminância pode gerar diferentes luminâncias. Vale lembrar que o coeficiente de reflexão é a relação entre o fluxo luminoso incidente e o refletido pela superfície. Esse coeficiente varia de acordo com a cor e a textura. Uma superfície difusora é aquela cuja luminância é igual em todas as direções.

A determinação dos níveis de iluminâncias é baseada empiricamente por meio de testes que relacionavam o desempenho da tarefa visual com suas variações. Em 1932, estudos realizados mostraram que a acuidade visual está diretamente relacionada ao nível de iluminação e que ela é determinada principalmente pela relação de luminância entre a tarefa e o entorno.

Outro fator relevante é a complexidade e a dificuldade da própria tarefa a ser realizada, assim como o próprio indivíduo a realizá-la. Outros detalhes devem ser considerados para definição do nível de iluminação:

- a) o tamanho dos detalhes críticos desta tarefa;
- b) a distância que estes detalhes são vistos;
- c) a iluminância das tarefas (função do fator de reflexão);
- d) os contrastes entre tarefas/entorno;
- e) a velocidade com que as tarefas devem ser desenvolvidas;
- f) o grau de precisão exigida nas suas realizações;
- g) a idade de quem realiza.

Os níveis de iluminância mínimos e médios para diferentes tarefas visuais e do procedimento de avaliação do desempenho lumínico para diversos ambientes são tratados na ABNT NBR 15575-1. (ABNT, 2008) Estes níveis devem ser considerados referências já que em diversos espaços a intenção da iluminação extrapola para mais ou para menos o recomendado pelas

normas, permitindo que a ambiência dos espaços seja o principal motivo definidor da iluminância dos ambientes.

A norma estabelece condições gerais principais para método de cálculo e medição in loco para o desempenho lumínico:

- a) a iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se o nível do referente a um plano horizontal a 0,75m do piso;
- b) no caso em que seja necessária uma elevada iluminância em um limitado campo de trabalho, este pode ser conseguido com iluminação suplementar;
- c) simulações nos centros dos ambientes;
- d) a iluminância no restante do ambiente deve ser inferior a 1/10 do valor adotado para o campo de trabalho, mesmo que a iluminância recomendada para o restante do ambiente seja menor;
- e) no período noturno, supor a iluminação artificial do ambiente totalmente ativada, considerando a tensão nominal da rede e as potências nominais de luminárias, lâmpadas, reatores e outros dispositivos de iluminação;
- f) no período diurno, simulações sem nenhuma entrada de luz externa (portas, janelas e cortinas fechadas);
- g) para escadarias, simulações nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance.

A norma também apresenta procedimento para a determinação da iluminância conveniente segundo a idade, a velocidade e precisão necessárias para a realização de tarefa e também da refletância do fundo da tarefa visual.

A definição do nível de iluminamento está sujeita a outros parâmetros já que, segundo alguns estudos demonstram, existe um limite quantitativo para o “E” (iluminamento requerido) a partir do qual qualquer aumento não traz mais nenhuma melhora para a acuidade visual. Este limite estaria por volta de 2.000 lux, ponto de saturação. (VIANNA, 2001)

Outra questão a ser considerada é o nível de consumo de energia, o custo inicial de instalação e o custo de manutenção já que, quanto maior o nível de iluminamento, maiores serão os custos citados.

4.5 Ótica e controle da luz

O controle ótico da luz pode ser verificado por meio dos seguintes fenômenos físicos: reflexão, refração, polarização, interferência, difração, difusão e absorção. (IES-1995)

A reflexão pode se dar de forma especular (superfície polida e ou espelhada,) quando o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. (FIG. 4.6) A semidifusa (superfície corrugada, áspera, rugosa, etc.). A difusa (superfície fosca). A composta (superfície com mais de uma das características acima)

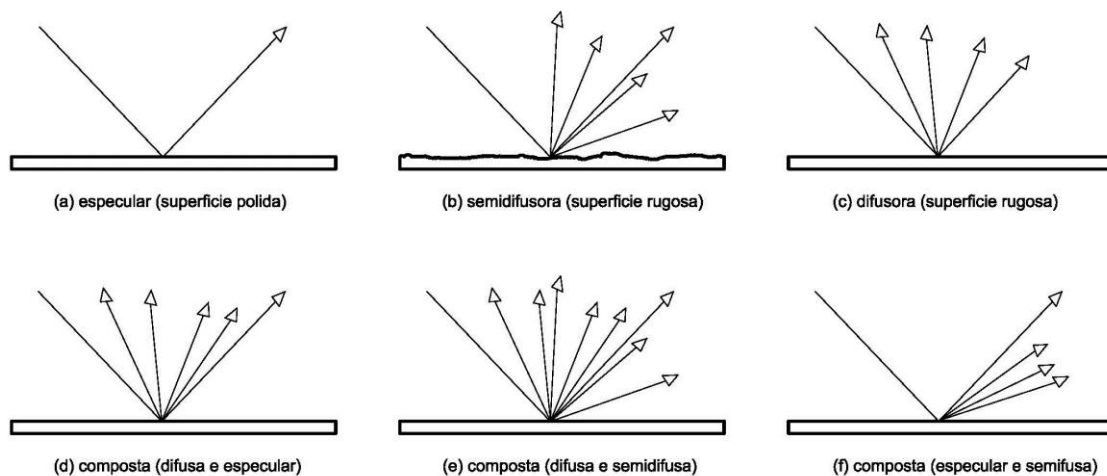


FIGURA 4.6 - Variação das reflexões segundo o tipo de superfície
Fonte: Adaptado de ROIZENBLATT; SZABO, 2004.

4.5.1 Fatores de reflexão, transmissão e absorção.

Define-se fator de reflexão ou refletância, a razão entre o fluxo luminoso refletido em uma superfície e o fluxo luminoso incidente nesta superfície. Do mesmo modo, define-se fator de transmissão ou transmitância, a razão entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente nesta superfície. Também, de modo análogo, define-se fator de absorção, a razão entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente. O fluxo luminoso incidente numa superfície é a soma dos fluxos luminosos refletido, transmitidos e absorvidos.

4.5.2 Materiais refletores e transmissores

O maior ou menor reflexo ou transmissão da luz ao atingir as superfícies, depende das características físicas dos materiais utilizados. Esses materiais podem apresentar características físicas em que predomina a sua capacidade de reflexão que são os classificados

como especulares, semidifusores ou difusores, e aqueles em que predomina a sua capacidade de transmissão, que são os vidros e os plásticos.

4.6 Temperaturas de cor

A impressão de coloração de um objeto significa que, ao receber iluminação branca há a absorção de todas as cores, menos daquela que é refletida, sensibilizando os olhos. Um corpo que absorve todas as cores, sem produzir reflexão, é chamado corpo negro. O corpo negro é chamado radiador ideal, visto que pode emitir o máximo de energia radiante em todas as zonas do espectro, sem, contudo absorver a energia a ele dirigida. Na prática, o corpo negro é representado por uma cavidade, cujas paredes são enegrecidas com fuligem, com uma abertura pela qual saem as radiações. Ao se aquecer o corpo negro uniformemente, percebe-se que, à medida que se eleva a temperatura, a radiação torna-se mais branca e mais intensa, chegando até a uma coloração azulada. Por outro lado, em baixas temperaturas, o aspecto é de cor amarelo-avermelhada.

O que se chama, portanto, de temperatura de cor é a cor da luz emitida pelo corpo negro, associado à temperatura em que o corpo se encontra. A unidade de temperatura é o kelvin, uma escala padrão absoluta de temperatura. A temperatura de zero kelvin é considerada a menor que se pode obter na natureza, quando ocorreria completa estagnação dos movimentos eletrônico-moleculares na matéria. Em laboratório conseguiu-se chegar a 0,0014K. É importante verificar que zero kelvin corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$.

Na TAB. 4.3 mostram-se as diferentes colocações (aparência) que o corpo negro apresenta em função da temperatura em Kelvin alcançada.

TABELA 4.3
Temperatura de cor e sua aparência

Temperatura do corpo negro	Aspecto da cor
800 K a 1.500 K	vermelho
1.500 K a 1.900 K	vermelho - amarelado
1.900 K a 3.200 K	amarelo
3.200 K a 4.500 K	amarelo-claro
4.500 K a 10.000 K	branco
maior que 10.000 k	branco-azulado

Fonte: Adaptado de ROIZENBLATT; SZABO, 2004

As fontes de luz artificial (lâmpadas) têm a cor de sua luz referenciada à temperatura de cor. Para uma exata verificação da variação de cores em função da temperatura de cor, deve-se consultar o triângulo cromático da *Comission Internationale de L' Eclairage* (CIE). Com

relação à aparência visual da cor da lâmpada, uma impressão de calor é sentida quando a cor da luz é avermelhada (isto é, uma baixa temperatura de cor). Por outro lado, quando a cor da luz corresponde a uma alta temperatura de cor, a impressão psicológica é de frio.

É preciso enfatizar que duas fontes de luz com a mesma aparência visual de cor pode ter composições espectrais completamente diferentes, resultando em diferentes desempenhos quanto à reprodução cromática (FIG. 4.7).

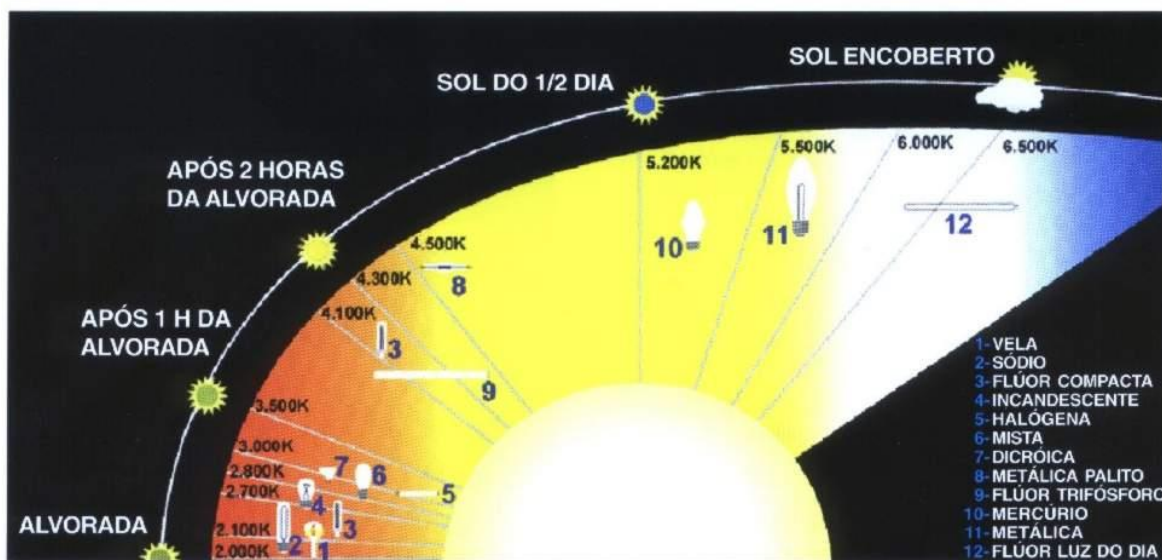


FIGURA 4.7 - Luz natural e variação da temperatura de cor
Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001

A NBR 5461 (ABNT, 1991) que trata de terminologia de iluminação define temperatura de cor (T_c) como temperatura do corpo negro que emite uma radiação que tem a mesma cromaticidade que a do estímulo dado e temperatura de cor correlata (T_{cp}) como temperatura do corpo negro cuja cor percebida se assemelha o mais próximo possível, nas condições de observação especificadas, àquela do estímulo dado de mesma luminosidade, ficando clara a analogia entre a cromaticidade do corpo negro e da cor aparente da fonte de luz.

Essa analogia pode ser feita também com a cor aparente da luz do céu; como escreve Robbins (1986) a cor predominante da luz do dia depende se o céu típico é claro ou nublado:

- para um céu claro com sol a temperatura de cor é aproximadamente 5.000K;

- para um céu nublado é aproximadamente 7.000K;
- para um céu azul é aproximadamente 7.500-19.000K.

Trabalhando-se com essa analogia, pode-se montar a seguinte listagem de temperatura de cor de várias fontes de luz em K:

- variação típica da luz do sol: de 0 a 6.000 K, aproximadamente;
- variação típica da luz da abóbada celeste: entre 6.000 e 28.000 K;
- variação típica da luz do sol nas duas horas do amanhecer: de 0 a 5.000 K, aproximadamente;
- amanhecer + 15 minutos: 2.000 K, aproximadamente;
- amanhecer + 1 hora: 3.300 K, aproximadamente;
- amanhecer + 2 horas: 4.800 K, aproximadamente;
- Céu padrão CIE uniforme: 7.000 K, aproximadamente;
- céu típico do hemisfério norte: 19.000 K, aproximadamente;
- céu do hemisfério norte, alta altitude, muito limpo: 26.000 K, aproximadamente;
- variação típica das lâmpadas fluorescentes: entre 2.700 e 5.500 K, aproximadamente;
- variação típica das lâmpadas incandescentes: entre 2.200 e 4.000 K, aproximadamente;
- luz de vela: 1.800K, aproximadamente;
- fluorescente "daylight": 6.500 K, aproximadamente.

Evidentemente, quanto mais baixa a temperatura do corpo negro, mais amarelada ou alaranjada ficará a cor aparente da fonte de luz e quanto mais alta, mais branca ou branca azulada. Porém não é essa leitura que o senso comum faz; os usuários tendem a relacionar cores amareladas ou alaranjadas a objetos incandescentes (FIG.4.8 e FIG.4.9) como, por exemplo, uma fogueira, e cores mais esbranquiçadas ou azuladas a objetos gelados; assim surge a seguinte classificação de denominação feita pela PHILIPS (1975).

$$\begin{aligned}
 &> 5.000 \text{ K fria (branca azulada)} \\
 &3.300 - 5.000 \text{ K intermediária/neutra (branco)} \\
 &< 3.300 \text{ K quente (branca avermelhada)}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

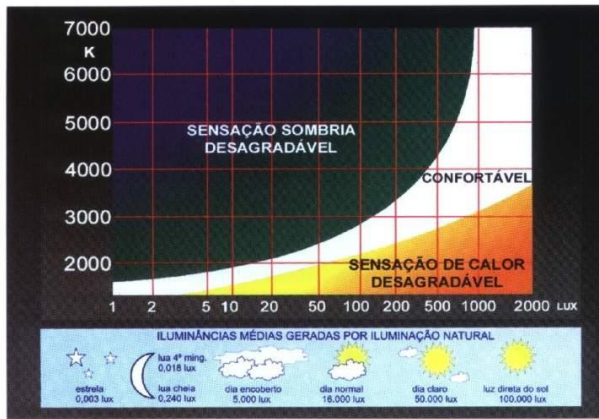


FIGURA 4.8 - Sensação da aparência das cores
 Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

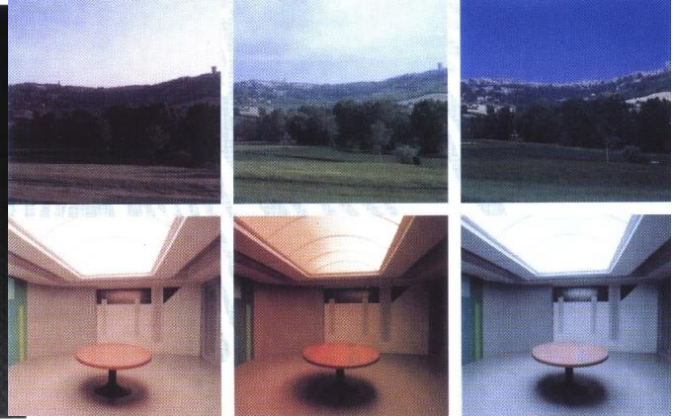


FIGURA 4.9 - Aparência e sensação da temperatura de cor
 Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001.

A cor de um objeto mudará conforme a temperatura de cor de uma determinada fonte de luz: um objeto vermelho iluminado por uma luz amarelada ficará alaranjado, esse mesmo objeto iluminado por uma luz azulada tenderá para a púrpura, um objeto azul ficará acinzentado quando iluminado por uma luz amarelada, mas se receber uma luz azul, seu azul ficará salientado, um objeto rosa iluminado por uma luz amarelada terá uma aparência vermelha, esse mesmo objeto rosa, iluminado por uma luz azulada poderá ter uma distorção de cor para o azul. Na TAB. 4.4 são apresentadas diversas temperaturas de cor para vários tipos de céu, lâmpadas e fontes de luz.

Por outro lado, espaços iluminados por diferentes temperaturas de cor poderão assumir características psicológicas distintas já que promovem diferenças agregando ganhos para os projetos de iluminação na medida em que diferenciam ou corrigem aparências indesejáveis nos ambientes.

TABELA 4.4
Relação entre cor do objeto e cor aparente da luz

TEMPERATURA	FONTE DE LUZ
25.000K	Céu de dia nublado no Polo Norte
13.000K	Céu ligeiramente encoberto
12.000K a 9.000K	Céu de azul aberto
7.500K a 6.500K	Céu Encoberto
6.500K	Lâmpada fluorescente do tipo luz do dia
6.000K	Lâmpada de mercúrio
6.000K a 5.500K	Luz do sol durante a maior parte do dia
5.600K a 5.500K	Flash Eletrônico
5.500K a 5.000K	Luz do sol ao amanhecer ou entardecer
5.000K	Lâmpada de Xenônio
4.500K	Arco Voltaico
4.500K	Lâmpada Fluorescente do tipo Branca Fria
4.100K	Luz do luar em dia de lua cheia
4.000K	Lâmpada de flash tipo bulbo
3.500K	Lâmpada fluorescente do tipo Branca quente
3.400K	Lâmpada de estúdio Photo Flood Tipo A
3.200K	Lâmpada de estúdio Photo Flood Tipo B (Halogenas)
3.200K	Nascer e Por do Sol
3.000K	Lâmpada incandescente Comum de tungstênio 200w
2.680K	Lâmpada incandescente Comum de tungstênio 40w
2.000K	Lâmpada de vapor de sódio
1.700K	Candeeiro / Luz de vela
1.200K	Luz do fogo

Fonte: REVISTA LUMIÈRE, 2001

4.6.1 Recomendações gerais: temperatura de cor

Dois manuais são básicos para os projetistas de iluminação: *Lighting Handbook – reference & application* da Illuminating Engineering Society of North America (IES), de 1995 e o Manual de Iluminação da PHILIPS (edição em português de 1975, nova edição em inglês de 1993).

No Manual da IES (1995), existe a seguinte recomendação: experiências com os efeitos psicológicos de diferentes temperaturas de cor e iluminâncias sugeriram que o uso de lâmpadas com temperatura de cor elevada com baixas iluminâncias faz o espaço ficar com a

aparência fria e sombria. Consequentemente, a utilização de lâmpadas com baixa temperatura fará o espaço ficar com aparência artificial e por demais colorida e não natural.

A curva Kruithof relaciona temperaturas de cor que são percebidos como agradável ao nível de iluminação de um ambiente. Foi criada pelo o físico holandês Andries Kruithof que trabalhava na PHILIPS, no início de 1940, quando fontes fluorescentes estavam começando a afetar a forma como se pensava sobre a luz e cor de renderização (FIG. 4.11).

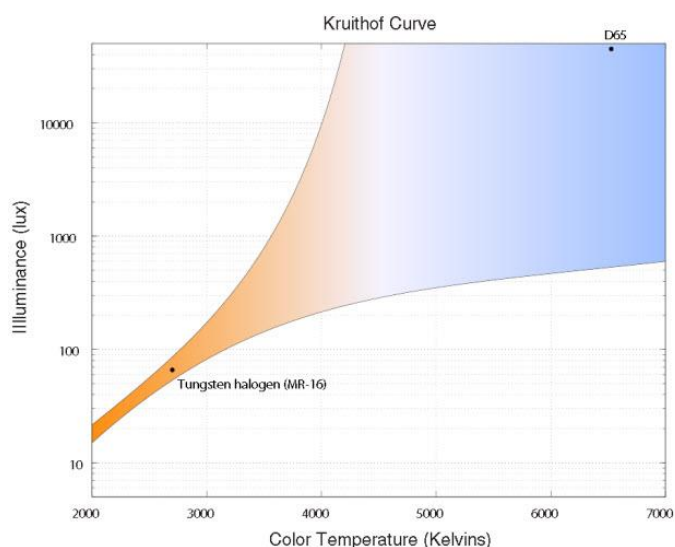


FIGURA 4.10- Curva de Kruithof relacionando iluminância e temperatura de cor.
Fonte: ROIZENBLATT; SZABO, 2004.

Kruithof realizou alguns testes informais de como o olho humano relaciona a quantidade de luz em um determinado tempo de um dia para a temperatura de cor da fonte de luz. Chegou à conclusão que as pessoas em climas mais quentes tendem a favorecer as fontes frias de temperatura de cor, e as pessoas em climas mais frios, as fontes de luz mais quente. Esta constatação não pode ser generalizada para todas as pessoas. Sociedades orientais têm preferências diferentes das sociedades ocidentais.

As condições de iluminação dentro da região limitada da trama foram empiricamente avaliadas como sendo agradável e as condições de fora da região foram consideradas desagradáveis.

Por exemplo, a luz do dia em uma temperatura de cor de 6.500 K e uma iluminância alta resulta em uma natural reprodução de cores, mas a temperatura da mesma cor parece azulada

sob luminosidade fraca. Em níveis típicos de escritório de iluminância (400 Lux), temperaturas de cor são agradáveis entre 3000 e 6000 K, ao passo que a níveis típicos de casa de iluminância (75 lux), temperaturas de cor são agradáveis entre 2400 e 2700 K, o que pode ser conseguido com lampadas incandescentes.

A percepção da cor de uma fonte de luz muda com as diferentes luminâncias (brilho), devido ao efeito de Purkinje: o comprimento de onda de luz para o qual o olho é mais sensível depende da luminância. Isto ocorre já que os dois cones e bastonetes dos olhos são ativos ao mesmo tempo, tendo cada um sensibilidade diferente. O Efeito Purkinje tenta explicar por que o nosso cérebro muda para visão escotópica ao entardecer, quando os níveis de iluminação são muito baixos, e a renderização de cor é pobre, a vibração de vermelhos vai embora muito mais rápido do que a vibração de azuis na nossa visão.

No Manual de Iluminação da PHILIPS (1975) afirma-se que “para uma iluminação ser de boa qualidade, a cor da luz das fontes relevantes deverá estar relacionada com a iluminância”. De experiências concluiu-se que, quando a iluminância aumenta, a temperatura de cor das fontes também deverá aumentar, isto é, quanto maior a iluminância, mais branca deverá ser a cor da fonte de luz.

Nele ainda se analisa que “Objetos de cores quentes são julgados mais agradáveis de ser vistos sob luz de cor quente do que de cor fria. Igualmente a ausência de energia de ondas curtas (frias) em luz quente tem a tendência de “matar” mais ou menos as cores frias de objetos.” (TAB. 4.5)

TABELA 4.5
Relação entre iluminação e temperatura de cor

Iluminância (lux)	Quente	Intermediária	Fria
< 500	Agradável	Neutra	Fria
500 - 1.000	⇕	⇕	⇕
1.000 - 2.000	Estimulante	Agradável	Neutra
2.000 - 3.000	⇕	⇕	⇕
> 3.000	Irreal	Estimulante	Agradável

Fonte: Adaptado de ROIZENBLATT; SZABO, 2004

Assim, ambos os manuais têm como sua principal recomendação verificar a relação entre temperatura de cor e iluminância. Enquanto o Manual IES (1995) diz que, por exemplo, para

300 lux deve-se trabalhar com temperaturas de cor de 3000 a 5000 K, o Manual da Philips (1975) diz que a provável resposta para 3000 K com 300 lux será “agradável”, para temperaturas de cor acima dessa será neutra ou fria, o que demonstra até certo conflito entre as duas informações. Para iluminâncias relativamente altas como 1000 lux, no Manual da IES (1995) detectou-se a preferência de 3500 K em diante que o Manual classifica como estimulante, agradável, mas para aparência de cor fria apenas neutro o que, de certa forma, questiona a afirmação de que, quando iluminância aumenta, a temperatura de cor das fontes também deverá aumentar.

Deve-se assinalar que níveis altos de iluminância são utilizados na prática em locais muito específicos, mas não deixam de estabelecer tendências de gosto e permitem comparação.

4.7 Recomendações para aplicações específicas.

Em se tratando de aplicações específicas, o Manual de Iluminação da Philips (1975) procura não oferecer as informações de uma maneira abstrata, mas preocupa-se com a questão do lugar e com a leitura psicológica do ambiente. Assim ressalta que ambientes de temperatura fria ou quente poderão ser neutralizados por luz quente ou fria, respectivamente e que a impressão criada por um espaço depende muito da cor aparente da fonte de luz empregada. O Manual sugere ainda levar em consideração a estação do ano e recomenda:

- a) para a primavera uma temperatura de cor quente para fontes difusas e uma temperatura de cor fria para fontes direcionadas;
- b) para o verão temperaturas de cor quente;
- c) para o outono temperatura de cor fria em se tratando luz difusa e uma temperatura de cor quente em se tratando de direcional e
- d) para uma temperatura de cor fria no inverno.

Este Manual recomenda que, em caso de dúvida na escolha da temperatura de cor, as fontes mais seguras são as com uma temperatura de cor intermediária e que, em termos gerais, costuma-se dizer que níveis de iluminâncias acima de 1000 lux, a cor da luz deve ser tanto mais fria quanto mais alta for o nível da iluminância. (PHILIPS, 1975)

Debreczeni; Kardos e Sinka (1985) assinalam que temperaturas de cor abaixo de 3300 K são apreciadas até 500 *lux*, com aplicação em residências e locais de recreação (FIG.4.12); entre 3300 K e 5300 K é utilizada em aplicações entre 300 e 1500 *lux*, principalmente em locais de trabalho (FIG.4.13); acima de 5300 K (luz do dia) é para aplicações acima de 1000 *lux*, em instalações especiais.



FIGURA 4.11: Ambiente de lazer
Fonte: REVISTA LUME, 2008.

Debreczeni; Kardos e Sinka (1985) tecem também as seguintes observações:

- a) abaixo de 1000 *lux* a Temperatura de cor (TC) acima de 6000 K é especialmente não agradável, principalmente se não existir vermelho no espectro;
- b) o índice de reprodução de cores (IRC) das fontes, as cores do ambiente e suas reflexões influenciam a escolha das fontes de luz;
- c) fontes de luz quentes reproduzem bem cores quentes e abafam as cores frias;
- d) fontes de luz com branco neutro fazem a reprodução aceitável tanto das cores quentes como das frias;
- e) a cor dos alimentos recebe uma apreciação da reprodução de cor melhor com luz proveniente de fontes quentes.



FIGURA 4.12 - Ambiente de Trabalho
Fonte: SCHERÉDER, 2012.

Outras recomendações específicas se destacam nos manuais, livros técnicos e artigos específicos, sendo normalmente agrupadas pelo uso; conforme se explicita nos quadros 4.1 e 4.2.

QUADRO 4.1 Recomendações específicas

USO	RECOMENDAÇÕES
Escolas	<p>Manual de Iluminação recomenda em climas quentes temperatura de cor acima de 5000 K, em climas moderados entre 3300 e 5000 K e em climas frios abaixo de 3300 K (PHILIPS,1975);</p> <p>O IES faz comentários referentes às salas para educação artística:</p> <ul style="list-style-type: none"> • as fontes de luz devem ser selecionadas de tal forma que os objetos tenham a mesma aparência de cor que sob a luz natural, no caso do Hemisfério Sul as aberturas devem ocorrer na fachada sul já que a luz natural será proveniente da reflexão da Abobada celeste, no Hemisfério Norte ao contrario a fachada Norte é a mais recomendada.
Escritórios	<p>O Manual de Iluminação recomenda em geral temperatura de cor acima de 5000 K, mas faz considerações em função do lugar: em climas moderados entre 3300 e 5000 K, em climas frios abaixo de 3300 K (Philips, 1975);</p> <p>O IES tece os seguintes comentários:</p> <p>(...) a composição espectral da fonte de luz é crítica em caso de realização de trabalho detalhado com cores. A composição espectral de uma fonte de luz pode determinar a aparência global de pessoas, móveis e superfícies do ambiente, devendo, portanto, ser selecionada cuidadosamente.</p> <p>(...) Em espaços interiores como escritórios, uma fonte pode criar um ambiente “quente” se a temperatura de cor correlata está por volta de 3000 K ou mais baixa e um ambiente “frio” se estiver em 4000 K ou mais alta. A temperatura de cor correlata entre essas duas temperaturas é considerada neutra. A preferência por ambientes quentes, neutros ou frios varia de pessoa para pessoa.;</p>
Hospitais:	<p>O Manual de Iluminação recomenda temperatura de cor entre 3300 e 5000 K (PHILIPS, 1975);</p> <p>O IES diz que a temperatura de cor deve estar entre 3500 e 6700 K , recomendando também esses valores para as salas de cirurgia;</p>
Indústrias	<p>O Manual de Iluminação recomenda temperatura de cor acima de 5000 K em climas quentes, em climas moderados entre 3300 e 5000 K, em climas frios abaixo de 3300 K (PHILIPS, 1975);</p> <p>O IES apenas ressalta que quando a necessidade de distinção de cores faz parte do processo, a cor da fonte de luz deve ser selecionada criteriosamente.</p>
Residências:	<p>O Manual de Iluminação recomenda-se temperatura de cor abaixo de 3300 K (PHILIPS, 1975);</p>
Restaurantes	<p>O Manual de Iluminação recomenda temperatura de cor abaixo de 3300 K, ressalta que cores de alimentos geralmente são consideradas mais favoráveis quando vistas sob uma cor “quente” (PHILIPS, 1975);</p>

Já para lojas e museus são feitas recomendações mais detalhadas sobre a questão da temperatura de cor, tanto nos manuais citados como em artigos específicos, já que o IRC deve ser considerado um parâmetro muito importante.

Para lojas, galerias e museus a temperatura de cor tem um importante papel na determinação da aparência fria ou quente da instalação como um todo, e no caso de exposições de pinturas, essas devem ser iluminadas com a mesma temperatura de cor utilizada pelo artista. (CAMINADA; PARKER, 1994)

QUADRO 4.2 Recomendações para lojas, galerias, museus

USO	RECOMENDAÇÕES
Lojas Galerias Museus	<p>O IES (1995) faz apenas recomendações gerais, ressaltando que a composição espectral não determina apenas a aparência de cor da fonte (quente ou fria), mas também o índice de reprodução de cor;</p> <p>Já o Manual da Philips: recomenda temperatura de cor entre 3300 e 5000 K, em climas frios (PHILIPS, 1975). Artigos que precisam ser expostos em um ambiente quente, luxuoso e amigável pedem por uma luz “quente”; artigos que devem ser expostos em um ambiente dinâmico, de negócios, assim como produtos do dia-a-dia, como peixes e legumes, revelam seu melhor lado quando iluminados por uma luz branca neutra com uma iluminância relativamente alta.</p> <p>Para Museus o IES (1995) faz os seguintes comentários: O índice de reprodução de cor e a temperatura de cor correlata afetarão a aparência de cor dos objetos. A temperatura de cor da fonte de luz determinará a aparência “fria” ou “quente” do objeto em exposição. A luz natural do meio dia tem a temperatura de cor por volta de 5000 K; uma lâmpada fluorescente do tipo de luxo tem Temperatura de cor (TC) por volta de 4100 K; uma lâmpada incandescente é quente e tem a TC por volta de 2800 K.</p>
Lojas tipo Magazine	<p>Lojas tipo magazine trabalham com altas iluminâncias combinadas com uma aparência de cor de luz mais fria. Em termos gerais, costuma-se dizer que níveis de iluminâncias acima de 1000 lux, a cor da luz deve ser tanto mais fria quanto mais alta for o nível da iluminância (PHILIPS, 1993).</p> <p>Já o Manual recomenda para museus temperatura de cor entre 3300 e 5000 K (PHILIPS, 1975).</p>

Roizenblatt e Szabo (2004) consideram Filosofia quadrangular, para a relação entre o tipo de estabelecimento em questão e seu estilo, modelagem, ambiente e também iluminação, para que tenha maior possibilidade de atrair um grupo objetivo de consumidores. Pode-se esclarecer esta relação por meio de um diagrama constituído por uma espécie de matriz com os eixos definidos como preço e estilo de venda (FIG.4.14). Baseando-se no comportamento

e nas necessidades do consumidor, podem-se definir no diagrama os lugares para os diferentes tipos de lojas e produtos.

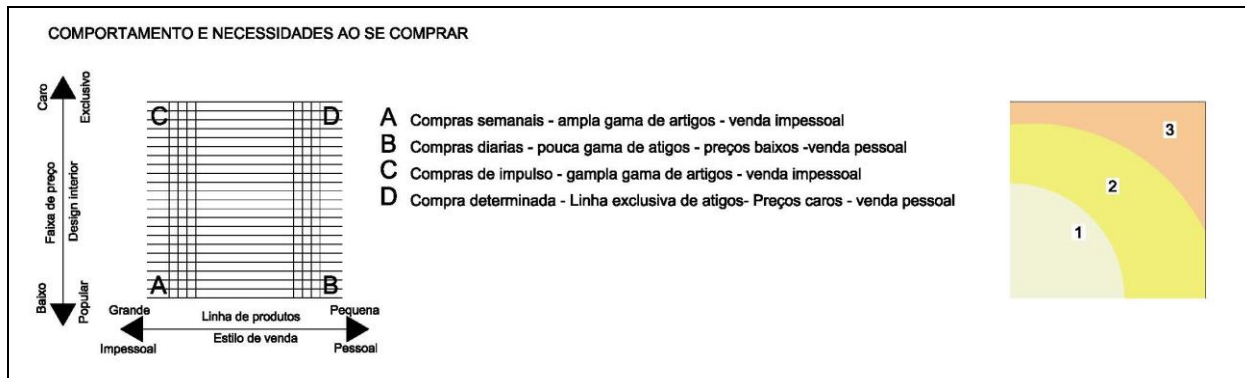


FIGURA 4.13 - Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor

Fonte: Adaptado de ROIZENBLAT; SZABO, 2004.

Canto inferior esquerdo: mercadoria não cara e impessoal

Cantos superiores esquerdos e inferiores direito: mercadorias caras e personalizadas

1. Branco neutro
2. Branco quente
3. Branco extra quente

Dando continuidade, deve-se dar enfoque a questão da temperatura de cor: deste modo, o lugar ocupado na matriz indica o ambiente e estilo mais apropriado para cada classe de estabelecimento. (FIG. 4. 15 e 4.16)

Supondo-se que cada tipo de estabelecimento requeira um estilo específico de iluminação, podendo-se ditar seus critérios principais, o aspecto da cor determina o ambiente já que a impressão criada por um espaço depende em grande medida da cor da luz empregada nele. Isso é aplicável em especial no caso dos ambientes internos dos estabelecimentos; toma-se, por exemplo, o caso dos produtos que pedem para serem expostos em um ambiente caloroso, luxuoso e acolhedor como as joias, o que pede um nível de iluminação baixo com uma cor de luz extra quente.

Por outro lado, certos produtos apresentam um aspecto melhor, incluindo-se os produtos lácteos, os peixes e frutos do mar e as verduras, quando são exibidos em um ambiente ativo, bem ordenado, em um entorno que dá a impressão de cor branco-neutra, com um nível lumínico relativamente alto.

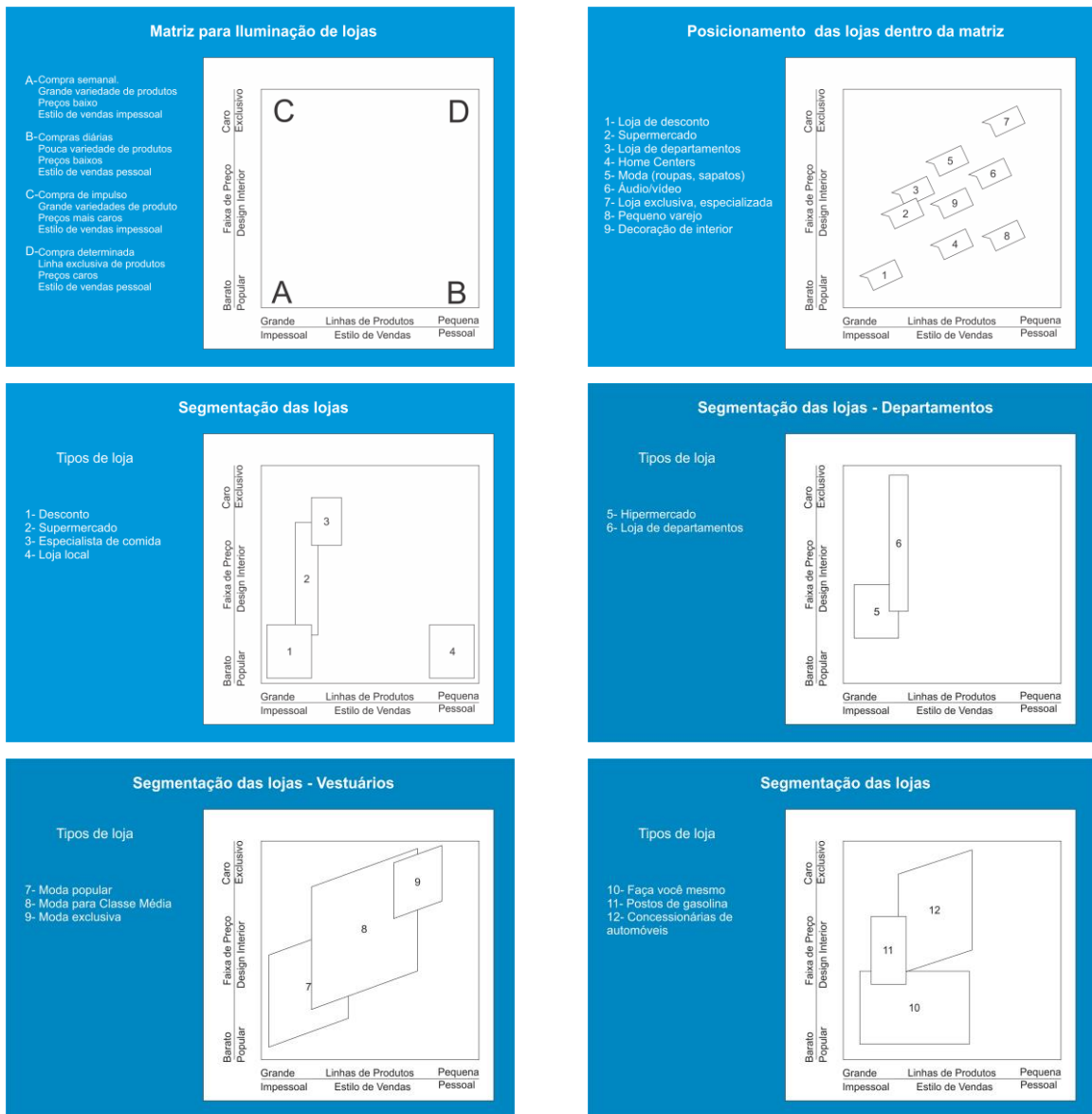


FIGURA 4.14 - Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor

Fonte: PHILIPS DO BRASIL, 2001.

Existe também o estabelecimento que pretende criar a imagem de valorização do produto. Neste caso, necessita-se de um nível de iluminação alto, combinado com uma cor clara relativamente fria. Em termos gerais, é correto dizer que a cor da luz deve ser esfriada na

medida em que se aumenta o nível da iluminação. Isto é aplicável a níveis de iluminação acima de 1000 lux. (VAN GILS, 1989)

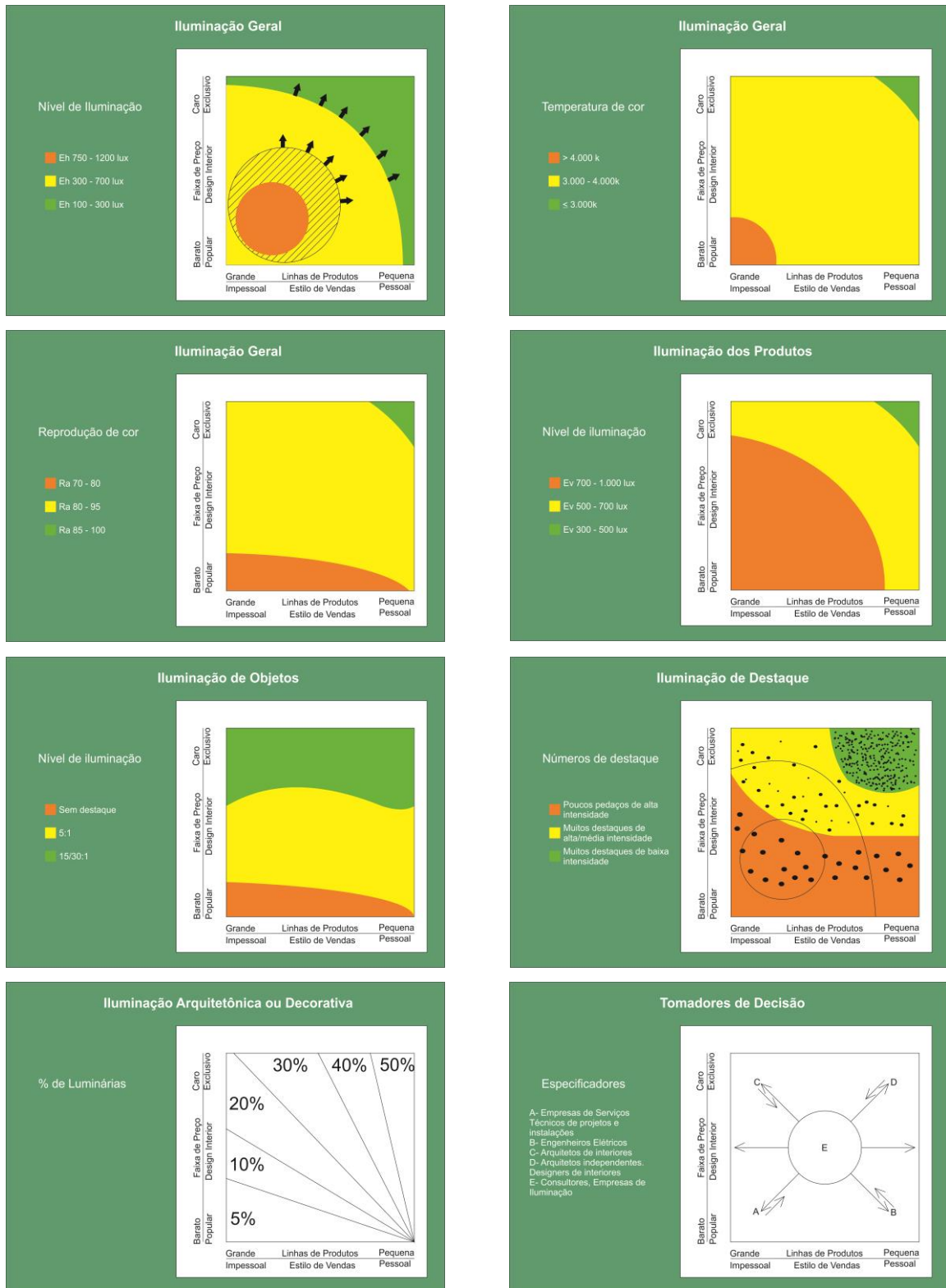


FIGURA 4.15- Matriz relacionando tipo de loja e temperatura de cor

Fonte: PHILIPS DO BRASIL, 2001.

As lâmpadas fluorescentes com pó trifósforo são fabricadas com grande variedade de temperatura de cor correlata. Misturando-se lâmpadas de diferentes temperaturas de cor (TC) ocorrerá a acentuação das diferenças de cor da exposição. Por exemplo, uma fonte de luz fluorescente branca fria em um espaço dominado por fontes incandescentes aparecerá fria, enquanto que a mesma lâmpada na luz do dia terá aparência quente (FIG. 4.17). (IES, 1995)



(a) (b)
FIGURA 4.16 - Museu de Arte de Niterói e Museu Oscar Niemeyer - Curitiba
Fonte: CASTANHEIRA, 2005.

Parece que a grande parte dos museus tem crenças similares sobre como os quadros devem ser iluminados: esses são posicionados em um clima luminoso que difere o menos possível daquele em que foi concebido. Propõe-se que esse clima seja definido pela temperatura de cor da luz intrínseca à pintura, sendo essa iluminada com uma fonte de temperatura de cor correlata a mais próxima possível da luz apropriada à pintura, com um índice de reprodução de cor próximo a 100 (FIG. 4.18).



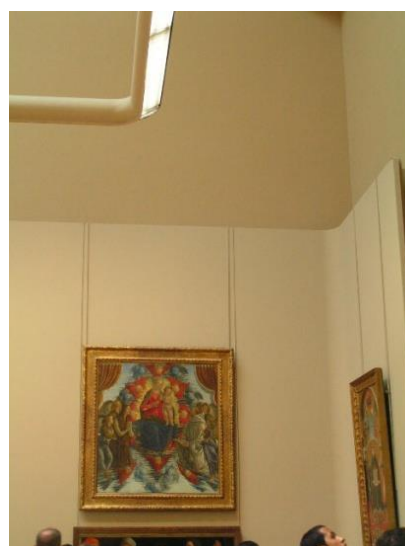
FIGURA 4.17 - Museu Nacional de Arte Moderna- Kioto -Maki and Associates architects
Fonte: KIOTO, 2010.

Como se pode saber em que clima luminoso a pintura foi concebida? Um caminho é encontrar que luz dispunha o artista no seu local de trabalho. Quando não são disponíveis informações sobre a iluminação que o artista dispunha no momento que estava pintando o quadro, Lemaigre Voreaux (1994) recomenda as seguintes temperaturas de cor, levando em consideração a composição de cores do quadro. Alguma dificuldade pode existir uma vez que grandes museus apresentam em seu acervo pinturas de diversas épocas (FIG.4.19 e FIG.4.20), exigindo soluções diversas. E se e a obra não se encaixar em nenhuma dessas referências, faz as seguintes recomendações:

- 2700 K para o alvorecer (predominantemente vermelho) ;
- 4000 K para o sol (predominantemente amarelo);
- 5000 K para o entardecer (predominantemente verde);
- 7000 K para a noite (predominantemente azul).



(a)



(b)

FIGURA 4.18 – Museu do Louvre Paris
Fonte: VELOSO, 2004.

Aconselha-se que uma luz com aproximadamente 4500 K deva ser usada para pinturas policromáticas para oferecer o máximo de luminosidade. Falando em termos gerais, uma luz entre 3000 K e 4000 K deve ser escolhida para trabalhos que retratam ambientes interiores e entre 5000 K e 6000 K para pinturas de cenas externas. Acredita-se que para oferecer à pintura uma boa luminosidade é necessário escolher a temperatura de cor em função da cor: 3000 K para o vermelho, 4000 K para o amarelo, 5000 K para o verde e 6000 K para o azul. (LEMAIGRE VOREAUX, 1994)



FIGURA 4.19 – Museu Georges Pompidou - Paris
Fonte: VELOSO, 2004.

Para a definição do índice de iluminamento requerido pode-se utilizar NBR5413 (ABNT, 1992) para Museus (TAB. 4.6).

TABELA 4.6 Iluminância de interiores

ILUMINANCIA DE INTERIORES –NBR 5413-5.3.62 MUSEUS:

LOCAL	Lux
Geral	100
Geral (iluminação suplementar)	200
Escultura e objetos	500

MUSEUS – LIMITE DE ILUMINÂNCIA: ICOM- International Council of Museum (França) e IES (Inglaterra)

Tipos de material	Iluminância	Exposição anual
Pouco sensíveis: Metal, pedra, cerâmica, joias e peças esmaltadas	Sem limite(geralmente 300 lux), mas sujeitos ao calor radiante	-
Moderadamente sensíveis: Pintura (óleo e têmpera), couros naturais, tecidos com tinturas estáveis, chifre, osso, marfim, madeiras finas e lacas.	150 Lux	360.00 Lux.hora.ano
Extremamente sensíveis: Pinturas (guache, aquarela e similares), desenhos, manuscritos e impressos, selos, papeis em geral, fibras naturais, algodão, seda, rendas, lã, tapeçarias, couro tingido e peles e peças de história natural	50 Lux	120.000 Lux.hora.ano
Restauração e exames técnicos.	Até 1000 Lux (em curto periodo)	-

Fonte: adaptado da NBR 5413, ABNT (1992)

Ao contrário das questões quantitativas, tabeladas em normas, esse aspecto qualitativo do projeto recebe nos manuais apenas sugestões de utilização, cabendo a escolha da temperatura de cor adequada ao projetista de iluminação. Para a escolha da temperatura de cor em um projeto não existem soluções padronizadas; em cada projeto deverá ser tomada uma decisão após o estudo criterioso das intenções do projetista de iluminação, do espaço em si, das funções que engloba, das cores e texturas predominantes e dos objetos existentes, como também da atmosfera que se pretenda criar no espaço. É essa análise que determinará a temperatura de cor adequada com a ajuda das recomendações existentes na literatura técnica.

4.7.1 Índice de reprodução de cores

Qualquer objeto ou superfície exposta às diferentes fontes de luz artificial é percebida visualmente em diferentes tonalidades. Esta variação está relacionada com as diferentes qualidades de luz de reproduzirem diferentemente as cores dos objetos. Para a capacidade da luz incidente em reproduzir cores foi adotada uma escala quantitativa de 0 a 100, ou índice de reprodução de cores (IRC).

A referência para esta escala é dada pela aproximação ao máximo das características da luz natural, referência 100, a qual o olho humano está naturalmente adaptado. A percepção mais correta das cores é, portanto aquela que se tem quando se coloca um objeto sob o efeito da luz natural. A relação lâmpadas x reprodução de cor pode ser observada na TAB. 4. 7.

TABELA 4.7 Relação entre lâmpada e reprodução de cor

Fontes de luz	Índice de reprodução de cores. IRC									
	0	20	40	60	80	100				
Incandescente										o
Vapor de mercúrio				o						
Fluorescente standard					o					
Fluorescente trifósforo						o	o			
Mercúrio halogenado					o					
Sódio de alta pressão		o								
Sódio de baixa pressão	o									

Fonte: Adaptado da REVISTA LUMIÈRE, 2001

O Palácio do Itamaraty ou Palácio dos Arcos (Ministério das Relações Exteriores) em Brasília, projeto do arquiteto Oscar Niemeyer, apresenta uma iluminação do edifício com lâmpadas de vapor de sódio que assegura uma cor amarelada no concreto, já na escultura Meteoro, de Bruno Giorgi, em mármore branco a percepção é muito mais correta. Neste caso foi usada lâmpada vapor metálico (FIG. 4.20).

Na Praça Israel Pinheiro (também chamada de Praça do Papa) em Belo Horizonte, a cruz e o obelisco do escultor Ricardo Carvão Levy, em aço patinável, apresenta a coloração amarelada proporcionada pela lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão usada propositalmente a fim de acentuar a cor de ferrugem do aço (FIG 4.21).



FIGURA 4.20 – Palácio do Itamarati, Brasília
Fonte: CASTANHEIRA, 1998.



FIGURA 4.21 – Praça Israel Pinheiro (Praça do Papa, BH).
Fonte: CASTANHEIRA, 2000.

4.7.2 Conforto luminoso

O conforto luminoso está ligado à comodidade visual quanto ao nível da iluminação adequado à visualização, quanto ao índice de ofuscamento e quanto à cor da luz enquanto temperatura e rendimento mostrado na TAB. 4.8.

TABELA 4.8 - Relação de conforto luminoso

Nível de Iluminamento	Lux	Muita/pouca iluminação
Ofuscamento	Index α	Alto/Baixo
Cor da luz:	-	-
Temperatura	K	Quente/Fria
Rendimento	%	Bom/Mal

Fonte: Adaptado de ROIZENBLATT; SZABO, 2004

5 A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELETRICA E A LUZ ARTIFICIAL

A transformação energética caracterizou o século XX como século da generalização da luz artificial. Entre 1910 e 1920, a maioria de territórios urbanizados foi eletrificada de forma massificada, culminando com a transformação completa da vida noturna das cidades. Ocorreu uma transformação total da indústria de produção de energia em todos os países desenvolvidos, encabeçados pela França, Alemanha, Inglaterra, Estados Unidos, Canadá e Suécia.

As mudanças mais importantes foram a passagem definitiva da corrente elétrica contínua à alternada, o transporte de energia elétrica a grandes distâncias por meio da alta tensão e a passagem de energia térmica do carvão (cujo preço subiu com a I Guerra Mundial) à energia hidráulica, aproveitando as grandes quedas d'água dos rios para começar a instalar grandes e potentes centrais hidroelétricas. Tudo isso, promovido pelas multinacionais da energia (como aqui por extenso AEG ou General Electric), que promoveu a construção de grandes represas e a instalação de infinitas linhas de alta tensão. A eletricidade, definitivamente, foi o motor da segunda revolução industrial.

O impacto transformador da geração de luz artificial no princípio do século foi tão intenso que, inicialmente, os futuristas queriam denominar o seu movimento artístico como eletricismo. E entre as obras dos construtivistas soviéticos dominava o caráter épico e seminal das grandes centrais hidroelétricas com suas gigantescas represas de água, como se vê na FIG. 5.1 com os projetos dos arquitetos irmãos VESNIN; VESNIN; LYASCHEENKO, (1934).

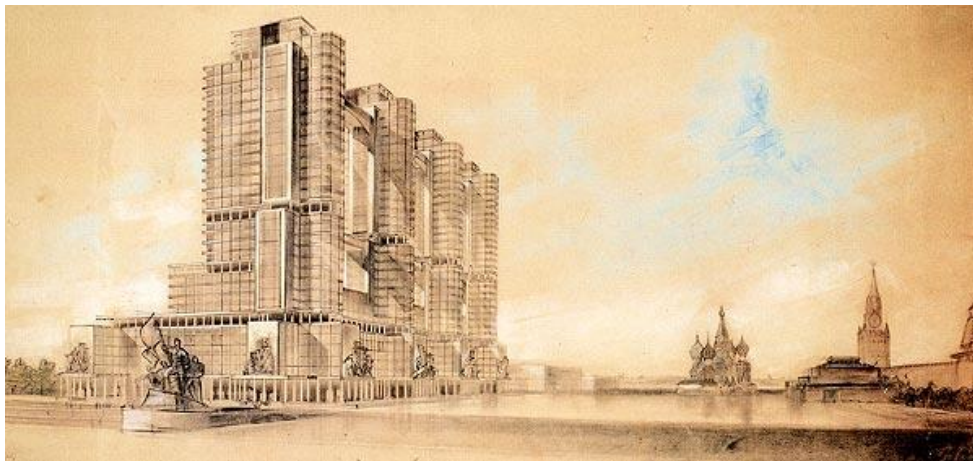


FIGURA 5.1 – Comissariado da Indústria pesada-Projeto de À. Vesnin, V. Vesnin, S. Lyaschenko. 1934.
Fonte: VESNIN; LYASCHEENKO, 1934.

Ao longo deste século, a luz e especialmente a luz artificial foram se convertendo em um autêntico material de desenho. Ao manipular a luz, não se manipula algo que possa ser determinado exclusivamente de maneira racional e funcional, senão que também intervêm fatores da intuição e da sensibilidade, elementos simbólicos, culturais e perceptivos.

A utilização da luz natural e da artificial sempre inclui uma margem para o imprevisível. A luz pode converter os corpos, os objetos e os materiais em substâncias luminosas, radiantes e cheias de energias, evanescentes, expansivas e leves. Pode privilegiar a mobilidade, criando objetos efêmeros a partir do próprio ato da visão.

A arquitetura sempre formou parte do meio ambiente, porém até agora não havia sido conceituado o espaço ambiental, a lógica dos ecossistemas e os fluxos planetários de energia. A própria arquitetura forma parte dos ciclos de energia: nos materiais que utiliza para sua construção, no condicionamento do interior isolado do exterior, em seu funcionamento e consumo, em sua demolição ou reciclagem.

Os recursos a partir dos quais a energia é gerada, até pouco tempo, eram tidos como abundantes e baratos, facilitando o uso exacerbado e a não procura de fontes alternativas. Este fato uniu aos hábitos da sociedade ao uso de energia indo desde o transporte, as indústrias, os escritórios, o lazer e, principalmente, o crescimento da economia do país.

Após muitos anos de uso intenso dos recursos e da dependência que se estabeleceu sobre eles, apareceram crises provenientes da escassez energética, como a crise do petróleo, na década de 1970, que afetou a economia mundial e despertou olhares para outras fontes de energia.

No Brasil a crise energética de 2001, ocasionada pelos baixos níveis de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas e pela falta de investimentos no setor, provocou o racionamento de energia nas regiões sudeste e centro-oeste. Essa crise trouxe efeitos como grandes impactos à economia e aos costumes da população, por meio de políticas de conscientização contra o desperdício e a favor de equipamentos mais eficientes.

Na construção civil, a eficiência energética refere-se às edificações que proporcionam as mesmas condições ambientais com um consumo energético menor. O desempenho energético e ambiental da edificação é resultado da relação que a mesma tem com o ambiente onde está inserida. Isto mostra que as decisões do profissional quanto aos materiais a serem utilizados, orientação solar, tamanho das aberturas, aproveitamento da luz natural e cuidados com o ganho ou perda de calor podem tornar o projeto mais adequado às condições climáticas locais e às preocupações atuais. (LAMBERTS et al., 2007)

Para tornar possível a economia com a iluminação artificial, é necessário que o projeto arquitetônico esteja adequado às condições de iluminação natural e clima do local, evitando a entrada direta dos raios solares, que além do ganho de calor, também propicia luz em excesso, o que pode causar ofuscamento nos usuários do ambiente. É comprovado que a adequação do tamanho da abertura pode reduzir consideravelmente o consumo de energia elétrica em edifícios condicionados artificialmente. Outro fator a ser observado para garantir a economia de energia pelo uso da iluminação natural é a escolha de um sistema de controle de iluminação artificial adequado ao projeto.

Franzetti, Fraisse e Achard (2004) consideram que a escolha de um sistema de controle de iluminação artificial só é justificável por uma grande redução no consumo de energia; não só da iluminação, mas no consumo total da energia, incluindo o aquecimento e resfriamento da edificação. O uso, por exemplo, de dimmer contínuo no controle da iluminação artificial em edifícios iluminados naturalmente pode reduzir o consumo e proporcionar uma economia de energia de até 70% por ano.

A veneração pelo vidro e pela transparência foi uma característica do século XX; está presente desde os expressionistas, os surrealistas e os racionalistas até as propostas arquitetônicas de alta tecnologia, minimalistas e desmaterializadas.

A busca de uma arte sem forma, o desejo mágico de que não exista outra matéria que a luz e a energia já haviam sido manifestadas antes. Na Idade Média, com os textos do Abade Suger de Saint Denis a favor dos vitrais nas igrejas, que se converteram nas catedrais góticas, com seu ambiente mágico de luz propiciado pelos vitrais, entre as colunas, como troncos de árvores em um bosque espesso. No Barroco, com os suntuosos interiores e os móveis trabalhados, cheios de reflexos de luz repetidos em infinitos espelhos. Nas propostas utópicas do arquiteto Etienne Louis Boullée, com a luz zenital natural produzindo efeitos especiais sublimes dentro das gigantescas formas geométricas puras. No Palácio de Cristal em Londres (1851) de Joseph Paxton, que oferecia a visão de um espaço dinâmico e livre, com os objetos banhados de luz e os limites entre o interior e o exterior totalmente diluídos.

Os manifestos e as obras dos arquitetos e pintores foram a expressão da busca de imaterialidade e do movimento na arte moderna. *Le Grand Verre* (1915), de Marcel Duchamp (FIG. 5.2) tornou-se a máxima conceituação deste novo universo cheio de energia, força e atividade, composto de reflexos, sombras e projeções além do espelho e da transparência.



(a)



(b)

FIGURA 5.2 – Le Grand Verre
Fonte : DUCHAMP, 2011.

A luz manifestava na arquitetura valores intemporais que pertenciam ao espiritual e ao religioso, reformulados agora com os espetaculares meios da eletrônica e das tecnologias avançadas. Tudo isso permitiu o desenvolvimento das intuições do expressionismo da arquitetura alemã dos anos vinte, em obras e experimentos de Bruno Taut, Paul Scheerbart, Walter Gropius e Lionel Feininger.

A arquitetura contemporânea diverge da transparência literal e ingênua proposta por Mies van der Rohe e outros arquitetos em seus projetos de arranha-céus dos anos vinte. Por um lado, o gosto estético atual prefere as transparências ambíguas, os véus translúcidos que mostram e ocultam ao mesmo tempo. Por outro lado, a complexa realidade da tecnologia, das estruturas e da climatização exige uma espessura de fachadas que inclua uma grande variedade de camadas e materiais, atuando como elementos térmicos e respondendo às solicitações das tensões da estrutura e do vento. Este tipo de arquitetura desmaterializada, de luz e de energia, se manifesta na superfície e na pele do volume do contêiner. É a transferência do significado do objeto como massa e volume à essência da própria superfície material sensível.

A arquitetura da luz não foi anunciada somente pelo gótico e pelo barroco, ao contrário, a conquista da visibilidade já havia sido proposta pela teoria da arte centro-europeia do princípio do século: Hildebrand e Riegl situaram a experiência visual no centro da arte e da configuração do espaço arquitetônico. As teorias psicológicas da percepção, ao longo do século XIX, também haviam insistido na primazia da percepção sensitiva da retina do olho. O cinema, puro efeito de luz em movimento, foi emblemático para as propostas artísticas criadas como energia imaterial.

Antes que a arquitetura pudesse converter-se em imagem eletrônica, a possibilidade de uma matéria e uma arte virtual, sem cor e sem forma material, não só havia sido considerada por Malevitch e Moholy-Nagy, como também pelo ensaísta José Ortega y Gasset que considerava “a maioria das pessoas são incapazes de acomodar sua atenção ao vidro e à transparência que é a obra de arte”, e acrescentava que o espectador dirá que não observa nada na obra de arte, não identifica seus aspectos humanos, mas somente transparências artísticas, puras virtualidades.

Terence Riley, na exposição *Light* (1995-1996) interpretou a palavra inglesa *light* em três sentidos arquitetônicos: leveza, transparência e luminosidade. A palavra *light*, portanto, sintetizaria este triplo sentido de conceitos complementares que expressam esta tendência às formas da energia e da desmateralização. Recentemente, Hans Ibelings, ao falar sobre a arquitetura na era da globalização acrescentou às características de transparência, luz e leveza de Riley uma certa tendência ao neutro e ao amorfo, à solidez e ao mínimo.

Ao mesmo tempo, a leveza constituiu um dos seis princípios para o futuro imediato proposto por Italo Calvino. A leveza como poesia do invisível, como princípio criativo que busca eliminar todo peso desnecessário à estrutura e também com os *bits* de um fluxo de informação que ocorre por circuitos em forma de impulsos eletrônicos.

Transparência que não é a literal da arquitetura moderna realizada por Gropius, Mies ou Hilberseimer (que se baseava na transparência inerente do vidro), mas que parte de uma transparência fenomenológica, que ao mesmo tempo em que mostra o oculto, compõe-se de luzes e sombras, de diafanidade e opacidade e responde a um tipo de visão que inverte o paradigma do pan-óptico mediante o uso de elementos filtrantes, fluidos, translúcidos, refletores ou baseados em projeções de imagens.

O antecedente mais admirável é a Casa de Cristal, de Pierre Chareau e Bernard Bijvoet, em Paris (1928-1932) (FIG. 5.3 e 5.4). Uma pequena casa dentro de um dos pátios de quarteirão da cidade histórica, que possui uma fachada de tijolos e vidro e um programa funcional complexo e ambíguo: o espaço privado deveria ficar separado, mesmo com uma presença insinuada, do espaço de consultório médico do proprietário, um ginecologista; e o pavimento inferior do consultório deveria ficar separado visualmente dos espaços do domicílio particular.



FIGURA 5.3 – Vista externa



FIGURA 5.4- Vista interna

Casa parisiense de estilo modernista, projetada pelo designer Pierre Chareau e o arquiteto Bernard Bijvoet
Fonte: TRAMONTINA, 2011.

Um exemplo emblemático de arquitetura cuja forma é o resultado da ação da energia é a Casa sob uma Linha de Alta tensão (FIG. 5.5), em Tóquio (1980), de Kazuo Shinohara (1925).

Trata-se de uma homenagem à Casa de Cristal, de Pierre Chareau, que sugere a concepção da arquitetura como energia e transparência. O perfil da Casa junto à linha de alta tensão é determinado pelo cilindro de segurança que, segundo o código de obras, é o volume onde está proibido realizar construções ao longo da linha de cabos. A essência da casa é expressada na cobertura, cuja forma de tronco de cilindro condiciona a forma singular dos dormitórios e na energia que emerge atrás das translúcidas fachadas de vidro aramado. O condicionante da linha de alta tensão é assumido como algo positivo, como uma fonte abstrata e objetiva de inspiração que gera um edifício que atua como contêiner.



(a)



(b)

FIGURA 5.5 – Casa sob linhas de alta tensão- Tokyo, 1981
Fonte: KAZUO, 2011.

A pretensão de entender a arquitetura como foco de energia totalmente separado do entorno foi um dos maiores absurdos que caracterizou negativamente o Movimento Moderno. A essência da arquitetura radical na otimização da sua relação com os grandes fornecedores de energia, como o sol, o vento e a água não passou de intenção. Esta relação com a energia se expressa na arquitetura atual por meio de diversos mecanismos. Algumas interpretações podem ser notadas em alguns exemplos.

Em primeiro lugar, desenvolvendo formas da visão da luz natural como a Fundação Cartier em Paris (FIG.5.6), projeto de Jean Nouvel, e em outros edifícios transparentes e translúcidos que se desmaterializam pelo próprio jogo de reflexos e transparências que eles criam.



(a)



(b)

FIGURA 5.6 – Fundação Cartier. Vista externa e interna
Fonte NOUVEL, 2011.

As formas da Fundação Cartier em Paris (1991-1994) foram totalmente influenciadas pelas buscas da máxima transparência e leveza, Por este motivo, as fachadas de vidro do edifício desbordam seu perímetro em um paramento de vidro voltado para o *Boulevard Raspail* que substitui as antigas paredes-cegas de fechamento solar. Circundado por jardins com árvores gigantescas, a caixa do edifício se desmaterializa em meio à presença da natureza. Desta

maneira, a obra recria impressões evanescentes de neblina, vapor e luz, funde a vegetação ao edifício e maneja o jogo de expansão dos reflexos e dos acontecimentos de entorno urbano.

Os limites do edifício são dissimulados e toda leitura imediata de um volume sólido é impedida por meio de uma estrutura leve de aço e fachadas exclusivamente revestidas de vidro. As onipresentes árvores, junto à rua e no jardim interno, parecem que penetram no edifício e tornam eloquente a ambiguidade entre o exterior e o interior. As imagens das nuvens do céu, a presença da vegetação e os fenômenos urbanos do entorno da cidade refletem-se no edifício como um tule: delgados toldos manipuláveis que filtram a luz das fachadas. As escadas são o mais etéreas e leves possível, os elevadores são transparentes, os poucos elementos sólidos ficam dissimulados detrás das árvores e a estratégia da desmaterialização é concluída com a metade do volume da Fundação situado abaixo do nível do solo. O primeiro pavimento com pé direito triplo é uma diáfana sala de exposições que deixa ver o espetáculo do jardim posterior, provocando a sobreposição de corpos que conduz à desmaterialização da base. O edifício pode flutuar.

László Maholy-Nagy, em 1929, já havia escrito em *A nova visão*: “uma casa branca com grandes janelas de vidro, rodeada de árvores, se torna quase transparente quando é iluminada pelo sol. As paredes brancas atuam como telas de projeção nas quais as sombras multiplicam as árvores, e os vidros das janelas atuam como espelhos, refletindo-as. O resultado é uma perfeita transparência; a casa se converte em elemento integrante da natureza”. E a Fundação Cartier se conforma como um perfeito mecanismo de leveza, em uma obra dirigida ao sujeito que busca a beleza cristalina da luz natural, da transparência e dos novos avanços técnicos.

Outro tipo é a arquitetura que desenvolve formas da visão misturadas com a imagem eletrônica, como a Galeria de Vídeo, na cidade Holandesa de Groningem, projeto do arquiteto Bernard Tschumi. Construída como um edifício temporário em 1990 para sediar festival de música, tornou-se permanente. O edifício responde a uma condição contemporânea de arquitetura em que a aparência de permanência é cada vez mais desafiada pela representação imaterial de sistemas abstratos em forma de televisões e imagens eletrônicas (FIG. 5.7).

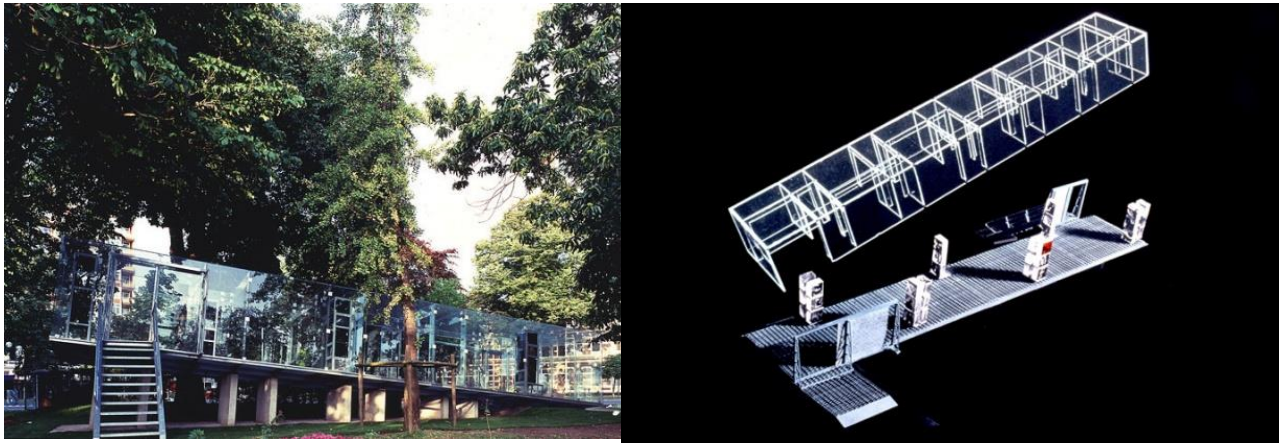


FIGURA 5.7 – Imagem externa e interna da Galeria de Vídeo
Fonte: TSCHUMI, 2011.

É um dos experimentos que mostra o caráter antecipatório de algumas imagens de luz, flashes, estalos de foguetes ou células nervosas desvendadas pelo surrealismo. A intuição de algumas obras instantâneas e plenas de energia induziu Tschumi a recriar este pavilhão de vidro para contemplar vídeos: foco onde a luz provém das telas dos monitores de televisão. Neste pavilhão inclinado e transparente são produzidos experimentos da visão: não é unicamente um lugar para ver, mas também é, inevitavelmente, um lugar para ser visto.

Outras obras arquitetônicas apresentam-se neutras e transparentes que eludem adorar uma forma definitiva para aproveitar o máximo de energia ambiental, como o Museu de Arte Contemporânea em Helsinque (1993-1998), projeto do arquiteto Steven Holl, que se amalgama ao entorno urbano e paisagístico (FIG.5.8).

A proposta deste museu busca dar formas à indeterminação da sociedade e da arte atual. Por isso, a opção de empregar uma forma neutra, amorfa e indefinida, que procede das formas mais inovadoras e provisórias dos centros experimentais de arte contemporânea, busca refletir o entorno e espera que seja o decorrer do tempo e o contexto da cidade que outorguem significado à sua forma inédita e aberta, como se fosse uma massa de cristal líquido que espera a informação da tela para poder existir.



(a) (b)
FIGURA 5.8 Imagens externas - Museu De Arte Contemporânea de Helsinque
Fonte: HOLL, 2011.

Em todos estes exemplos, a tradição histórica e as obras emblemáticas da arquitetura moderna apresentam o mesmo interesse pela busca de formas novas onde a energia, em suas diversas manifestações – luz artificial, vento, movimento, leveza, água, reflexos, transparência, evanescência, fluxos – se transforma em matéria básica de composição formal.

O aperfeiçoamento tecnológico da indústria vidreira e a oferta de mais produtos trouxe mais liberdade, mais desafios aos especificadores e a possibilidade de tornar os edifícios mais eficientes do ponto de vista energético. O resultado: projetos de fachadas mais complexos e elaborados.

O selo *LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN* (LEED), na categoria Gold, passa ser uma busca para agregar valor à edificação.

A partir dos vidros duplos insulados (compostos por duas placas de vidro em um caixilho com uma camada de ar no meio), muitos desenvolvimentos vieram agregar melhores propriedades térmicas às fachadas de vidro.

Na Europa foi desenvolvida a tecnologia *low-e* (*low emissivity glass*), que reduz a emissividade e permite a entrada de grande quantidade de calor. O material indicado para captar muita luz, é constituído por camadas oxido metálicas que se integram ao vidro em processos industriais de alto custo, à vácuo e em meio plasmático. Em uma adaptação ao clima do hemisfério sul, o *low-e* ganhou uma câmara de controle solar, resultando em uma solução que além de permitir a passagem de luz, possui características refletivas. O *Low-e* de controle solar apresenta refletividade externa entre 8% e 10% e transmissão luminosa entre 70% e 80%. Além disso, o material pode ser beneficiado para intensificar suas propriedades energéticas e até conferir características de segurança.

Um dos desenvolvimentos recentes nesse sentido é o vidro com capacidade de selecionar o comprimento de onda solar mais benéfico para o conforto luminoso. O novo vidro pode contribuir para somar pontos na medida em que utiliza matéria prima regional e conteúdo reciclado, melhora a qualidade ambiental nos interiores (decorrente do aproveitamento da luz natural e da maior conexão entre os espaços internos e externos) e diminui o consumo de água por suas propriedades auto limpantes. (NAKUMURA, 2012)

6 PROJETOS LUMINOTECNICOS E USO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL

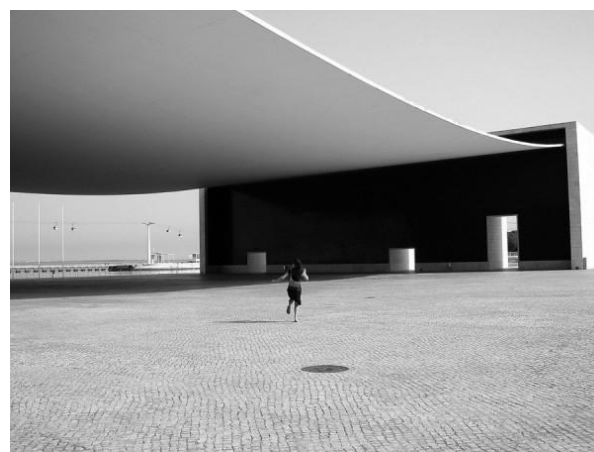
6.1 A Luz como arte, veículo de expressão arquitetônica e elemento de projeto

O conceito de forma possui uma enorme ambiguidade e uma grande variedade de significados. A forma pode ser entendida como figura exterior ou aparência visual, como contorno ou silhueta ou até mesmo como gênero ou estilo artístico. Forma e espaço muitas vezes são considerados os dois elementos fundamentais na arquitetura. A forma tem uma relação mais próxima com o sentido da visão do que o espaço. A forma é concreta, e buscar o fascínio da forma significa buscar o que é visualmente interessante ou satisfatório. No entanto, o interesse visual atém-se ao estímulo da retina e raramente inspira o coração. O espaço, ao contrário da forma, está relacionado não apenas a visão, à audição e a outros dos cinco sentidos, mas também a sensações subjetivas. O espaço é domínio privado de expressão da arquitetura. (TRAPANO; BASTOS, 2007)

A luz natural está em constante modificação, tanto em quantidade quanto em qualidade, podendo ser trabalhada de modo a oferecer diversas possibilidades de ser revelada pela arquitetura. O modo como as formas das construções revelam a luz incidente poderá mudar drasticamente ao longo do dia, intervindo no espaço e estabelecendo relações com os elementos arquitetônicos, como pode ser observado nos projetos do arquiteto Português Álvaro Siza Vieira (FIG. 6.1).



(a)



(b)

FIGURA 6.1 – Projetos de Álvaro Siza Vieira

(a) Museu Serralves – Cidade do Porto

Fonte: VIEIRA, 2011.

(b) – Pavilhão de Portugal- Lisboa

Fonte: VIEIRA, 2011.

A obra edificada deverá ser uma manifestação de beleza, emoção, poesia e imaginação, e a luz será um dos elementos que influenciará intensamente este resultado. A abertura para a luz é uma forma de construção espacial, e a história da arquitetura é também uma história da apropriação, do domínio, do aprisionamento e da manipulação da luz num espaço interior. (TRAPANO; BASTOS, 2007)

Alguns conceitos mostram a importância da luz na concepção dos diversos espaços gerados pela arquitetura:

- a luz definindo diferenças entre interior e exterior, podendo ser utilizada para enfatizar conexão ou separação;
- interação entre luz e forma, conectando ou diferenciando o espaço interno;
- a luz indicando orientação;
- a luz criando ritmo ou sugerindo movimento;
- A luz, como tema central nos projetos de arquitetura, define formas, texturas e cores das estruturas arquitetônicas. É adequada a frase de Le Corbusier mencionando que a "arquitetura é a apropriação, o correto e grandioso jogo de massas conduzidas juntamente com a luz", resumindo tal necessidade. (TRAPANO; BASTOS, 2007)

A luz é um fator de extrema importância para a composição e percepção dos espaços; provoca nos usuários sensações variadas de acordo com a plasticidade que lhe é resultante. Dessa forma, a iluminação interfere diretamente na atividade desenvolvida em determinados espaços e por isso deve ser estudada antes de ser empregada. No interior de uma edificação três fatores interferem no seu resultado: a quantidade de luz do exterior, a proporção de luz admitida pelas janelas e a quantidade de reflexão interna.

O espaço arquitetônico é definido pela composição e jogos de força de elementos, onde o caráter de um lugar natural ou artificial está determinado por sua articulação formal, e se define mediante expressões como clausura, abertura, amplitude, limitação, obscuridade, iluminação, entre outras qualidades que dependem da modelação plástica, da proporção, do ritmo, da escala, das dimensões, dos materiais, das cores e da luz natural e artificial.

A luz pode definir distintamente diferentes espaços dentro de uma grande área. A hierarquia de ambos os tipos de luz, natural e artificial e a organização da iluminação podem acentuar as divisões dos espaços. A modulação de estruturas nas edificações pode induzir movimento por meio da alternância entre luz do dia e sombras, criando uma experiência rica de percepção

visual, como ocorre no edifício do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro, do Arquiteto Affonso Eduardo Reidy (FIG 6.2). As variações de luz ou de tom são os meios pelos quais se distingue oticamente a complexidade da informação visual do ambiente. Vista sob diversos ângulos a estrutura é responsável por um ritmo já que esculpe a luz por meio de sua ordenação, proporcionando um ritmo de contrastes. Já dizia Louis Kahn sobre as estruturas na arquitetura que “(...) a estrutura é quem molda a luz. Quando se tem uma ordem de estrutura formada por coluna junto à coluna, estas apresentarão um ritmo de luz, não luz, luz, não luz. (...)” (TAVARES FILHO; LASSANCE, 2008)



(a)



(b)

FIGURA 6.2 Museu de Arte Moderna – MAM - RJ
Fonte: GALVÃO, 2012.

A luz indicando orientação é uma forma de compreender os espaços, é dirigir o olhar do observador de um ponto ao outro, induzindo um caminho ou uma direção. Muitas vezes ela também auxiliará trazendo mais dinamismo aos espaços que teriam simplesmente a função de passagem.

Quando se manipula a luz, modifica-se também a percepção do espaço arquitetônico. Uma mudança nas condições de iluminação de um ambiente significará também uma mudança na percepção.

Esta indicação de orientação pode ser conseguida, por exemplo, com o uso de *sheds* num espaço de circulação e de espera como no caso do Hospital da rede Sarah de Fortaleza (FIG. 6.3), onde o interessante jogo de sombras e de luz que ocorre ao longo do dia, faz com que o espaço seja percebido não como um lugar estático. Os contrastes de luminosidade a cada hora

do dia, e de acordo com o tipo de céu, delimitam contornos, marcando com mais intensidade áreas de passagem.



FIGURA 6.3 – Hospital da Rede Sarah, em Fortaleza
Fonte: LIMA, 2011.

Todos os modos de expressar o espaço por meio da luz, seja definindo o limite entre o interior e o exterior, revelando estruturas, definindo áreas ou induzindo movimento, criam ricas experiências visuais, sendo capazes de revelar formas que não seriam percebidas com a ausência da luz.

Os dispositivos de proteção utilizados em fachadas servem de elementos filtrantes, e agregam à forma arquitetônica uma maior integração entre exterior e interior. Esses elementos modificam a luz do dia, criando uma divisão metafórica entre interior e exterior, modelando a luz recebida no interior, trazendo um grande ganho na percepção visual dos espaços internos. Ao modelar a luz eles também funcionam como cortinas que modificaram o brilho e o excesso de luminosidade.

Fenômenos naturais, como a luz, surgindo dentro de espaços que apresentam simplicidade das formas, materiais homogêneos e cor uniforme, estimulam e inspiram a consciência. Essa luz transforma o espaço uniforme em espaço dramático, onde luz e sombra concedem movimento, afrouxam a sua tensão e injetam corporalidade no espaço geométrico.

Espaços de transição apresentam grande potencial para entrada e distribuição de luz aos ambientes. Representam também um elemento simbólico de separação entre interior e exterior.

Desta forma vê-se que para os requisitos básicos de desenho de iluminação deve-se então considerar sempre a orientação ou situação geográfica dos ambientes a fim de garantir níveis de iluminação mínima necessária para ambos os sistemas naturais e/ou artificial e ambiências diferenciadas dos espaços.

6.2 Recursos de elementos arquitetônicos aliados à iluminação natural

A luz natural na edificação tem o papel de satisfazer a necessidade do aspecto facilitador das tarefas, além de cumprir um papel fundamental para a economia de energia, buscada por projetistas, administradores e clientes.

Cada vez mais, clientes e usuários finais querem saber como será o resultado da iluminação, como ficará seu espaço. Necessitam de uma antevisão do resultado e discutir opções de salientar e valorizar alguns ângulos de visão, reforçar ambientes com a luz ou dissimular outros.

Assim, para se obter os benefícios na utilização da luz natural e complementá-la com a iluminação artificial, sob os dois aspectos, é necessário:

- apoiar o desenvolvimento da intuição de projeto, usando conceitos de iluminação natural;
- compreensão, entendimento da responsabilidade do projeto do sistema de iluminação, definindo os papéis dos profissionais envolvidos: arquiteto, engenheiro eletricista, projetista de iluminação;
- antever resultados com a luz direta, indireta, elementos de controle e de distribuição de luz com métodos completos de análise, incluindo banco de dados sobre a disponibilidade da luz natural, os aspectos de desempenho da iluminação, energia e conforto visual e térmico.

Com os atuais recursos da computação gráfica, *softwares* de modelagem em 3D e renderização fotorrealística, é possível a simulação da iluminação dos ambientes, internos e externos. Tal ferramenta mostra sua utilidade na comparação entre os efeitos da luz natural e

complementação pela iluminação artificial, tanto sob o aspecto da luz como arte, instrumento de projeto e veículo de expressão arquitetônica. As simulações com iluminação são capazes de mostrar o clima psicológico do ambiente, ora mais ora menos íntimo, seguro e agradável a diversas atividades.

As aplicações das simulações mostram vantagens a partir da antevisão do resultado final da obra, com possibilidades de alterações, fornecendo ainda uma melhor apresentação dos projetos, com grande fotorrealismo, atendendo projetistas envolvidos, clientes e usuários finais.

Em relação às decisões técnicas, são muito importantes as interações possíveis entre responsáveis pelos projetos arquitetônico, elétrico, executivo, clientes, usuários e fornecedores, de forma a decidir conjuntamente, ainda na fase de projeto, diversas opções de especificações técnicas, preços, cores, potência e antever os resultados sem custos e obras de experimentação e num prazo aceitável.

Para a execução de um bom projeto de iluminação natural é de fundamental importância que o arquiteto domine as relações entre a fonte de luz, o seu trajeto, o seu destino e os fatores que influenciam estas relações. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

Para alcançar bons resultados, o arquiteto deve considerar a iluminação natural desde as fases iniciais do projeto. A má qualidade das condições de iluminação natural, verificada em grande parte das edificações, é um reflexo da principal dificuldade que se impõe à integração desta ao projeto arquitetônico, qual seja, o entendimento do fenômeno, necessário para tratar a iluminação natural como princípio organizador de projeto. Para compreensão deste fenômeno, faz-se necessário o entendimento do comportamento das diversas parcelas da luz natural. A manipulação da parcela da luz refletida no interior do ambiente, por exemplo, pode suavizar contrastes e garantir uma melhor distribuição da luz. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

A luz é uma manifestação visual da energia radiante e situa-se num estreito intervalo de comprimento de onda reduzido. Além disso, a luz natural, cuja fonte fundamental é o sol, consiste numa grandeza temporal, ou seja, por meio dela podem-se distinguir as variações do ano, o decorrer de um dia, as diferenças entre os lugares.

A passagem da luz natural para um espaço arquitetônico é possível a partir de rasgos, por aberturas na sua envolvente, a qual separa o ambiente interno do externo. Quando se diferenciam estas aberturas, o espaço se transforma pelas distintas maneiras como a luz nele penetra e se distribui criando variações de intensidade e iluminâncias. Além de alterar a

ambiência interna do espaço pela modelagem da luz, as diferentes morfologias de aberturas possibilitam diferentes conexões com o espaço exterior, como, por exemplo, a vista da paisagem e a necessidade de privacidade.

O projetista não só deve considerar os aspectos quantitativos da luz fornecidos pelos instrumentos, mas também os aspectos qualitativos desta. A qualidade e a geometria da luz em relação ao observador são muito mais importantes para se realizar muitas tarefas que a quantidade da luz. (LAM, 1986)

Considerando-se que a luz é um elemento compositivo do espaço arquitetônico, e que contribui para sua ambiência e a interação do homem com este espaço, ela deve ser tratada de forma singular, pois, as pessoas são fototrópicas por natureza e necessitam de rica variedade de cenários em suas vidas. Tais cenários são definidos, inclusive, por lugares de luz, definidos pelos fenômenos de contraste entre luz e sombra. As modificações no desenho de certas aberturas são uma fonte de luz com potencialidades variáveis podendo afetar a ambiência e a atmosfera gerada no espaço.

Atualmente a preocupação é minimizar o consumo, pois a energia elétrica não é tão acessível quanto antes e torna-se cada vez mais difícil a construção de novas usinas geradoras, pelos custos diretos e indiretos envolvidos. Mesmo terminada a crise do petróleo da década de 1970, quando o custo da energia sacudiu a sociedade, os preços continuam altos e a atenção volta-se para estratégias de uso mais eficiente dos recursos naturais.

Um dos objetivos de qualquer estratégia energeticamente eficiente de aproveitamento da iluminação natural nos edifícios deverá ser a diminuição dos consumos energéticos em iluminação artificial. Em outras palavras os sistemas e dimensões das aberturas (janelas) deverão ser projetados e dimensionados de modo a poderem proporcionar as necessidades de iluminação nos espaços interiores durante a maior parte dos períodos de utilização dos edifícios, devendo os sistemas de iluminação artificial (fontes de iluminação, luminárias e sistemas de controle) ser projetados e dimensionados de modo a complementarem a iluminação natural quando esta, por si só, não permitir proporcionar a iluminação necessária.

Estima-se que o emprego de padrões arquitetônicos adequados, a especificação de produtos e materiais energeticamente eficientes e adequação de critérios de projetos racionais

possibilitarão reduções de até 60% no consumo energético das edificações. Compete aos arquitetos, engenheiros e projetistas explorar e realizar este potencial. (PROCEL, 1992)

O emprego da iluminação natural é uma das soluções à necessidade de economia energética e além de atender a questões econômicas possibilita ao usuário a orientação durante o dia por meio de seu relógio biológico. No entanto, apesar de sua disponibilidade, ela pode ser insuficiente em alguns períodos do dia devido a sua variação decorrente da trajetória solar.

Os sistemas de iluminação artificiais são responsáveis por boa parte da energia consumida pelos edifícios. Em alguns casos pode chegar a cerca de 50 % do consumo total do edifício. (LAM, 1986) A utilização da luz natural como fonte de luz interna reduz o consumo das fontes artificiais. Além da economia energética, a iluminação natural nos espaços internos tem sido associada a aspectos positivos como: visão e contato com o exterior, benefícios psicológicos e fisiológicos aos usuários, qualidade da luz, elemento estético e arquitetônico (ROBBINS, 1986). É importante ressaltar que um projeto inteligente de iluminação é também um projeto econômico, tanto do ponto de vista do investimento inicial como do custo operacional, não somente para o usuário, mas para toda a sociedade.

Os projetos que não levam em consideração o estudo da orientação solar dificultam o aproveitamento da iluminação natural tornando-se muito comum a utilização da iluminação artificial, mesmo nos períodos de condições de céu e de sol favoráveis ao uso do sistema natural. Uma iluminação eficiente requer aberturas com dimensionamento de acordo com as necessidades do ambiente relacionando aspectos como área, profundidade e orientação das fachadas. Diversidade é a relação entre o máximo e o mínimo nível de iluminação; uniformidade é a relação entre o menor nível de iluminação dividido pelo nível médio.

A luz solar direta é frequentemente evitada, devido, principalmente, à sua grande intensidade e variação constante, sendo, portanto seu uso indireto mais adequado. A luz pode ser manipulada com o uso de fenômenos físicos como reflexão, transmissão, absorção, refração e outros. (PEREIRA; FONSECA, 2007) Dentro desse contexto estes elementos que controlam o acesso da luz solar ao interior podem ser incorporados aos sistemas de aberturas. São dispositivos que podem redirecionar, admitir ou bloquear a luz que entra em um ambiente interno, mas exigem cuidados no projeto quanto ao seu dimensionamento, formato, inclinação, posicionamento do mesmo em relação à abertura e a orientação solar.

Para garantir a qualidade dos ambientes para os cidadãos, os municípios brasileiros utilizam o Código de Obras e Edificações, que é o instrumento básico que lhes permitem exercer o controle e a fiscalização do espaço construído, por meio de relações que orientam a sua produção formal. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

Dentre estas relações, as mais utilizadas são: a relação entre a área da janela pela área de piso no dimensionamento de aberturas e a limitação da profundidade de penetração da luz natural com base na altura do ambiente. Em Belo Horizonte a LEI N°9.725, de 15 de julho de 2009 (PMBH, 2009) estabelece que 1/6 da área de piso para ambientes de permanência prolongada (salas e quartos) 1/8 da área do piso para ambientes de permanência transitória (banheiros e cozinha), nenhum ponto do compartimento deve distar do vão de iluminação, livre de obstáculos, mais que duas vezes e meia o seu pé-direito e vergas das aberturas menores que 10% do pé direito. (PMBH, 2009)

Estas relações institucionalizadas nos Códigos de Obras brasileiros são baseadas em suposições simplificadas, e não consideram as questões relativas ao conforto ambiental e de conservação de energia, uma vez que não expressam as componentes básicas da luz natural que atingem o interior. (PEREIRA; FONSECA, 2007) Outro parâmetro é considerar a norma NBR 15575-1 (ABNT 2013) que estabelece níveis mínimos de iluminamento natural (TAB. 6.1).

TABELA 6.1

Níveis mínimos de iluminação natural por ambiente

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	M ²	I	S
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Banheiro Área de Serviço	≥60	≥90	≥120
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos	Não exigido	≥30	≥45

Nota: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminamento ligeiramente inferiores aos valores especificados nesta Tabela (diferença máxima de 20% em qualquer dependência).

Fonte: Adaptado da NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

A partir da constatação que, para garantir níveis de iluminação natural satisfatórios em ambientes internos, os dispositivos do Código de Obras não são suficientes e adequados, recomenda-se então, a inclusão de parâmetros que considerem as condições climáticas, geográficas e a disponibilidade de luz natural do lugar, como a garantia dos níveis internos de luz natural, do direito à luz e do direito ao sol, comprovados por meio de gráficos (Carta de Trajetórias Solares Aparentes, Diagramas de Obstrução, Tabelas de Distribuição de Luminâncias), bem como, a modificação do dispositivo de limitação da profundidade com a consideração da refletância das superfícies internas. Espera-se que, com a inclusão, na legislação construtiva, destes parâmetros permita-se planejar de forma mais eficiente e com qualidade o ambiente construído. (PEREIRA; FONSECA, 2007)

As aberturas são classificadas em dois grupos: laterais e zenitais. São os principais sistemas responsáveis pela transmissão da luz natural do exterior para o interior da edificação. As aberturas laterais são as mais comuns e localizam-se nas paredes verticais das edificações. As aberturas zenitais localizam-se nos planos horizontais ou de cobertura das edificações.

As aberturas zenitais são normalmente utilizadas em casos onde o uso das aberturas laterais é inadequado ou em locais onde se pretende obter uma iluminação mais uniforme ou é uma alternativa atraente nos ambientes com grande profundidade. Para reduzir o excesso de luz solar que aberturas voltadas para o zênite podem apresentar, elementos de controle são inseridos no sistema. As aberturas zenitais permitem a entrada da luz para iluminar um espaço que está situado abaixo do próprio componente. Estão voltadas para o zênite e normalmente não proporcionam visão da paisagem externa, mas possibilitam visão do céu e das condições externas. Podem localizar-se em planos horizontais ou inclinados.

Segundo Lam (1986), a mais óbvia vantagem das aberturas zenitais é a liberdade de colocar a fonte de luz natural exatamente onde ela é necessária de acordo com o *lay-out* das atividades do local. O autor cita outros aspectos positivos como a possibilidade de distribuição da iluminação de forma mais uniforme com menor área de abertura. A iluminação zenital é também o sistema de iluminação natural com maior facilidade de integração com sistemas artificiais, pois a luz entra no espaço vindo do forro em ambos os casos. (ROBBINS, 1986)

As aberturas zenitais usualmente propiciam visão de grandes porções do céu, onde a disponibilidade de luz natural é maior, com isso, a possibilidade de ofuscamento também aumenta. (ROBBINS, 1986) Para melhorar o desempenho das aberturas zenitais, Lam (1986)

sugere a inserção de elementos de controle da luz direta para reduzir ofuscamento e redirecionar a luz.

O uso de clarabóias pode determinar um limite entre espaço interno e externo, mas também como luz interna graduada e construída. Muitas vezes, a utilização do sistema zenital centralizado produzirá efeito de clareira, onde se contrapõe um espaço muito iluminado e seu entorno sombrio. Quando adotado em alturas significativas este sistema traz dinamismo ao espaço, fazendo com que o olhar seja atraído para o alto, para a luz.

Equívocos no posicionamento e o dimensionamento das aberturas – em sua maioria localizadas aleatoriamente pelos projetistas, sem um breve estudo da orientação – têm sido responsáveis pela má distribuição da iluminação no interior dos ambientes. As consequências do uso indevido de iluminação natural podem ser sentidas fisicamente, podendo comprometer as atividades exercidas pelos diversos usuários.

Com o crescente número de pessoas que permanecem cada vez mais nos ambientes construídos, é preciso equilibrar o potencial luminoso da região com as necessidades visuais dos usuários. A pele de um edifício atua como filtro entre as condições externas e internas para controlar a entrada do ar, do calor, do frio, da luz, dos ruídos e dos odores.

O avanço tecnológico ao longo dos anos levou à produção de uma arquitetura onde a utilização de processos elétricos e mecânicos, tais como iluminação e ventilação artificiais e ar condicionado, tornou-se uma prática natural e perfeitamente aceita dentro dos padrões de projeto. Frente à crise energética mundial na década de 1970, e também a um aumento da demanda energética devido ao crescimento populacional, foi preciso repensar os processos construtivos, incluindo as considerações energéticas e ambientais na sistemática do projeto. (ARAÚJO; GONÇALVES; CABÚS, 2007)

No final da década de 1980, o cuidado com a preservação do meio ambiente aumentou em todas as áreas, devido ao alarme sobre a real escassez dos recursos. Nos início dos anos da década de 1990, houve a certeza de que o aproveitamento da luz solar, da ventilação natural e o controle térmico poderiam contribuir de maneira positiva para projetos e construção, firmando-se um novo conceito. As novas formas da arquitetura do final do século XX aos dias atuais têm como desafio a utilização de todas as disponibilidades da ciência e tecnologia, aliadas a necessidade de ser mantido um equilíbrio ambiental.

As considerações da Portaria do Inmetro nº 53 de fevereiro de 2009, também balizam as soluções de iluminação para os diversos ambientes das edificações no que diz respeito à contribuição da luz natural e ao controle da iluminação artificial. As fileiras de luminárias junto às janelas devem ser acionadas independentes, propiciando o aproveitamento da luz natural disponível; uso de sensores de presença, estabelece também limite de potência de iluminação para cada ambiente da edificação.

Quando se pensa em espaço interior espera-se que ele sirva de abrigo da claridade ofuscante do sol e da escuridão da noite, fornecendo uma experiência diferente do exterior. Os elementos climáticos, tais como calor, frio, chuva, neve, poeira e vento precisam ser excluídos de dentro do ambiente para deixá-lo confortável para a habitação humana, mas a luz, por outro lado, é desejada. Criar um fechamento que forneça luminosidade suficiente e, ao mesmo tempo, condições térmicas que satisfaçam o clima da região, será sempre um desafio.

É importante ressaltar nesta análise a necessidade do homem de orientação com o tempo, com as horas do dia e as mudanças climáticas, pois isto influencia diretamente a estrutura biológica e psicológica do ser humano. A presença da luz solar, o contato com jardins, áreas verdes e a paisagem, constituíram um tipo de informação visual que satisfaz a necessidade de identificar-se com o espaço exterior.

O projeto de iluminação para populações que estão acostumadas a passar grande parte de seu tempo ao ar livre é diferente das populações que exercem a maioria das suas atividades em ambientes fechados. As populações de locais tropicais desenvolvem várias atividades como cozinhar, comer, trabalhar, jogar e se reunir fora de suas casas e buscam a proteção destas somente quando sentem a necessidade de intimidade ou quando são forçadas pelas más condições atmosféricas. Já nos locais temperados é necessário uma maior preocupação com a iluminação interior adequada, justamente para permitir o correto desempenho das tarefas visuais diárias.

Vale lembrar que não apenas a quantidade deve ser levada em consideração, bem como a qualidade da iluminação, que também está relacionada às necessidades visuais, principalmente às chamadas necessidades biológicas (por orientação espacial, por orientação no tempo, de identificar a volumetria das estruturas, de contato com a luz do sol, de avistar-se o espaço externo, de identificar as atividades principais, de delimitar, personalizar territórios, etc).

Centenas de funções do corpo humano são influenciadas pela luz do dia e algumas têm ritmos que seguem o ciclo que alterna noite e dia. Permitir visuais externos e utilizar adequadamente a luz natural e a iluminação artificial são um fator fundamental para manutenção dos níveis de produtividade e de satisfação para todos os usuários do edifício. O uso equilibrado da iluminação natural e artificial introduz benefícios inclusive terapêuticos para os usuários dos espaços.

A iluminação com baixos níveis de intensidade reforça o caráter intimista, transmitindo impressão de relaxamento e privacidade por meio da não uniformidade da iluminação proveniente das aberturas laterais. Estas constatações implicam para as projetistas diretrizes para planejar os espaços abertos entre as edificações. Muros e cercas vivas além de preservar a intimidade e segurança, ajudam o controle da luz solar intensa refletida pelo entorno. O costume de abrir portas e janelas para pátios internos com sombra está relacionado com o desejo de obter um espaço, de aspecto mais acolhedor, que forma um prolongamento agradável do espaço em que se vive dentro da casa. Serve como elemento de transição, amortecedor da luz solar intensa. Quando pintados de cores claras (branco) transformam suas superfícies interiores em luminosas secundárias, de luz refletida, que são as que realmente enviam luz aos espaços internos. Em certas situações onde a incidência da luz é tão grande é necessário a criação de espaços intermediários amenizadores de iluminação da luz direta e intensa.

O critério de sombrear os espaços tem grande validade, já que em locais quentes estes espaços só podem ser utilizados sobre a sombra. Os pátios, jardins, galerias cobertas, as pérgulas e os conjuntos de árvores e arbustos são muitos usados porque cortam os raios diretos do sol e os raios refletidos pelas superfícies criam uma penumbra agradável.

Nos climas quentes e úmidos os habitantes passam grande parte do tempo ao ar livre, porque é agradável a brisa e a sombra. A disponibilidade de luz natural direta é menor. A sombra continua sendo um elemento valioso de proteção contra o calor acumulado. Os beirais, as galerias cobertas, as treliças (FIG 6.4) as portas e os corredores são exemplos de soluções para o problema. Mais não há nada mais aprazível do que a sombra de uma árvore. A plantação de árvores que propiciam sombra é um excelente recurso de projeto, pois elas filtram a luz do sol, fazem baixar a temperatura do ar, protegem as plantas menores, e o terreno, além de reduzir a luminância dos céus cobertos de intensa luminosidade.



FIGURA 6.4– Treliça na cidade de Cuba
Fonte: HAVANA, 2011.

Em algumas propostas de arquitetura contemporânea a frase de Scheerbat (2000) é a uma das melhores sínteses das ideias correntes no começo do século XX:

“a maioria de nos habitantes em espaços fechados... suprimimos o sentido de fechado dos espaços em que vivemos. Isto só será conseguido introduzindo a arquitetura do vidro que permitirá que a luz da lua e das estrelas brilhe nos quartos não através de um par de janelas, senão, tanto como seja possível, através de paredes inteiras de vidro...” (SCHEERBAT, 2000)

Este fato vem ao encontro às novas tecnologias que despontam como o ar condicionado, a lâmpada fluorescente, forros e fechamentos que liberam o edifício de seu caráter controlador do espaço, dando-lhe independência do clima. Alguns arquitetos, porém, fazem análises das condições climáticas e criam possíveis soluções arquitetônicas. Pode-se citar Le Corbusier que a partir da segunda metade da década de 1930 inventa seu *brise-soleil* (FIG 6.5) sendo considerado magistral por ser uma das únicas inovações criadas no século para o controle (manejo) ambiental. Outras soluções a reboque aparecem como as treliças corrediças de madeira, ou os blocos dispostos diagonalmente que geram sacadas com sombras, criando um jogo interessante de luz e sombra nos ambientes internos.

Dessa forma, os protetores solares como dispositivos arquitetônicos que controlam a entrada de radiação solar nos ambientes, podem contribuir de maneira significativa para esse equilíbrio. Estes dispositivos arquitetônicos têm a finalidade de proteger a edificação contra a incidência direta dos raios solares, redirecionando-os e redistribuindo-os pelo ambiente. O *brise-soleil* tem influência de elementos construtivos de arquiteturas tradicionais árabes e

asiáticas como dispositivos de proteção e filtragem da radiação solar, da luz e do calor. Não possuem necessariamente a mesma forma, material ou linguagem, mas sempre o mesmo princípio de atuação, controle e quebra da direção dos raios solares.

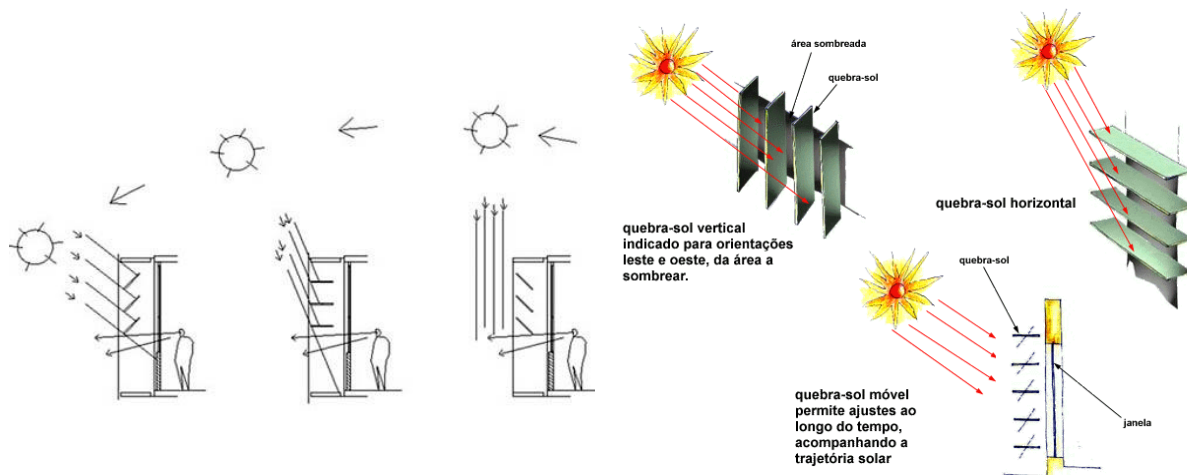


FIGURA 6.5 – Brise-soleil - horizontal e vertical
Fonte: SOLEIL..., 2011.

O *brise-soleil* é na verdade uma releitura da persiana, sendo seu desenvolvimento uma questão de escala, pois as dimensões de suas lâminas podem ser aumentadas, e sua aplicação estendida para proteção de fachadas inteiras voltadas para orientações inadequadas. O *brise-soleil* foi uma resposta às transformações arquitetônicas introduzidas pelas possibilidades tecnológicas e pelos conceitos da arquitetura moderna. Está associado à necessidade de proteção solar dos edifícios modernos, que incorporaram na sua linguagem compositiva o uso de novos materiais, novas tecnologias, novos arranjos espaciais e grandes panos de vidro na sua envoltória, porém, extremamente vulneráveis ao ganho de calor solar.

A atitude de Le Corbusier com relação à superfície envoltória de seus edifícios mudou quando percebeu os problemas provocados pelo emprego de uma membrana fina, com grandes áreas envidraçadas, principalmente em países quentes onde o problema era agudo. A solução foi o desenvolvimento de uma forma de anteparo solar, brise-soleil, que permitia o desejo entre a visibilidade da paisagem do exterior do edifício e a necessidade de controle da radiação solar. A concepção desse elemento é basicamente funcional, porém sua aplicação passa a dialogar

com a composição arquitetônica da edificação. Assim, também se enquadra nos preceitos modernistas em que a forma segue a função.

O *brise-soleil* foi adotado, desenvolvido e amplamente utilizado pela arquitetura moderna brasileira em resposta à necessidade de proteção à radiação solar excessiva e controle da luz. Além dessa função, esse elemento possui uma expressão formal marcante, e adquire grande importância, caracterizando as obras realizadas entre os anos de 1930 e 1960.

O edifício localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro, à Rua da Imprensa, número 16 com o nome de Edifício Gustavo Capanema ou Palácio Capanema (também largamente conhecido pelo seu uso original, o Ministério da Educação e Cultura, ou ainda como MEC), (FIG 6.6) foi projetado por uma equipe composta por Lucio Costa, Carlos Leão, Oscar Niemeyer, Affonso Reidy, Ernane Vasconcellos e Jorge Machado Moreira, com a consultoria do arquiteto franco-suíço Le Corbusier. É considerado o primeiro e mais representativo exemplar da arquitetura moderna brasileira, já que aplica todos os princípios de Le Corbusier num edifício de grandes dimensões: o terraço jardim, a pele de vidro, a estrutura independente, a planta livre, e o uso de pilotis. Incorpora também características que passam a compor a linguagem da arquitetura brasileira: formas livres e flexibilidade de volumes; proteção solar, curvas e estrutura com intenção plástica (elementos expressivos), e indistinção dos espaços interno e externo.

O edifício do Ministério da Educação e Saúde, construído entre 1936 e 1945 e entregue em 1947, possui duas imponentes fachadas: a face SSE, pouco ensolarada, totalmente envidraçada com vista para a baía de Guanabara, e, na fachada NNO, que recebe insolação na maior parte do ano nos horários de trabalho, foi adotada a proteção por *brise-soleil* composto por lâminas horizontais basculantes, de fibrocimento armado em ferro, na cor azul. As lâminas estão fixadas em esbeltas placas verticais fixas de concreto armado, ligadas aos pisos e compondo a estrutura do edifício. Outros aspectos citados pelos arquitetos no memorial descritivo referem-se ao distanciamento de 0,50m das placas horizontais em relação à superfície transparente, com o objetivo de permitir a ventilação evitando a irradiação do calor para os ambientes internos, assim como as placas verticais fixadas apenas em dois pontos na estrutura a fim de evitar a transmissão de calor por condução. (GUTIERREZ; LABAKI-2005)



(a) (b)
FIGURA 6.6 – Edifício Gustavo Capanema (a) a vista geral (b) detalhe do Brise
Fonte: VITRUVIUS, 2011.

Os elementos vazados, ou cobogós, são protetores solares bastante utilizados, devido ao seu baixo custo e fácil fabricação. A inclusão destes elementos pode influir na redistribuição da iluminação natural contribuindo para o uso da energia elétrica de maneira mais racional e eficiente. Além disso, estratégias projetuais como essa, dão margem a um forte caráter espacial que permitem a representação com autêntica consciência regional, a originalidade do projetista e uma maior uniformidade e distribuição da iluminação no interior dos espaços. Como redirecionam os raios solares para outras regiões do ambiente, mantêm os níveis adequados ao desenvolvimento das tarefas de acordo com as recomendações da norma NBR 5413. (ABNT, 1992) Como exemplo de uso do cobogó, tem-se os edifícios criados por Lúcio Costa no Parque Guinle (FIG. 6.7).



FIGURA 6.7 - Parque Guinle
Fonte: CASTANHEIRA, 2012.

6.3 A influência do entorno

O entorno construído pode ampliar a disponibilidade da luz natural para as edificações. Por outro lado, seu desenho deve considerar as condições climáticas que influenciam essa disponibilidade. No trópico úmido, as proteções solares utilizadas nas aberturas podem reduzir consideravelmente o fator de céu. Esse efeito pode ser compensado pela quantidade significativa de luz refletida. (ARAÚJO; GABÚS, GONÇALVES, 2007)

O estudo feito por Araújo e Gabús (2007) comprova que existe uma grande contribuição da luz refletida para a iluminação das edificações, em particular, da radiação solar. Assim, concluiu-se que na definição de normas para o espaço urbano no trópico úmido, é relevante que se dê atenção especial às refletâncias do entorno e à orientação das aberturas e obstruções.

A luz natural é um recurso importante para os edifícios. O desenho urbano é a ferramenta que pode conduzir o espaço da cidade a um maior aproveitamento da luz natural nas edificações. No entanto, ele também envolve questões de uso do solo, adensamento e valorização, cabendo ao poder público promover ações que regulem os padrões urbanos, a fim de garantir a disponibilidade de luz natural e também de ampliá-la, contribuindo assim, para a redução do consumo diurno de luz artificial e para a sustentabilidade das construções.

Os principais métodos utilizados para atingir esse objetivo, baseiam-se no Fator de Céu como parâmetro de desempenho luminoso. Esse fator relaciona a obstrução da visão do céu às iluminâncias. Ele tem servido de referência para o controle da disponibilidade da luz natural no meio urbano em todo mundo. No trópico úmido, a necessidade de sombreamento combina-se à de iluminação sob céus parcialmente nublados e intensa radiação direta e difusa. As proteções solares podem reduzir consideravelmente o Fator de Céu das aberturas, o que representaria uma perda de desempenho luminoso. Esta perda de desempenho luminoso pode ser compensada pela quantidade significativa de radiação difusa e direta incidindo do entorno, tornando-o uma fonte de luz considerável.

6.4 Metodologias de projeto luminotécnico: iluminação natural e artificial

Quando se pretende reduzir o consumo de energia elétrica gasta em iluminação, deve-se pensar, não somente na substituição do sistema existente por outro de maior eficiência, mas

também de que maneira este pode ser controlado com o intuito de tirar melhor proveito da luz natural disponível, que além de proporcionar uma redução no consumo é considerada pelas pessoas como uma fonte de luz estimulante.

O tipo de iluminação artificial e, em particular, os sistemas de controles associados podem desempenhar um papel-chave na economia em energia elétrica de iluminação. A opção de controle mais eficaz irá depender:

- do tipo de edifício;
- do tipo de espaço (individual, compartilhado, etc);
- dos padrões de ocupação desses espaços (contínuo, temporário, ocasional, etc) e
- desse espaço, ser ou não iluminado satisfatoriamente pela luz natural.

Os principais parâmetros de desempenho energético dos sistemas de iluminação artificial são:

- eficiência luminosa das fontes de iluminação (Lúmen/Watt);
- a densidade de potência luminosa instalada [Watt/m^2] e
- o período de funcionamento dos equipamentos de iluminação (horas).

As lâmpadas utilizadas devem possuir uma eficácia luminosa a mais elevada possível, devendo ser privilegiada a utilização de lâmpadas economizadoras de energia, nomeadamente lâmpadas fluorescentes tubulares de última geração, lâmpadas fluorescentes compactas e as lâmpadas de *Leds*. Em espaços interiores, é recomendável que a eficácia luminosa das fontes de iluminação utilizadas seja sempre superior a 60 lm/W.

A potência luminosa instalada por unidade de área, nos compartimentos/áreas deverá ser inferior a 10 W/m^2 para uma iluminância mantida de 300 lux e inferior a 15 W/m^2 , para uma iluminância mantida de 500 lux.

A limitação da potência luminosa instalada por unidade de área não deverá colocar em pauta os valores das iluminâncias mantidas e necessárias à realização das tarefas visuais em condições de segurança e conforto para os ocupantes. Os valores recomendados referidos assumem um aproveitamento adequado da iluminação natural nos espaços e compartimentos interiores.

Durante os períodos de utilização dos diversos compartimentos, o recurso da iluminação artificial deverá ser efetuado apenas quando os requisitos de iluminação não possam ser satisfeitos pela luz natural. Para tal, todos os espaços interiores devem ser dotados de sistemas de controle da iluminação artificial que permitam o ajuste dos níveis de iluminação artificial em função dos níveis de iluminação natural e das necessidades de iluminação específicas.

Os sistemas de controle da iluminação artificial devem assegurar que a luz é disponibilizada na quantidade adequada, no local adequado e durante o período de tempo adequado. Os principais fatores que influenciam a escolha do tipo de controles da iluminação são:

- a disponibilidade da luz natural;
- os padrões de utilização dos espaços;
- a possibilidade ou não de regulação gradual das fontes de iluminação;
- o grau de satisfação desejável para o controle e
- os custos de capitação e o potencial de economia em energia elétrica para iluminação.

Os principais modos de controle da iluminação elétrica, que podem ser usados separadamente ou em combinação são:

- controle manual localizado;
- controle temporizado;
- controle por *reset*;
- detecção de presenças e
- controle fotoelétrico *ON/OFF* e gradual.

De modo geral pode-se afirmar que, para os grandes edifícios de serviços, os sistemas que potencialmente conduzem a maiores reduções de energia em iluminação artificial são os sistemas automáticos de regulação gradual. Contudo, a sua complexidade, custo e manutenção limitam bastante a sua utilização. É também frequente encontrarem-se sistemas de controle potencialmente eficazes, mas cujo desempenho é desaconselhável devido a vários fatores, entre eles:

- inadequado zoneamento espacial;
- desadequada distribuição espaço-funcional dos postos de trabalho;

- desadequada articulação com os sistemas de controle da iluminação natural e de proteção solar;
- desconhecimento por parte dos ocupantes dos seus modos de funcionamento e
- ausência de manutenção, entre outros.

Embora, de um modo geral, os ocupantes dos edifícios valorizem bastante as boas condições de iluminação natural e de contato visual com o exterior, algumas das suas atitudes podem contrariar estes desejos e expectativas. Em particular, durante os períodos quentes existe uma forte correlação entre a sensação de conforto térmico e a atuação sobre os dispositivos de proteção solar (quando reguláveis pelos ocupantes) sendo frequente deparar com situações de níveis de iluminação natural insuficientes e ausência de contacto visual com o exterior (com o conseqüente consumo suplementar de energia elétrica para iluminação) na tentativa de minorar os efeitos de desconforto térmico. Uma das razões para este fato é a falta de versatilidade e eficácia da grande maioria dos dispositivos de sombreamento.

No que diz respeito ao controle da iluminação artificial, são ainda pouco conhecidas as motivações dos ocupantes que conduzem a decisão de ligar ou desligar a iluminação elétrica, quando as condições de iluminação natural podem ser consideradas potencialmente adequadas ou suficientes.

De modo geral, considera-se que os sistemas de regulação/controle automáticos são aqueles que conduzem a maiores economias de energia. Todavia, a realidade parece demonstrar o contrário em climas quentes. De fato, alguns estudos demonstram que, para edifício de serviços do tipo pavimento corrido, as pretensas economias de energia parecem ser efetuadas à custa da diminuição do conforto global dos ocupantes, sendo duvidosas as economias energéticas globais. Sistemas que não permitem a manipulação das condições de conforto ambiental pelos ocupantes não são apreciados, conduzindo a situações de insatisfação e frequentemente, de sabotagem desse controle automático.

A técnica de se integrar a iluminação natural com a artificial é denominada Iluminação Artificial e Suplementar Permanente IASPI. Desenvolvida na Inglaterra, no Building Research, ela se baseia tanto nas considerações subjetivas da aparência do local, como na

previsão das iluminâncias. A IASPI traz recomendações que obedecem a princípios básicos da relação iluminação artificial *versus* iluminação natural. Apesar das recomendações muitos aspectos dessa relação ainda exigem estudos intensos, fazendo que muitos deles sejam determinados empiricamente a partir de uma prática profissional aguçada e consciente (ILUMINAÇÃO, 1992).

O princípio básico da iluminação suplementar obedece dois requisitos fundamentais:

- a iluminância necessária e exigida pela função em questão, na totalidade do local e
- a relação de iluminância entre locais iluminados natural ou artificialmente, ou seja, contrastes que visam a correta adaptação do olho às duas condições distintas de iluminação.

Obedecendo tais princípios pode-se dizer que a IASPI em síntese possibilita:

- um nível constante de iluminância suplementar;
- a luz necessária para aumentar a luminosidade aparente do local até um nível tal que assegure que não há áreas escuras no ambiente, sem grande consumo de energia elétrica;
- uma luminância adequada que contrabalance o desconforto causado pelo céu através da janela.

A IASPI recomenda ainda que o sistema suplementar deve manter o caráter do espaço proposto pela iluminação natural por meio da correta definição da iluminância a ser adotada e da cor da luz empregada .

A definição da iluminância a ser adotada no sistema de Iluminação Suplementar Permanente deverá obedecer a uma relação de proporcionalidade com a iluminância decorrente da iluminação natural, guardando, portanto uma dependência direta da iluminância da abóbada celeste. Isto significa que quanto maior a iluminância da abóbada celeste, maior deve ser a iluminância do sistema suplementar.

Quando o nível médio da iluminação suplementar for determinado, haverá evidentemente ocasiões onde ele parecerá excessivo (no inverno e em quedas momentâneas da iluminação exterior) ou pobre (no verão devido à excessiva luminosidade externa). Isto se deve, logicamente, à característica de mutabilidade da luz natural.

- cor, integração entre luz natural e artificial: é fundamental a correta escolha do tipo de lâmpada no que se refere à reprodução e à aparência da cor;
- a distribuição da iluminância suplementar deve ser graduada das áreas mais afastadas em relação à janela para as áreas mais próximas, sendo que devem-se evitar quedas na iluminância no centro do local, pois isso reforçaria a artificialidade da situação e
- a variação da iluminação sobre a área desejada não deve exceder às proporções recomendadas, embora nas áreas mais próximas das janelas esse valor possa ser ultrapassado.

Uma dificuldade encontrada no Desenho Integrado é o fato de combinar dois tipos de iluminação com características totalmente diferentes, ou seja, a iluminação natural é variável no tempo, e a artificial normalmente não. Dai se conclui que mesmo se a uniformidade fosse desejável, neste caso seria praticamente impossível de ser conseguida.

Para a distância da janela, a partir da qual deve-se complementar a iluminação natural, adota-se o critério de eficiência da janela. Estima-se essa distância em $1 \text{ e } \frac{1}{2} \times \text{ pé direito do local}$.

Na busca de um projeto de iluminação de alto desempenho, o ambiente a ser iluminado deverá ser dividido em zonas de iluminação. As zonas de iluminação são caracterizadas por áreas que apresentam uma distribuição de iluminâncias com características similares. O tamanho da zona dependerá da configuração da abertura, das condições de céu, e do período (mês, dia e hora) para o cálculo de iluminação natural.

Para a definição das zonas, utilizando-se de códigos computacionais, o projetista de iluminação deverá simular o ambiente projetado para as três condições de céu (claro, parcial e encoberto) nos dias representativos de cada período analisado, tais como: verão, primavera, inverno e outono. Após definidos o dia representativo de cada período, recomenda-se que a estimativa da distribuição de iluminâncias seja realizada para três horários: um ao meio dia (12h00min) e os outros, três horas antes (09h00min) e três horas depois do meio dia (15h00min). Estes horários são recomendados por não ser uma boa idéia estabelecer as zonas para os piores horários de desempenho, ou seja, o início e o término do período de expediente.

Deve-se evitar a entrada da radiação solar direta dentro dos ambientes, por que os pontos que forem atingidos por ela terão altos níveis de iluminâncias, que além de desnecessários, irão

distorcer os parâmetros de análise da distribuição, tais como: a iluminância máxima, mínima e média do ambiente. Dentro de uma zona de iluminação, a razão entre a iluminância máxima e a iluminância mínima deverá ser sempre menor que 3:1 ($E_{máx}/E_{mín} < 3$), isto garantirá uma relação de contraste razoável dentro da zona. Esta recomendação poderá variar de acordo com a atividade visual que será desenvolvida na zona, nunca sendo superior a 9:1 ($E_{máx}/E_{mín} < 9$), Robbins (1986).

Um maior número de zonas em uma sala possibilitará um melhor controle da iluminação e conseqüentemente uma maior oportunidade de economia de energia. Quando um ambiente é dividido em um pequeno número de zonas, a redução no desempenho do sistema integrado de iluminação é compensado pela redução nos custos iniciais do sistema. Como em qualquer outro sistema de engenharia, uma combinação de desempenho, custos iniciais, custos de operação e manutenção devem ser avaliados a fim de obter a estratégia de controle ótima para a edificação e para o seu proprietário. (SOUZA et al.,1999)

O sistema de iluminação natural deve considerar a escolha do tipo de iluminação adotada, ou seja: lateral ou zenital. Esta escolha é feita tendo em vista características físicas do projeto ou da edificação, caso já esteja construída, a forma e a disposição dos diversos ambientes, o tipo de tarefa visual que será realizada e as considerações da ordem tecnológica e econômica que envolva o projeto ou edificação, tais como condições especiais de trabalho (uso de protetores para a vista, presença de poeira, umidade ou vapores em suspensão na atmosfera, visão de objetos móveis etc).

A iluminação zenital oferece maior uniformidade e iluminação média sobre a área de trabalho do que uma superfície iluminante lateral equivalente. (PROCEL, 1992) A iluminação zenital apresenta custo inicial de implantação mais alto, apresentando maiores dificuldades para a limpeza e para localização dos elementos de proteção solar e ventilação, assim como a localização de aparelhos de iluminação artificial. É uma solução adequada para ambientes profundos e grandes espaços contínuos e para edifícios de um só pavimento ou para coberturas. Neste caso deve ser considerada a carga térmica gerada principalmente em regiões tropicais e sub-tropicais para não comprometer o desempenho térmico do ambiente.

Na cidade de Lisboa, Portugal, o Shopping Center Vasco da Gama (FIG. 6.8 e 6.9), projeto do arquiteto Santiago Calatrava, é estruturado em aço e coberto por vidro. O arquiteto adotou uma solução para compensar a incidência total do sol na cobertura de vidro. Constantemente escorre uma lâmina de água que proporciona um resfriamento do vidro e minimiza a

incidência direta dos raios do sol, diminuindo o iluminamento excessivo de luz interna na edificação. A solução proporciona também uma ambiência interna muito agradável ao usuário. Na marquise de entrada outra solução usada foi o uso de uma lâmina metálica acima do vidro com densidade de sombreamento reduzida.

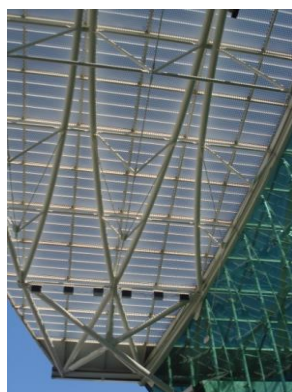


(a)

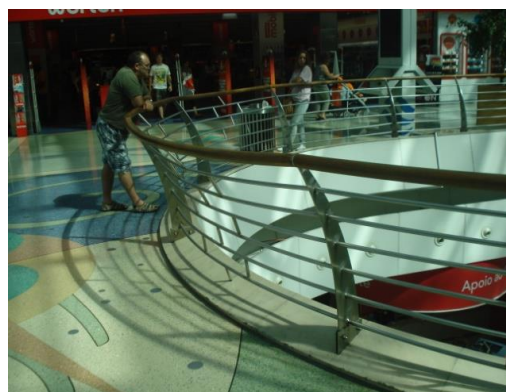


(b)

FIGURA 6.8 – Vista da entrada e do interior do Shopping Vasco da Gama
Fonte: CASTANHEIRA, 2011



(a)



(b)

FIGURA 6.9 – Vista da cobertura do Shopping Vasco da Gama e detalhe interno com insolação.
Fonte: CASTANHEIRA, 2011

A iluminação lateral é adequada para zonas próximas às janelas, onde é possível obter iluminâncias recomendadas (níveis de iluminação) para tarefa visual a ser realizada, diminuindo na medida em que se encaminha para dentro do interior do local e para os diversos pavimentos da edificação que não podem receber a iluminação zenital. A carga termo luminosa recebida por uma janela é menor que a recebida por um zenital, entretanto não é desprezível, como exemplo uma fachada leste na cidade de Porto Alegre recebe nos equinócios, às 10h com o céu parcialmente nublado e sol incidindo sobre ela o equivalente a 34.000 lux ou 340 W/m² no seu plano. (PROCEL, 1992)

Para o controle de luminância excessiva proveniente da abóbada celeste e do sol, como o calor por este emitido, deve ser controlado por meio do uso de fatores de sombra (TAB. 6.2).

TABELA 6.2
Radiação luminosa obstruída por diferentes tipos de fatores de sombra (FS)

TIPO DE FATOR DE SOMBRA	RADIAÇÃO LUMINOSA OBSTRUIDA (FS)
Persiana de cor clara	0.60
Persiana de cor escura	0.80
Cortina de tecido de trama aberta	
Cor clara	0.30
Cor escura	0.50
Cortina de trama fechada	
Cor clara	0.70
Cor escura	0.85
Persiana de enrolar fechada deixando 5% de abertura	
Cor clara	0.80
Cor escura	0.90
Todo	
Cor clara	0.60
Cor escura	0.80
Brises Horizontais (NS)	
Cor clara	0.50
Cor média	0.60
Brises verticais (E0)	
Cor clara	0.40
Cor média	0.50

(*)Latitude 30° S

Fonte: Adaptado de MASCARÓ, 1980

Os fatores de sombra colocados internamente só controlam a luz que entra no local. Seu desempenho depende de seu estado de manutenção. Superfícies iluminantes e fatores de sombra sujos reduzem a admissão de luz no local, pois superfícies sujas e deterioradas absorvem luz e calor. O controle das superfícies iluminantes é fundamental para se obter uma boa iluminação.

A iluminância da janela e sua forma influem mais no ofuscamento que o tamanho da abertura. Chanfrando a borda superior da abertura e pintando-a de cor clara, obtém-se uma área de luminância média entre a abóbada celeste e o interior do local. As venezianas e persianas podem ter o fator de reflexão alto e estar inclinadas de forma a refletir a luz para o forro. Beirais reduzem a iluminância, tanto na proximidade da janela como no fundo do local, sendo a iluminação interior mais uniforme e menos eficiente. Colocando *brises* externos nos elementos zenitais, obtém-se controle termoluminoso da superfície iluminante (FIG.6.10) de alta eficiência energética porque permite o uso da iluminação zenital sem ganhos térmicos significativos.

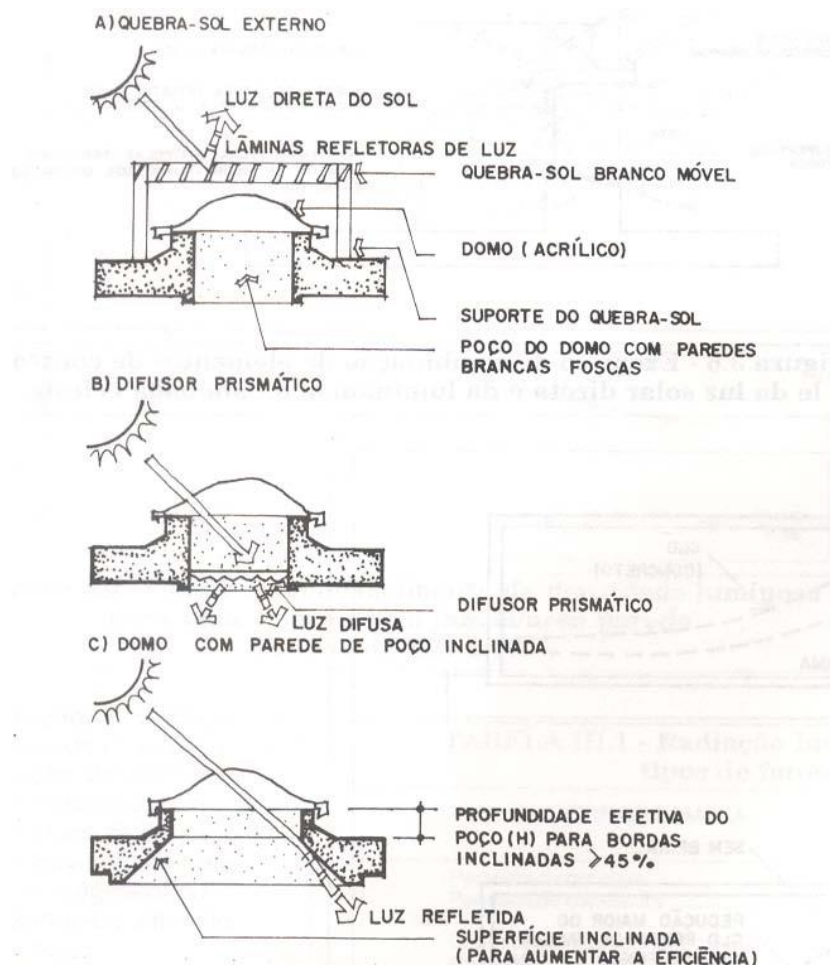


FIGURA 6.10 - Controle de luz solar direta e da iluminância em domos

Fonte: PROCEL, 1992

Para a iluminação artificial, diversas alternativas podem ser seguidas no trabalho de projeto. A avaliação da iluminação é subjetiva e particular para cada tipo de espaço, sendo necessária

muita cautela na elaboração de parâmetros. Na concepção do projeto de iluminação são identificados aspectos quantitativos, que estão relacionados a iluminâncias recomendadas por normas em função das tarefas visuais desenvolvidas nos diversos ambientes de um espaço, e os aspectos qualitativos, que estão diretamente relacionados à percepção visual do ambiente e influenciados por características individuais, aspectos culturais, sociais, entre outros.

Segundo Brandston (2010) o processo de *design* da iluminação pode ser separado em três etapas principais: Pré-projeto, Estudo Preliminar e Projeto Executivo, todas em constante e progressiva interação com o cliente conforme ilustrada na (FIG. 6.11) como uma rampa ascendente.

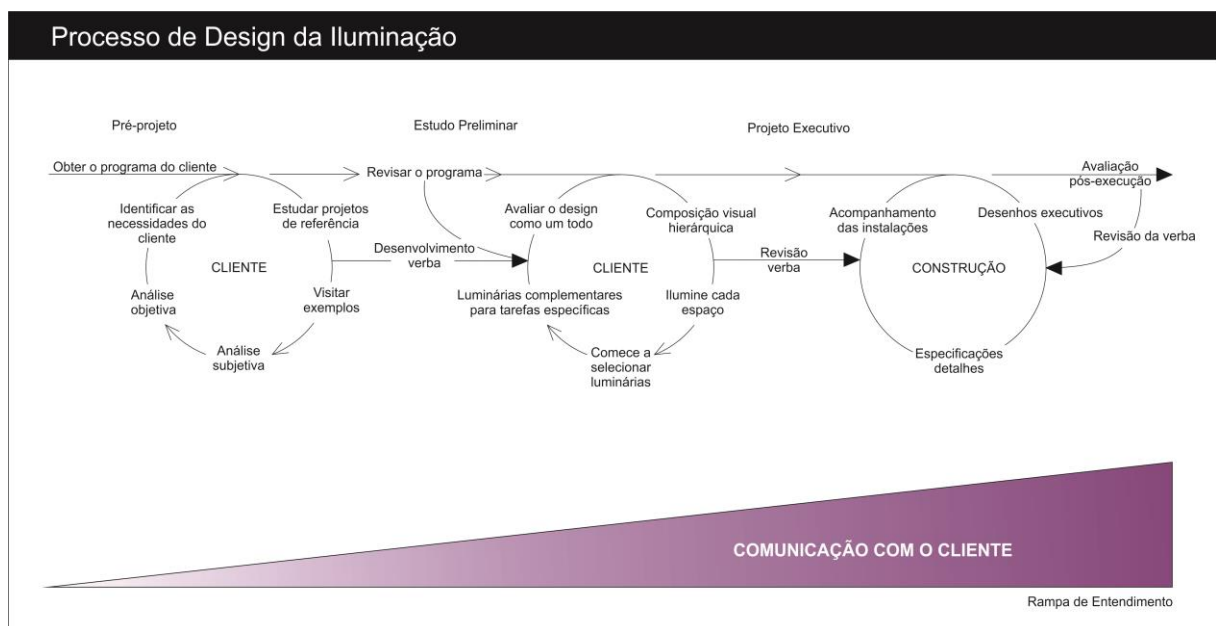


FIGURA 6.11 – Estudo Preliminar e Projeto Executivo
Fonte: Adaptado de BRANDSTON, 2010

No pré-projeto o foco deve ser a relação entre o usuário e seu espaço, que pode ser qualquer um, desde uma residência ou um escritório a um museu, parque ou zoológico. Deve-se obter o programa de necessidades do cliente e analisar as reais necessidades, confrontando com outros projetos similares, fotos, materiais de acabamento empregados ou a serem utilizados. Deve-se medir as iluminâncias do ambiente, do entorno e do campo de tarefas principais e das áreas de transição. Fazer análise subjetiva com os usuários do espaço e uma análise objetiva das instalações atuais. Este processo deve ocorrer antes do início do projeto esquemático. Todos os espaços precisam ser considerados simultaneamente e não um de cada vez, cuidando-se para evitar que todos eles tenham a mesma solução. Neste roteiro, cada espaço

precisa ser descrito individualmente, seja por meio de frases ou *croquis*, a fim de garantir solução individualizada para cada um deles.

O projeto esquemático deve começar a conceituar a iluminação de todos os espaços assim como ocorreu no projeto vencedor para as novas igrejas nas zonas de expansão de Roma. De autoria de Richard Meier, a Igreja de Deus Pai Misericordioso lembra que a arquitetura foi a arte que melhor prosseguiu, sem interromper o diálogo com o religioso e o Cristianismo. Ele justifica que as três paredes brancas semelhantes são como Velas paralelas de Barcos, paralelas e decrescentes a abraçar o espaço. Alternadas com paredes de vidro, lembram a Opera de Sydney, ícone da arquitetura moderna, como conchas que simbolizam a Santíssima Trindade Pai, Filho e Espírito Santo (FIG. 6.12).



(a)



(b)

FIGURA 6.12 - Igreja de Deus Pai Misericordioso
Fonte: VIDRADO..., 2011

O objetivo é transmitir um ideal de pureza com muito branco e luz. A igreja foi projetada para que houvesse o máximo aproveitamento da luminosidade solar. Assim a cada hora do dia, a incidência de luz revela outro detalhe do projeto. A nave é coberta por uma imensa claraboia para que os fieis possam ver o céu. Não precisam de vitrais nem de muitas cores. A luz já tem cores suficientes na construção da igreja. (REVISTA VEJA, 2003)

Já no Estudo Preliminar define-se o caráter da iluminação, que deve ser bem trabalhado. Quando à hierarquia visual ou o itinerário por meio do projeto estiver formatado, e cada espaço estiver iluminado como o projetista e o cliente deseja e esteja satisfeito, poderá assim passar à etapa de especificação de materiais e definição dos controles.

O projeto de iluminação é essencialmente um processo que abrange três etapas: observação, visualização e realização. Para a ciência os passos são: observação, proposição da hipótese, experimentação e réplica. Os designers e cientistas realizam suas observações de formas distintas. O designer começa suas observações no teatro, já que o teatro é um lugar especial, que cria sua própria realidade. Entretanto a experiência dos efeitos da iluminação no teatro é similar a uma prova de estudo conceitual no laboratório. Naqueles dois lugares, condições extremas são usadas para garantir um efeito. Com esse cenário, a questão que naturalmente emerge é: quão generalizável são as conclusões tiradas a partir de observações feitas no teatro, quando aplicadas a situações mais reais?

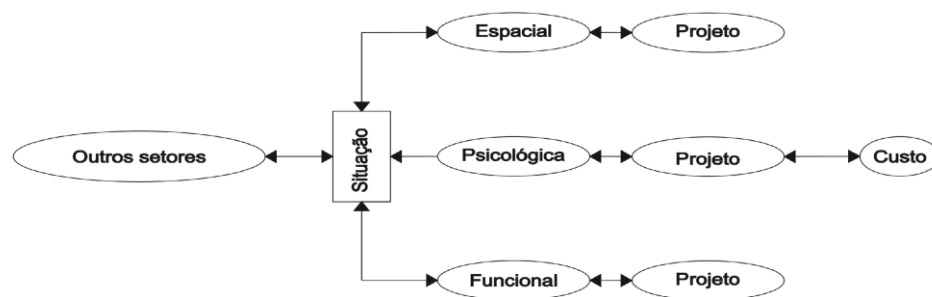
Para o cientista, as condições nos experimentos laboratoriais muitas vezes são extremamente simplificadas a fim de permitir o controle das variáveis significativas. Mais, estes controles têm o inconveniente de eliminar a possibilidade de vários fenômenos interessantes. Já o designer pode ser uma fonte de informações para os cientistas com suas observações. Cada projeto concluído pode ser visto como um experimento.

Por muitos anos, a maior parte das instalações de iluminação foi desenhada simplesmente para assegurar adequado desempenho visual, sem desconforto. Hoje a iluminação deve englobar os efeitos sobre as percepções, comportamento e saúde, além do desempenho e conforto. Os designers têm experiência em criar iluminação para alcançar tais objetivos e os cientistas têm o conhecimento para medir quão bem esses objetivos foram alcançados.

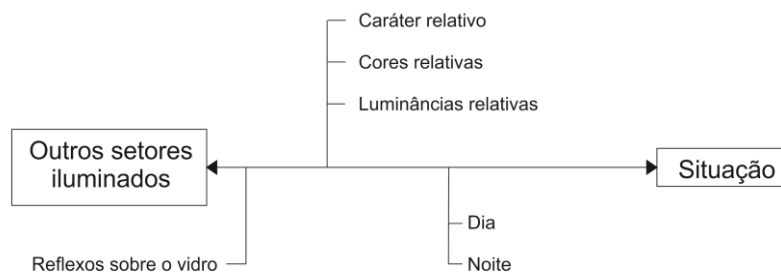
Para o Projeto Executivo o conjunto de desenhos deve ser suficiente para definir com precisão o tipo de cada luminária e seu foco. O conjunto de especificações compreensíveis que não deixem dúvida quanto às propriedades fotométricas das luminárias, inclusive as relativas ao ofuscamento e a sua distribuição nos espaços. O cuidadoso acompanhamento das instalações de modo verificar o respeito à posição das luminárias, aos tipos de lâmpadas e seus focos, uma avaliação pós-ocupação e se necessário ajustes posteriores compõem o perfeito êxito do projeto.

Para Dorsey (1971) o procedimento do projeto de iluminação pode ser sintetizado pelo fluxograma dividido em 10 etapas, mostrado na FIG.6.13. Na etapa 1, mostra-se o resumo que a metodologia propõe. A correlação entre o estabelecimento da situação e os outros aspectos do projeto é representado no fluxograma nas etapas 2 e 3, que relacionam a situação (espaço ou objeto a ser iluminado) com as interfaces da expressão espacial, funcional e psicológica. Relaciona também com outros setores iluminados (entorno, periferia) e com o caráter, cores e

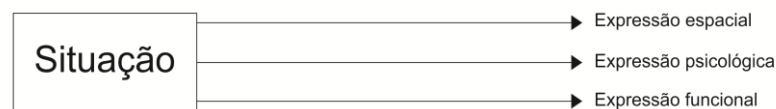
luminâncias relativas. Na etapa 4, mostra-se a relação do objeto com as questões relativas ao espaço físico, enquanto na etapa 5, mostra-se as relações em termos de atendimento dos aspectos psicológicos. Já na etapa 6, mostra-se as interfaces do objeto com os objetivos relativos à utilização funcional dos espaços. As etapas 7, 8, 9 ilustram as fases do projeto de iluminação, considerando diversos os parâmetros e referências que devem ser observadas e consideradas sua elaboração. Na etapa 10, sintetiza-se todo o processo.



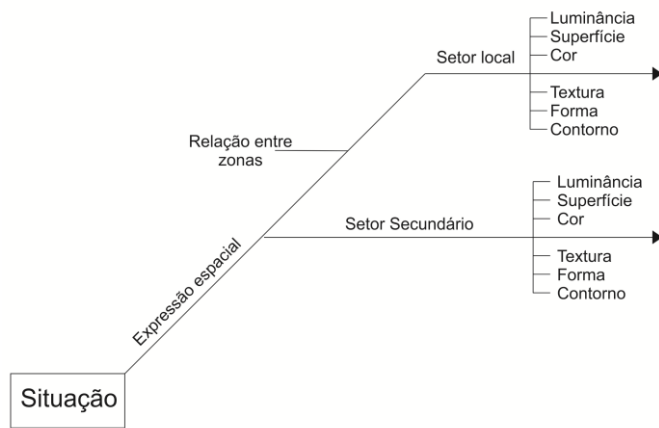
ETAPA 1



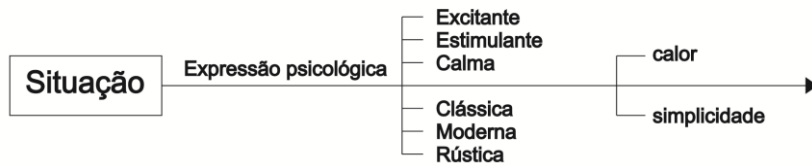
ETAPA 2



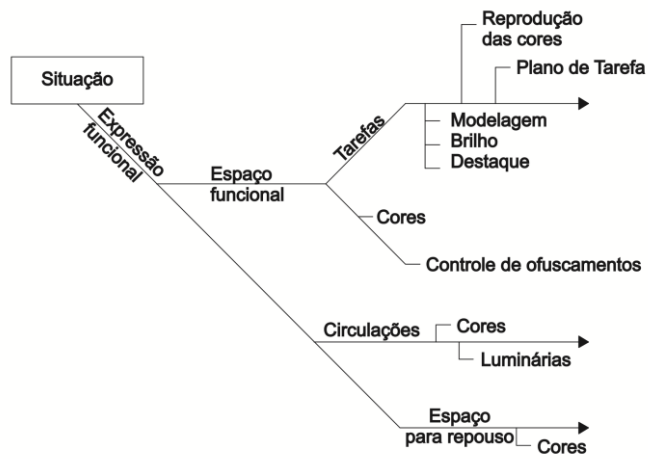
ETAPA 3



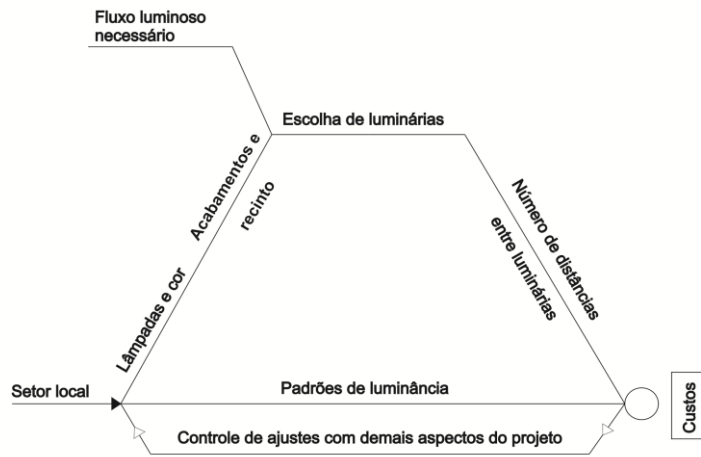
ETAPA 4



ETAPA 5



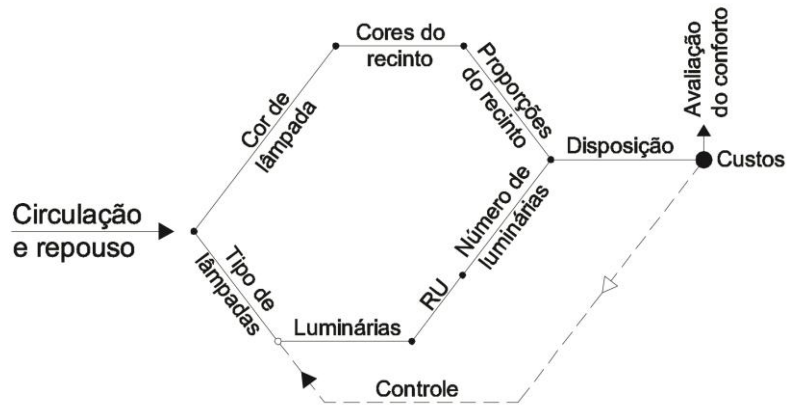
ETAPA 6



ETAPA 7



ETAPA 8



ETAPA 9

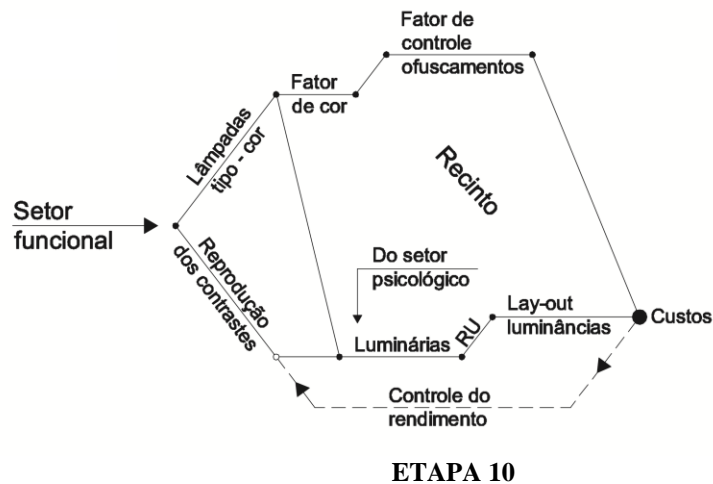


FIGURA 6.13 – Metodologia de Projeto Luminotecnico
 Fonte: Adaptado de DORSEY, 1971

A metodologia defendida por Dorsey (1971) supõe três tipos de análise ou, como ele define, três expressões: uma expressão espacial, onde são consideradas as diversas questões relacionadas à forma, ao pé direito, à largura e comprimento do espaço, entre outros aspectos físicos do espaço. Na segunda expressão são consideradas as questões funcionais do espaço, onde devem ser atingidas todas as metas de conforto, controle de ofuscamento, brilho e luminâncias adequadas às diversas atividades exercidas no local. Por fim a expressão psicológica do espaço, onde são abordadas diversas questões em relação à expressão do espaço sob o ponto de vista da linguagem de design, simbolismo e questões estéticas que serão transmitidas aos usuários.

Depois destas análises, outras questões deverão ser consideradas como a compatibilização com o projeto arquitetônico e seus diversos projetos complementares (estrutura, hidráulica, forros, paisagismo), os fornecedores de materiais, a mão de obra, as características das diversas luminárias e de lâmpadas. Por fim, todo este processo deve ser confrontado com o custo da implantação do projeto. Este processo é cíclico e pode ser revisto, realimentando cada uma das etapas de análise.

6.5 Aspectos que devem ser observados em ambientes que utilizam monitores de vídeos

Hoje a utilização de monitores de vídeos está presente em quase todos os ambientes de trabalho. Em frente a esta constatação a iluminação para estes ambientes deve considerar alguns aspectos relevantes para permitir o maior conforto dos usuários.

6.5.1 Níveis de iluminação: requisitos quantitativos

O nível de iluminação deve ser determinado pela necessidade visual de cada atividade desenvolvida e pela idade do ocupante do ambiente. Em escritórios que utilizam monitores de vídeo é mais apropriado que a iluminação geral seja mantida em níveis relativamente baixos, e que uma iluminação suplementar seja aplicada sobre a tarefa executada em papéis, desde que os níveis estabelecidos propiciem um bom desempenho e confortos visuais.

Em todos os casos em que se adota a iluminação localizada sobre a tarefa, o nível de iluminação geral pode ser reduzido para 200 a 300 lux, uma vez que a iluminação localizada sobre a tarefa eleva a iluminância da tarefa visual para a recomendada. Os níveis de iluminância médios mantidos não devem exceder 500 lux sobre o plano de trabalho horizontal, a fim de limitar tanto as reflexões, como alguma possibilidade de problemas de adaptação.

O limite superior para a iluminância geral em escritórios informatizados é de 750 lux. Assim, recomenda-se que o nível geral de iluminação nos postos de trabalho com computadores seja de 300 lux, quando os documentos a serem transcritos apresentarem boa legibilidade, ou 500 lux, quando essa legibilidade for menor. Para os casos onde essa legibilidade for ainda menor, aconselha-se a colocação de uma fonte localizada de até 1000 lux, diretamente sobre o documento de baixa legibilidade. (IES, 1995)

6.5.2 Controle de brilho ou luminância

A variação de luminâncias é absolutamente necessária para a visão, facilitando a percepção e a interpretação do espaço. Se esta variação for bem dosada, proporcionará um ambiente confortável, e, ao mesmo tempo, estimulante. Entretanto, se a diferença entre luminâncias dentro de um campo visual for extremamente grande, causará ofuscamento e distração. Em escritórios informatizados, os valores de luminância altos podem provocar o ofuscamento refletido na tela dos monitores de vídeos e a redução do contraste da tarefa, podendo criar problemas de adaptação mais severos do que nas tarefas convencionais.

Os três principais problemas de ofuscamento que frequentemente ocorrem envolvem: a luz natural, as luminárias no teto e as tarefas em papéis adjacentes. A luz natural pode representar um problema em duas situações: se a luz do sol penetrar de forma direta dentro do espaço, atingindo o plano de trabalho (no caso, a tela de vídeo) ou refletindo antes em alguma

superfície; ou se houver alguma abertura lateral (geralmente uma janela) dentro do campo de visão do observador que incapacite ou reduza a acuidade visual.

As tarefas sobre papéis são tipicamente realizadas olhando-se para baixo em um plano horizontal. Já uma tarefa visual em vídeo é realizada com a cabeça na posição vertical. Em função disto, em grandes escritórios abertos, uma extensa área do teto pode estar no campo de visão sendo importante limitar a luminância no plano do teto a fim de prevenir o ofuscamento fisiológico (ou incapacitador) ou problemas de adaptação.

O brilho do teto se torna especialmente importante em trabalhos com vídeos. A visualização das telas requer um grande controle da luminância das luminárias diretas, ou então, o controle da luminância do teto, se a iluminação indireta for utilizada. Já que o teto pode ser considerado tipicamente uma superfície iluminada mais afastada, a luminância máxima do teto não deve exceder em dez vezes a da tela do vídeo, caso as relações de luminância recomendadas sejam mantidas. Muitas pessoas podem começar a ver o teto na sua visão periférica no ângulo de 45° da vertical. (IES, 1995)

As tarefas em papéis adjacentes às telas do VDT podem causar um conflito direto entre as recomendações de iluminância e das relações de luminância. Uma refletância de 80% de um papel de fundo branco iluminado a 750 lux, resultará em um nível de luminância de aproximadamente 200 cd/m². Se a luminância média da tela do VDT for de 50 cd/m², a tarefa sobre papéis será quatro vezes mais brilhante. Isto excede a relação de luminância recomendada de 3:1 entre a tarefa sobre papéis e as telas de vídeo adjacentes.

Para evitar esse problema, as necessidades de iluminância da tarefa devem ser reavaliadas, ou seja, pode ser necessário diminuir um pouco o nível de iluminância recomendado para a tarefa sobre papéis, sem que isto reduza a qualidade da iluminação da tarefa (sem reflexões veladoras). Outra solução para esse problema específico é usar uma tela de vídeo com uma luminância média maior, isto é, maior do que 50 cd/m². (IES, 1995)

6.5.3 A iluminação geral

A necessidade da iluminação geral para tarefas executadas sobre papéis difere da necessidade desta para tarefas em vídeo. Esta diferença ocorre porque, ao contrário da tarefa executada sobre papéis, a tarefa visual em vídeo é autoiluminada. Nesse sentido, a iluminação ambiente pode não ser necessária para se ver e assimilar a tarefa. Apesar disso, a iluminação geral para

tarefas em vídeo não deve ser dispensada. Ela é necessária para fornecer um ambiente de trabalho agradável e seguro, para fornecer um equilíbrio entre a luminância da tarefa no vídeo e a luminância do entorno, e para fornecer um pouco ou toda a iluminância necessária para realizar tarefas visuais executadas nos papel adjacentes.

Entretanto, destaca-se que a iluminação geral pode causar problemas de visibilidade para a tarefa visual em vídeo, se não for bem projetada. Existem três maneiras de se fornecer iluminação geral:

- a primeira é a iluminação direta, na qual as luminárias sobre a cabeça fornecem
- iluminação diretamente para baixo;
- a segunda é a iluminação indireta, na qual as luminárias fornecem a luz direcionada para
- cima que é, então, refletida no teto, iluminando a tarefa de uma forma indireta;
- a terceira alternativa para a iluminação geral é a iluminação direta- indireta. Usa luminárias pendentes que fornecem tanto a iluminação voltada para cima como a voltada para baixo e, portanto, fornece uma combinação da iluminação direta com a indireta.

6.5.4 A iluminação direta

Com um sistema de iluminação direta especificamente projetada para escritórios que usam vídeos, a direção da luz deve ser cuidadosamente controlada, a fim de que o brilho da luminária nas telas dos vídeos não seja visto. O brilho das luminárias, quando visto na tela do vídeo, deve estar aproximadamente igual à luminância do teto, ou seja: não há quase nenhum contraste de luminância entre a imagem refletida da luminária e o teto. O fundo escuro da tela destaca os caracteres brancos, mas também pode aumentar a percepção do brilho refletido no vídeos. A luz das luminárias diretas pode ser controlada, usando-se difusores translúcidos, *louvers*, ou aletas antireflexivas.

6.5.5 A iluminação indireta

Em um sistema de iluminação indireta bem projetada, o rendimento de luz da luminária é controlado para fornecer uma mesma luminância sobre todo o teto que, sucessivamente, fornece a iluminação para o espaço abaixo. Um teto difuso reflete a luz em todas as direções e provavelmente será visto refletido na tela do vídeo; no entanto, a luminância relativamente

baixa não reduzirá o contraste de forma significativa entre os caracteres do vídeo e seu entorno.

6.5.6 A iluminação localizada

A Iluminação Localizada sobre a tarefa é particularmente útil para iluminar as superfícies de trabalho de sistema-mobiliário, que geralmente não recebem luz suficiente do sistema de iluminação geral, devido às sombras provocadas por divisórias verticais, prateleiras e armários incorporados ao mobiliário. Existem três tipos de iluminação localizada na tarefa: a iluminação fixa localizada na tarefa, a móvel e a localizada na tarefa em superfície vertical (*reader's stand*). A escolha do tipo depende de cada situação. Enfim, a iluminação na tarefa combinada com um baixo nível de iluminação geral pode ser eficiente e reduzir o consumo de energia.

6.5.7 Ofuscamento refletido

O problema mais comum de uma iluminação de escritórios informatizados é o ofuscamento refletido ou reflexões veladoras nas telas do vídeo, já que elas têm uma superfície polida escura ou acetinada que reflete as imagens do espaço circundante. As luminárias, o teto brilhante, as roupas do usuário, as paredes ou janelas podem ser vistas por um observador na tela do vídeo, como trechos brilhantes de luz refletida na tela. Diferentes tipos de ofuscamento refletido resultarão em diferentes tipos de problemas.

Existem três tipos básicos de ofuscamentos refletidos na tela de vídeo:

- o ofuscamento da imagem pode resultar de uma tela muito polida, somado ao brilho da luminária localizado dentro da zona ofensiva, ou de reflexão de uma janela e sua luminância associada. No ofuscamento da imagem, vê-se uma imagem refletida na tela. Este tipo de ofuscamento refletido provoca um problema triplo: a redução do contraste da tarefa; distração visual para o trabalhador; a criação de duas imagens com diferentes distâncias focais;
- ofuscamento da área acontece, quando uma área de brilho é refletida no vídeo resultando em um trecho brilhante visível na tela. Pode resultar de uma tela mais difusa ou de uma iluminação indireta não uniforme. Os problemas advindos deste tipo de ofuscamento

ainda são a distração e a redução do contraste da tarefa, mas não causa um problema focal no olho;

- o ofuscamento uniforme pode resultar da iluminação indireta em um nível de luminância alto demais. Neste caso, a luminância do teto uniforme é refletida na tela e pode reduzir o contraste da tarefa. Esse tipo de ofuscamento geralmente não causa distração, nem causa um problema de distância focal. Se o ofuscamento uniforme provoca a redução do contraste da tarefa, aumentando-se a intensidade do detalhe pode-se aumentar o contraste da tarefa, sem causar problemas de desconforto.

6.5.8 A luz natural (luz do dia)

Em ambientes de escritórios informatizados, a presença da luz natural é desejável, pois ela contribui para o conforto físico e psicológico do indivíduo. No Brasil onde os níveis de iluminação natural (luz do dia), são bastante expressivos, o aproveitamento da luz natural deve ser considerado, sempre que possível em associação à luz artificial, possibilitando a economia dos gastos energéticos excessivos provocados pelo sistema artificial.

Entretanto, deve-se evitar a incidência da luz natural diretamente sobre o plano de trabalho, por causar ofuscamento. Outro problema é a existência de uma janela situada dentro do campo de visão de uma pessoa que esteja visualizando o vídeo, pois poderá provocar desconforto ou ofuscamento devido às altas diferenças de luminâncias entre a luz natural que entra pela janela e a luminância no vídeo. Estes problemas podem ser evitados, com o uso de dispositivos de sombreamento na fachada, ou ainda da mudança de *layout* dos postos de trabalho informatizados.

Caso seja possível a utilização de dispositivos de sombreamento, estes devem ser estudados a fim de se escolher o tipo mais adequado a cada situação.

Os *brises* horizontais ou verticais, as marquises, e os beirais podem ser utilizados. No entanto, o *lightshelf* é um dos dispositivos mais apropriados. Trata-se de um elemento horizontal colocado na janela (devidamente calculado considerando a incidência do sol) que, divide essa abertura em duas partes; separa a área superior para a iluminação natural (pois a incidência bate neste elemento horizontal e reflete no teto, que por sua vez reflete no ambiente) e a parte inferior é destinada à visão e à ventilação (FIG.6.14) Além de sombrear a fachada, evitando a

incidência da luz natural direta sobre o plano de trabalho, permite a visão do exterior, e redireciona a luz externa para as áreas mais escuras do ambiente.



FIGURA 6.14 – Light shelf - Detalhes
Fonte: LIGHT SHELF..., 2012.

Outra solução pode ser o bloqueio visual direto da janela, com o uso de divisórias nas estações de trabalho, atrás do vídeo (até a altura dos olhos) ou atrás do trabalhador, quando este estiver de costas para a janela, bloqueando as imagens da janela refletidas na tela. Quando não for possível modificar o layout, ou utilizar dispositivos de sombreamento externo, em função do custo, pode-se, ainda, utilizar os dispositivos de sombreamento interno, tais como as cortinas e persianas, que bloqueiam a luz externa incidente. Em resumo, a aplicação de cada solução ou de soluções conjuntas vai depender de cada situação, e exigirá sempre uma análise completa e cuidadosa (FIG.6.15).

A utilização da luz natural deve ser considerada, sempre que possível, a fim de proporcionar conforto e economia de energia do sistema artificial. Deve-se procurar sempre compatibilizar o sistema de iluminação com os demais sistemas: por exemplo, deve-se evitar que a posição das luminárias coincida com as saídas de ar condicionado, incêndio, sonorização, etc.

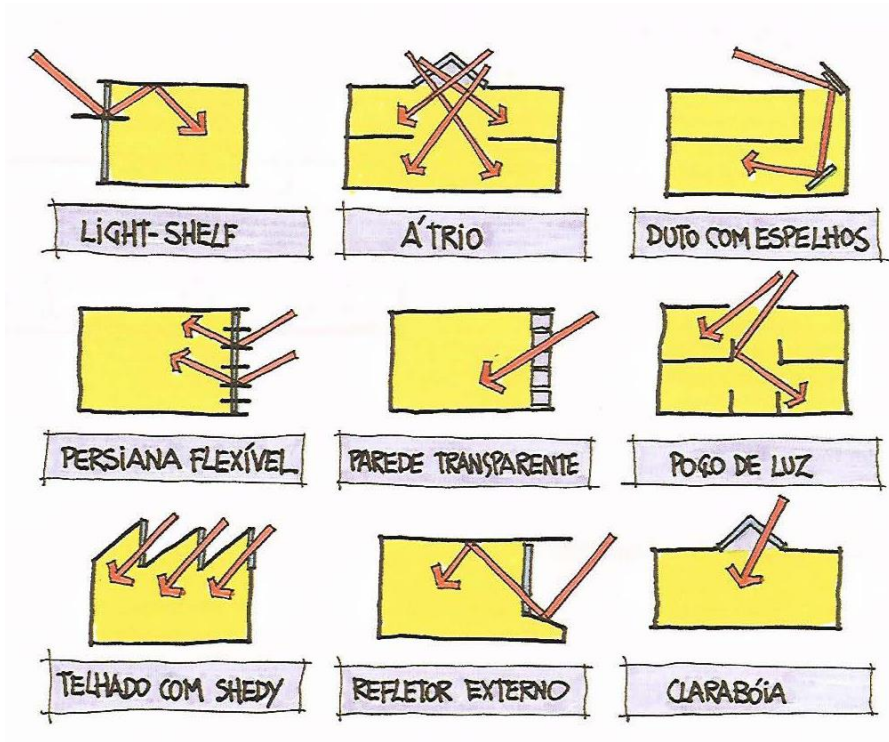


FIGURA 6.15 - Diversas formas de iluminação natural
 Fonte: DUTRA, 1997

Além disso, é importante observar que a evolução da informática é rápida e constante. A própria tela do vídeo vai sendo, ao longo do tempo, fabricada com uma tecnologia melhor, tornando alguns problemas temporários. Podem-se citar as diferenças entre os monitores de tela plana (FPD) e o tubo de raios catódicos (CRT). Os fabricantes de luminárias, lâmpadas e de dispositivos para iluminação também lançam no mercado novidades. O aprimoramento da tecnologia deve ser acompanhado de soluções de projeto que as compatibilizem.

7 INTERFACE DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL COM O PROJETO ARQUITETÔNICO NOS EDIFÍCIOS ESTRUTURADOS EM AÇO

A evolução da arquitetura está intimamente unida no desenvolvimento da luz artificial, desde o final do século XX, quando os arquitetos tomam a luz artificial como elemento integrado ao processo do desenho. Deixa de ser um sistema funcional ou um acessório de maquiagem, os edifícios se convertem em fontes de luz que por um lado cumprem com as necessidades básicas da visão e por outro lado cria um efeito, uma atmosfera, uma condição. (ÁLVAREZ, 2010)

Neste mesmo período a luz acentua a estrutura dos edifícios e lhes dá certa expressão noturna (de movimento e ritmo). Começa a se pensar no dia e na noite desde o processo do desenho, com a ideia de que a imagem do edifício a noite é também importante como a imagem durante o dia. O interior começa a refletir-se ao exterior por meio da luz, os vidros deixam filtrar a luz natural durante o dia e se convertem em lanternas que iluminam o entorno no período noturno. (ÁLVAREZ, 2010)

Com estas condições, a luz artificial é mais que um meio funcional, a arquitetura se transforma ao chegar da noite. A aparência das formas e dos materiais transforma com a luz natural e artificial, as superfícies mostram-se diferentes e contrastantes entre o dia e a noite (sólidas durante o dia e transparentes a noite). Nos projetos onde a luz é base do desenho, a fachada deixa de ser um fechamento, um limite entre o exterior e o interior, para converter-se em uma superfície singular. (ÁLVAREZ, 2010)

O tema proposto será discutido considerando-se as diversas interfaces da luz com o projeto arquitetônico, elaborados a partir da concepção estrutural em aço, tanto na concepção dos espaços, quanto com relação aos efeitos vivenciados posteriormente pelos usuários dos edifícios, uma vez que os efeitos da luz sobre a psique humana remetem a sensações e significados relacionados com o universo cultural e simbólico das coletividades e dos indivíduos. Este tema será delimitado, portanto, pelos aspectos físicos, tecnológicos, funcionais e estéticos que atribuem qualidade ao espaço arquitetônico, modificam sua forma e que podem promover o bem estar do usuário.

Conforme bem disse Maciel (2006) no texto *Arquitetura, projeto e conceito* a definição das fundações, da estrutura, das proteções contra as intempéries, das instalações complementares, dos processos construtivos e dos detalhes, bem como a eleição dos materiais, são escolhas do

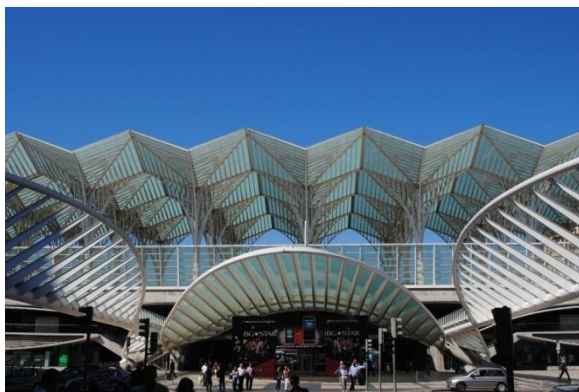
arquiteto que visam viabilizar a realização do espaço imaginado que resultam na forma arquitetônica. O conhecimento da construção é a única possibilidade de se viabilizar concretamente a ideia do objeto arquitetônico. Sua desconsideração é a garantia da falência da arquitetura e do arquiteto. Desconhecer os procedimentos para a construção do objeto é operar apenas sobre a imagem pretendida para o edifício e seu espaço interior, é o simulacro da decoração e do ornamento supérfluo.

A realização de um projeto de arquitetura, como qualquer outro trabalho, tem, portanto premissas que lhe são próprias: há um programa a ser atendido, há um lugar em que se implantará o edifício, e há um modo de construir a ser determinado. Este conjunto de premissas é elaborado graficamente em um desenho que opera como mediador entre a ideia do projeto e a sua realização concreta.

A ideia de um parâmetro que participe como elemento indutor do processo de projeto é um modo recorrente compreendido como algo externo a essas premissas que poderia dar relevância ao projeto e milagrosamente articularia todos os condicionantes em uma forma significativa. (MACIEL, 2006)

A opção de uma estratégia deste tipo pode reduzir a importância de dados existentes do problema e valorizar elementos que em princípio sequer existem como premissas necessárias à realização da arquitetura.

A Estação Oriente de trens em Lisboa (FIG. 7.1 e 7.2), projeto do arquiteto espanhol Santiago Calatrava é uma obra de referência nesta cidade. O mega projeto tem proporções monumentais, percebe-se que sem dúvida a iluminação natural gratuita foi a principal estratégia para a realização do projeto. (ÁLVAREZ, 2010)



(a)



(b)

FIGURA 7.1– Vista externa e plataforma da Estação Oriente - Lisboa - Portugal
Fonte : CASTANHEIRA, 2011.



(a)



(b)

FIGURA 7.2 – Vista interna da Estação Oriente em Lisboa - Portugal
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

As plataformas de embarque são estruturadas em aço e cobertas por vidro. A luminosidade e o calor são excessivos dando ao local o desconforto para quem esteja esperando o trem. A parte inferior da estação projetada em concreto armado por sua vez não é banhada com a exuberância de luz das plataformas e necessita constante utilização de luz artificial. Este contraste gera certo ofuscamento já que a transposição das plataformas de embarque e desembarque para o interior da estação ocorre rapidamente, não permitindo a acomodação visual.

O projeto arrojado e bonito em toda sua extensão, com plataformas, marquises, lojas, apoios, etc num casamento da estrutura metálica com o concreto e o vidro, são bem harmônicos, percebendo-se a completa compatibilidade destes materiais empregados (FIG. 7.3).



(a)



(b)

FIGURA 7.3 – Vista das saídas da Estação Oriente em Lisboa Portugal
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

Para além das questões relativas às proporções da forma, o domínio efetivo das dimensões permite a atuação ativa do arquiteto sobre a construção a fim de definir espaços qualitativamente distintos. A definição da ambiência de um espaço de permanência ou de um percurso e a demarcação de seu caráter público ou privado são diretamente determinados pelas suas dimensões e tipo de luminosidade. Portanto o dimensionamento do espaço e da iluminação é fundamental em primeira instância, para um domínio das demandas de espaço a que correspondem às diversas atividades e, em segunda instância, para a definição de hierarquias e demarcação de diferenciações claras entre os espaços de naturezas distintas.

Outro projeto de Santiago Calatrava, realizado com Felix Candela, onde a proporção da edificação é monumental, é o conjunto da Cidade das Artes e Ciência; foi construído na cidade de Valência, Espanha, com edifícios finalizados a partir de 2000 (FIG. 7.4).

Localizado no antigo leito do Rio Turia, a construção do conjunto se inicia em 1990, quando a *Generalitat Valenciana* (Prefeitura de Valência) promove toda uma série de intervenções urbanísticas para a incorporação de Valência ao Terceiro Milênio e como meio de recuperação da área urbana. O projeto inicialmente era composto por uma Torre de Telecomunicações, um planetário (o Hemisfério) e o Museu das Ciências Príncipe Felipe. Posteriormente o projeto foi alterado, substituindo a construção da Torre pelo Palácio das Artes (FIG7. 4).



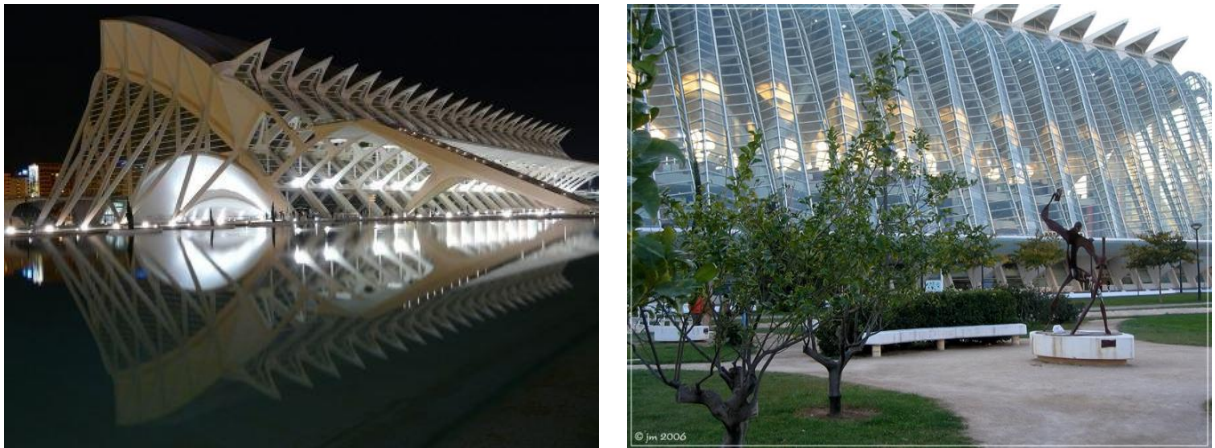
FIGURA 7. 4– Vista Geral da Cidade das Ciências e das Artes
Fonte: Adaptado CIDADE DAS ARTES E CIENCIA, 2011.

O conjunto de edifícios apresenta o Hemisférico/Planetário (nº1, FIG 7.4), como um intrincado esqueleto de 241x104 m com uma estrutura hemisférica com duas grandes aberturas triangulares de cada lado do eixo de uma grande passagem. Esta passagem principal de vidro curvo faz uma referência muito clara ao sistema de envidraçamento do Palacio de Cristal de 1851 do engenheiro Joseph Paxton. Esta estrutura hemisférica a modo de um olho aberto que tudo vê, está concebido como uma sala de projeções audiovisuais que permite oferecer aos seus 300 espectadores por sessão as mais inovadoras sensações audiovisuais, obtidas pelo melhor suporte tecnológico do mundo. Esta pálpebra de vidro articulada abre em ambos os lados, a forma esférica reflectida no espelho d'água torna-se uma esfera completa (FIG.7.5). A sua seção transversal apresenta-se de vidros no lado norte e revestimento de alumínio no sul, onde a incidência solar é maior. A noite a iluminação artificial com justa colocação das fontes de luz, proporciona um jogo de luzes, reflexos e sombras realçando a forma do edifício. (ÁLVAREZ, 2010)



FIGURA 7. 5 a, b Vista do Hemisfério
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

Já o Museu da Ciência Príncipe Felipe (nº2, FIG. 7.4) foi concebido como um museu aberto e dinâmico, tendo por lema principal *é proibido não tocar*. Ao longo dos seus 4.000m.² o visitante passa pelas diferentes áreas que cobrem uma ampla gama de temas científicos, desde biologia e física até as mais avançadas tecnologias aplicadas à comunicação, construção, esportes, etc. Terminado em 2003 sua geometria é uma sugestiva abertura da pálpebra em larga escala (FIG.7.6). Ao sul a edificação forma um extraordinário conjunto repetitivo esquelético. A grande e envidraçada parede norte, que não recebe insolação pesada, tem a qualidade do corredor lateral da catedral gótica imaginária com os pilares enormes principais ramificando-se para o rendilhado de concreto do telhado e apoiando vários andares de espaços para exposições. (LYALL, 2002)



(a) (b)
 FIGURA 7. 6 – Vista do Museu da Ciência Príncipe Felipe
 Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

L'Umbracle é a porta de entrada para a Cidade das Artes e das Ciências (nº3, FIG.7.4), constituída por uma área verde de 7.000m.², com 300m de comprimento e 60m de largura. Formado por uma sucessão de 55 arcos fixos e 54 arcos flutuantes com 18 m de altura, que servem de apoio às trepadeiras que proporcionarão sombra ao longo do passeio ajardinado, dando ao espaço uma aparência atualizada do *Winter Garden*. Construído em concreto branco, combinado com o forte componente de marquises e arcos metálicos, abriga inúmeras espécies tropicais, sendo o passeio recoberto por madeira Teka, que suporta sem desgastes a ação das intempéries (FIG.7.7).

O Palácio das Artes, (nº4, FIG.7.4) é o centro artístico e cultural da cidade, das artes e ciências, onde há lugar para todos os estilos desde os clássicos até as últimas tendências em ópera, teatro, música e dança, contando com três auditórios: Sala principal com capacidade para 1.800 pessoas, Sala de câmara para 400 pessoas, Auditório ao ar livre, situado a grande altura, para 2.500 pessoas (FIG7.8).

A inserção deste grande empreendimento na cidade respondeu a diversos parâmetros como a geografia, a topografia e a geometria do terreno, sua conformação geológica, a paisagem física, a estrutura urbana, o sol, os ventos e as chuvas e ainda a legislação de uso e ocupação do solo são dados pré-existentes que podem ser extraídos de uma análise cuidadosa do lugar.



FIGURA 7. 7 – Vistas do L'Umbracle
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.



FIGURA 7. 8 – Palácio das Artes
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.

Como o próprio Calatrava fala “os romanos falavam do *genius loci*, o espírito do local. Você deve abrir sua mente, sua alma, seus olhos e ouvidos para sentir o lugar e aprender com as pessoas dele, saber o que elas percebem.” (DESARTES, 2012)

Cada um desses aspectos se coloca de antemão ao conhecimento do arquiteto demandando não somente um esforço rigoroso de observação, mas também uma busca para compreender as implicações de cada um destes aspectos nas relações de uso e no processo de elaboração do projeto e da construção, tanto sob o ponto de vista técnico como conceitual. (MACIEL, 2006)

De acordo com um dos mais antigos arquitetos do mundo, Vitruvius, as três virtudes da Arquitetura são *firmitas, utilitas, venustas*: a arquitetura deve buscar firmeza, funcionalidade e beleza.

Sob o ponto de vista pragmático e técnico, a compreensão do lugar em todos os aspectos citados traz o conhecimento necessário para se evitarem equívocos banais que podem comprometer a habitabilidade dos espaços, gerando incompatibilidades em relação ao clima e à natureza, que interferem na vida cotidiana e exigem remendos posteriores nem sempre pertinentes (MACIEL, 2006). As questões relativas à insolação, ao aproveitamento da luz natural, e a imagem noturna do local sem dúvida foram pensamentos recorrentes na elaboração do projeto pelos arquitetos.

Os usos e atividades que geralmente dão origem à demanda por um edifício são, em geral, colocados no início do processo de projeto. Também são colocadas as restrições relativas à economia, um aspecto geralmente desconsiderado ou subestimado pelos arquitetos. As questões de economia e energia, sustentabilidade que em tempos passados eram relegadas a segundos e terceiros planos, hoje se apresentam como responsáveis pela própria concepção original das edificações. Nos projetos de Calatrava, percebe-se que estas questões são

consideradas, mas não como protagonistas. Os espaços principalmente durante o dia, período que são mais utilizados, apresentam em determinadas épocas do ano e, em condições específicas de iluminação e insolação, excesso de luminosidade e calor. Já no período noturno a iluminação é quase sempre uma iluminação espetacular, no nível urbano. Estes espaços quase não são utilizados à noite, são, sim, referências e marcos urbanos.

Desconsiderar as definições relativas às limitações econômicas ou entendê-las como uma restrição à criação é recorrer à exclusão do problema para buscar uma solução mais simples e fácil. A consideração das questões de economia, nos tempos atuais, antes de tudo é uma premissa que pressupõe a viabilidade da construção. A sua desconsideração representa um descompromisso do arquiteto com a realização concreta de sua obra.

A construção de um edifício requer um empenho enorme e um grande investimento. Arquitetura por princípio econômico deve ser durável. Os materiais devem assegurar vida longa aos edifícios. Antes um edifício era construído para durar para sempre ou, pelo menos, certamente não se esperava que desaparecesse. A manutenção como troca de aparelhos e equipamentos, das fontes de luz, limpeza, desgaste natural e por vandalismo, são questões que devem ser pensadas e contempladas na definição das opções das soluções adotadas.

Ao se estabelecer um programa, surge a necessidade da determinação de dimensões dos espaços a fim de acomodar as diversas atividades propostas para o edifício. Esse dimensionamento se constitui em parte fundamental da interpretação do programa. Como aponta Corbusier (1998), a noção da dimensão deve ser algo que ultrapassa a abstração da reprodução de padrões métricos universalmente aceitos, considerando as dimensões e a escala do homem como referência para a determinação dos espaços. Em certos casos a proporção é da cidade e não da relação do homem. Pode se comparar estações de trem como a de São Bento na cidade do Porto com a Estação do Oriente em Lisboa, a estação de Valencia ou mesmo a Estação da Luz em São Paulo, a da cidade de São João Del Rei em Minas Gerais e estação Waterloo em Londres (aqui resguardadas as proporções das cidades e do fluxo de pessoas), a proporção parece descomunal para alguns exemplos (FIG 7.9 a 7.11).



FIGURA 7. 9 - Estação de trens- Cidade do Porto, Lisboa, Valência
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.



(a)



(b)

FIGURA 7. 10 – Estações de trens- (a) São João Del Rei (b) São Paulo
Fonte: CASTANHEIRA, 2011.



FIGURA 7. 11 – Estações de trens- Londres
Fonte: WATERLOO, 2013.

Assim como nos aspectos relativos ao lugar e ao programa, é possível identificar diretrizes latentes de ordenação do espaço e da forma em cada aspecto relacionado à construção. Pensar cada um desses aspectos para além de suas determinações técnico-funcionais, da viabilização do abrigo e do seu uso satisfatório, implica em pensar o elemento da construção como gerador de espaço. Respeitar as especificidades de cada solução técnica, compreender o comportamento dos elementos em relação às forças da natureza, implica em explorar conceitualmente as possibilidades da construção. Quanto mais provocativo seja o estímulo para a percepção do espectador, mais livre será o poder criativo e mais incitará o espectador a participar no desenvolvimento do seu entorno. Os efeitos de luz e cor distinguem de modo particular a arquitetura, convertendo cada edifício em único como pode se observar na FIG 7.12. (ÁLVAREZ, 2010)

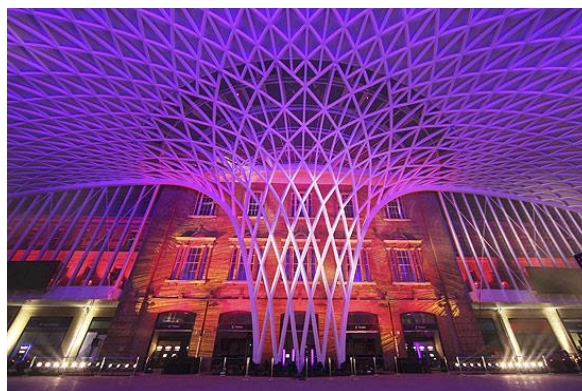


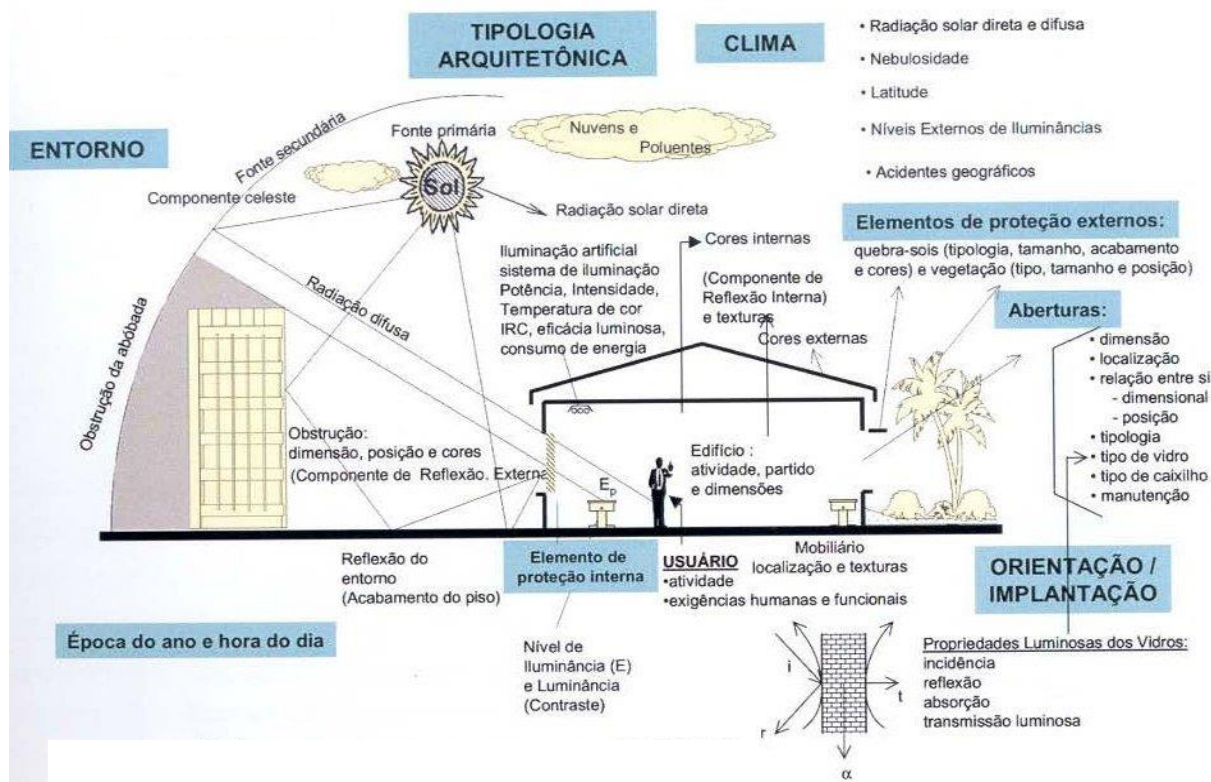
FIGURA 7. 12 - Estação de trens King's Cross
Fonte: LONDRES, 2013.

A representação gráfica é o modo de se estabelecer mediações entre a ideia e a sua realização concreta, a construção. Portanto, o desenho é o ponto crítico no processo, pois não é apenas a representação final de uma ideia pensada de antemão, mas é a própria construção da ideia, e das soluções técnicas construtivas, convertendo-o em tema central da concepção dos edifícios.

Enquanto desenha, o arquiteto testa hipóteses pelo sítio, pelo programa e pela construção. Como confirma Brandão (1991), a expressão gráfica não é apenas representação de uma ideia, mas um momento de compreensão e construção desta ideia. Dizer que essa relação é dialógica significa dizer que ela se desenvolve a partir do jogo de perguntas e repostas que são colocadas entre os dois momentos. Esse jogo se desenvolverá também para estabelecer a relação entre o projeto e a obra e, depois, entre a obra e o habitante.

Como mediador que visa a concepção e a realização do edifício, o desenho deve explicitar com clareza os procedimentos para a construção do objeto. Se tratado de modo abstrato e desvinculado da lógica e das implicações da construção, o desenho perde sua relação direta com o objetivo arquitetônico, e deixa de ser o meio para sua realização. Arrisca-se assim a não realização do edifício como previsto, por mera impossibilidade ou divergência entre a técnica possível e o espaço e volume imaginados.

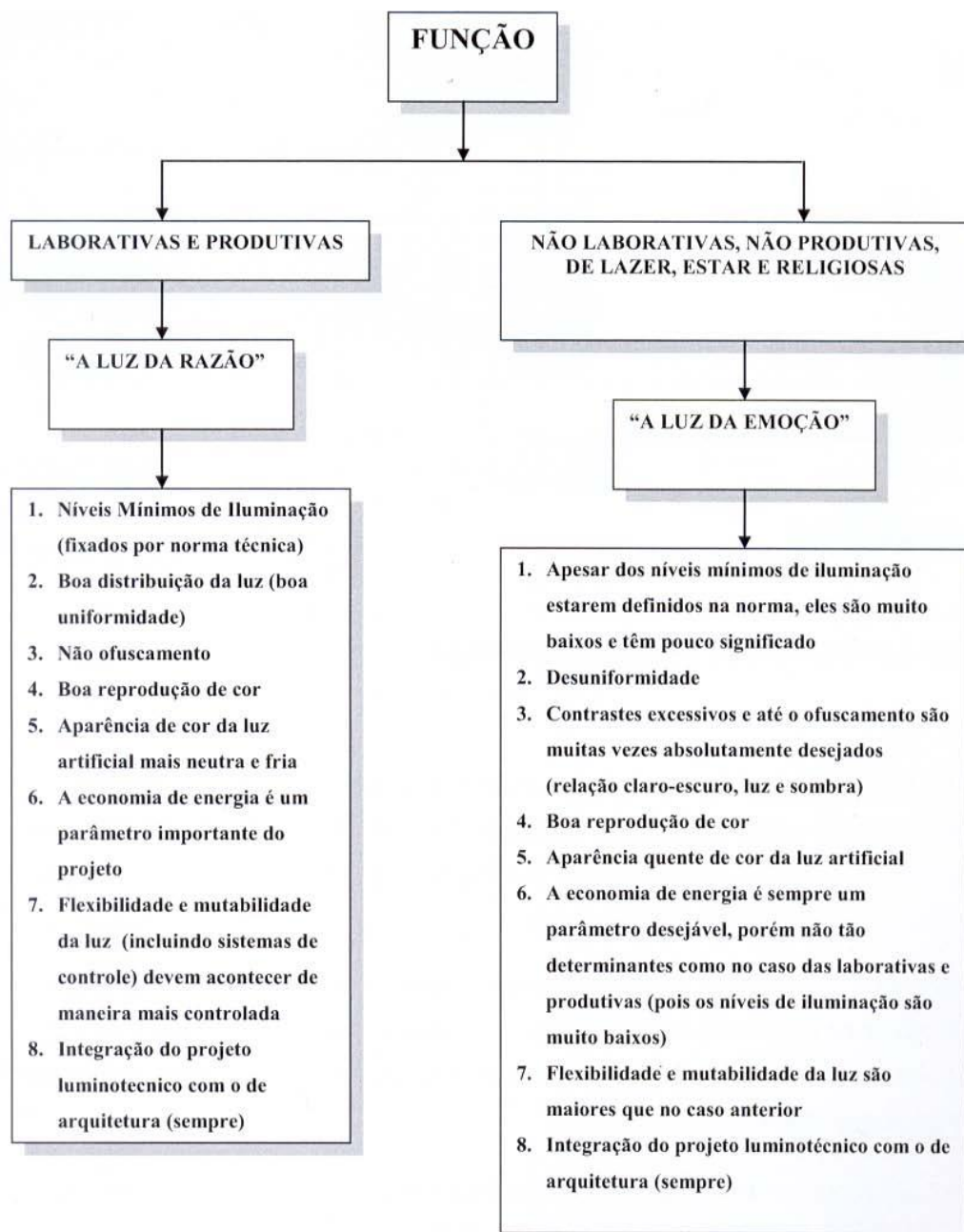
Dessa maneira, observa-se que diversas variáveis de contexto e de projeto relativas à iluminação devem ser consideradas para se atingir o conforto luminoso. Estas variáveis são as do meio ambiente aliada às técnicas projetuais e até aquelas ligadas ao próprio usuário, O projeto é síntese e como tal deve ser concebido, como bem ilustrado nos fluxogramas mostrados nas (FIG.7.13 e 7.14). (PROCEL, 1992)



(a)

FIGURA 7.13 – Principais Variáveis do Conforto Luminoso
Fonte: PROCEL 1992

Na figura 7.14 mostra-se que confrontando a luz da razão versus a luz da emoção pode-se chegar o mais próximo do conforto luminoso; quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão.



(b)

FIGURA 7. 14 – O projeto é síntese e como tal deve ser concebido.
Fonte: PROCEL 1992

Esta forma de pensar o aspecto específico da iluminação, de acordo com os fluxogramas mostrados nas figuras 7.13 e 7.14, mostra o profundo relacionamento e dependência com todos os demais componentes do conforto ambiental, da arquitetura e do clima.

O homem no seu dia a dia exerce diversas atividades e para cada uma delas necessita de um desempenho da iluminação de acordo com a tarefa a ser realizada. Esta luz vem do sol fonte primária geradora da vida.

A forma como esta luz atinge, dentro dos ambientes, dependerá de muitos fatores. Após o seu longo caminho, a luz encontra uma camada espessa de ar – a atmosfera- que vai permitir que ela passe quase que totalmente (luz direta) ou vai difundi-la (luz difusa). Desta forma quando a luz chega ao edifício ela apresenta intensidade, direção, cor, duração e mutabilidade (a cada passagem do tempo ela modifica) alteradas.

Esta luz, antes de atingir abertura da edificação passa pelo entorno do edifício e sofre reflexões, obstruções construídas ou naturais com cores que modificarão sua tonalidade. Outros anteparos ou difusores podem aparecer antes da sua entrada no ambiente tais como: *brise-soleil*, cortinas, persianas, vergas, tamanho da abertura, etc.

Agora, olhando para o espaço interno iluminado, a luz apresenta a dimensão, cores, texturas revestimentos, estimulando sensações subjetivas conferindo significados. A relação da luz com o ambiente dar-se-á por meio de parâmetros qualitativos ditados pelas exigências humanas e funcionais, como também pelos quantitativos, expressos pelos níveis de iluminância e por suas formas de distribuição no espaço, sua intensidade, as relações de contraste e sua cor. Esses parâmetros são quase sempre passíveis de uma quantificação. (PROCEL, 2011)

No contexto da eficiência energética da iluminação em edifícios, o projeto de iluminação deverá considerar a necessidade de utilização racional da energia e, conseqüentemente, a satisfação das necessidades da iluminação, ou seja, a minimização dos gastos energéticos, sem prejuízo da satisfação das necessidades de conforto visual dos ocupantes.

A utilização eficiente da energia constitui um importante aspecto de qualquer sistema de iluminação em qualquer tipo de edifício. Os principais objetivos de uma utilização racional da energia para iluminação consistem na minimização dos consumos em energia primária e na conseqüente redução das emissões de dióxido de carbono e na redução dos custos de exploração de cada instalação de iluminação.

Ao planejar as mais adequadas medidas de eficiência energética na iluminação nos edifícios é necessário considerar a iluminação natural e a iluminação artificial tanto individualmente como em conjunto, bem como articular as suas interações com outros domínios (térmica, acústica, estética, etc).

Os principais aspectos que influenciam o aproveitamento energeticamente eficiente da iluminação natural nos edifícios são as características: conforme relacionadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Descrição das características relevantes no aproveitamento da luz natural

Aspectos	Descrição
Características climáticas	Um dos principais aspectos condicionantes do conforto e eficiência energética nos edifícios é, naturalmente, o clima predominante. A iluminação natural disponível num determinado local é função da latitude desse local, das condições meteorológicas prevalentes (em particular da nebulosidade do céu) e do período do dia e do ano. Os diversos climas apresentam normalmente duas estações mais complicadas de resolver em termos térmicos e duas estações intermediárias que apresentam condições climáticas relativamente amenas na maioria das vezes. No Brasil as estações são caracterizadas por uma elevada disponibilidade de luz natural. Estas características fazem com que o país possua boas condições potenciais para o aproveitamento da luz natural para iluminação dos espaços interiores, porém também podem originar situações potenciais de desconforto térmico o que implicam a necessidade de adoção de estratégias de proteção solar eficazes
Tipo de edifícios	Os edifícios com maior consumo em energia elétrica para iluminação são os que, simultaneamente, possuem períodos de funcionamento coincidentes com os períodos de maior disponibilidade de luz natural. Praticamente em todos os edifícios do tipo não residenciais são possíveis economias significativas em energia elétrica para iluminação a custa de uma utilização correta da iluminação natural.
Estratégias de iluminação natural	Dentre os vários domínios do conforto ambiental e da eficiência energética nos edifícios a iluminação natural é o campo com maiores relações e interdependências com o projeto de arquitetura. A forma, dimensões, e outras características arquitetônicas dos edifícios (e em particular aquelas diretamente relacionadas com os vãos envidraçados) constituem os primeiros fatores que condicionam o aproveitamento da luz natural. Existe assim interesse em articular adequadamente estes dois aspectos desde as fases mais iniciais do projeto, tendo como pressuposto fundamental a funcionalidade e a garantia de boas condições de iluminação natural no interior dos compartimentos. A necessidade de proporcionar os mais adequados níveis de iluminação constitui uma condição necessária, mas não suficiente, pois existe ainda a necessidade de garantir condições de segurança e bem-estar para os ocupantes, usufruto de um ambiente visual interior agradável e contacto visual com o exterior, ausência de ofuscamento, eficiência energética, entre outros aspectos.
Tipo de sistemas de sombreamento e das suas estratégias de controle	É muito significativa a influência que os dispositivos de sombreamento podem ter nas condições de iluminação, de conforto visual e térmico e no consumo de energia (para iluminação artificial e para climatização, por exemplo) nos edifícios. Os dispositivos de sombreamento podem desempenhar várias funções: 1-as proteção contra os ganhos solares; 2-os controle e modelação da iluminação natural; 3-as possibilidade de evitar ofuscamento, de ocultação, de escurecimento; 4-as garantia de privacidade; 5-as possibilidade de contato com o exterior, entre outras.

A possibilidade de dispositivos de sombreamento desempenhar simultaneamente diversas funções pode colocar vários problemas de compatibilização e articulação potencialmente conflituosos, em particular no que diz respeito ao controle dos ganhos solares e o controle e modelação da luz natural.

É possível identificar alguns aspectos importantes relacionados com a utilização dos dispositivos de sombreamento em edifícios do tipo não residencial e a sua influência nas condições de iluminação e nos consumos energéticos. De fato, edifícios com condições potenciais de iluminação natural, podem revelar inúmeros problemas em situações de funcionamento real que se manifestam na insatisfação dos ocupantes (ao nível do conforto visual e térmico) e de consumo excessivo de energia elétrica para iluminação. Algumas das principais razões para tais problemas são:

- uso inadequado do tipo de dispositivo de sombreamento utilizado para a modelação e controle da luz natural e controle do deslumbramento (ofuscamento);
- falta de estratégias de automação de controle dos dispositivos de sombreamento. Na maioria das edificações, predominam as estratégias de proteção solar com prejuízo óbvio para o aproveitamento da luz natural. Acresce ainda, em muitas situações, a ausência de possibilidade de atualização destes controles/dispositivos por parte dos ocupantes;
- falta de versatilidade, flexibilidade e dificuldade de manipulação (mecânica e de localização, por exemplo), dos controles manuais dos dispositivos de sombreamento que desestimulam a sua utilização;
- falta de planeamento funcional dos espaços interiores (localização dos postos de trabalho fixos, localização dos controles dos sistemas de iluminação e controlo térmico, etc);
- falta de articulação entre as estratégias arquitetônicas, de aproveitamento da luz natural e de controle dos ganhos solares.

7.1 Condicionantes relevantes na concepção do projeto de iluminação natural e artificial

O arquiteto Jean Nouvel conceitua seu projeto do Instituto do Mundo Árabe como uma arquitetura totalmente leve, feita de uma trama entre vidro e aço. Uma construção que almeja atenuar os limites tangíveis do edifício e tornar supérflua a leitura de um volume sólido, numa poética do desvanecimento. Quando a virtualidade desafia a realidade, a arquitetura deve ter a

coragem de assumir as imagens da contradição. Formam quadrados e polígonos de diferentes tamanhos, os muxarabis criam um jogo geométrico, cujas figuras remetem a Alhambra. (NOVEL, 2011)

O projeto de iluminação deve contemplar questões quantitativas, como a adequação das iluminâncias em relação às tarefas a serem desenvolvidas no ambiente, e qualitativas, como uma adequada reprodução de cores e uma correta definição do caráter do ambiente, isso é, se esse é dinâmico ou estático, receptivo ou distante, íntimo ou público, salientado e valorizando as qualidades do espaço. É nesse ponto que a temperatura de cor da fonte de luz adquire uma grande importância.

Desta forma, fica clara a necessidade de incluir vários itens na elaboração do projeto de iluminação. Para os edifícios estruturados em aço estas questões tornam mais importantes uma vez que as formas esbeltas proporcionadas pelo sistema estrutural propiciam o uso demasiado das superfícies translúcidas.

Estima-se que o emprego de padrões arquitetônicos adequados, a especificação de produtos e materiais energeticamente eficientes e a adequação de critérios de projetos racionais podem possibilitar reduções de até 60% no consumo energético das edificações. Competem aos arquitetos, engenheiros e projetistas explorar e realizar este promissor potencial. (PROCEL, 2011)

É importante ressaltar que um projeto inteligente de iluminação é também um projeto econômico, tanto sob o ponto de vista do investimento inicial como do custo operacional, não somente para o usuário, mas para toda a sociedade. Conservar energia não significa redução de conforto e privação dos benefícios que ela proporciona, mas sim implica em transformação do desperdício numa maneira mais racional e evoluída na utilização dos recursos energéticos. Na maioria dos casos a eliminação dos desperdícios requer investimentos mínimos ou nulos e os resultados são obtidos por meio da conscientização dos consumidores e usuários. Vale lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para o edifício e que a boa iluminação além de reduzir o consumo de energia, traz aumento significativo de produtividade.

Desse modo para se estabelecer condicionantes para um projeto que integre a iluminação natural e artificial as seguintes etapas devem ser cumpridas:

- estudos dos aspectos cognitivos e simbólicos da luz ligados ao caráter dos espaços e aos atributos culturais e simbólicos a eles associados;

- levantamento de situações técnicas relativas ao uso da luz natural e artificial e relação com o processo construtivo de edifícios em estrutura metálica;
- estudos das novas tecnologias de iluminação, conforto, manutenção e controle de comandos;
- elaboração de parâmetros com objetivo de poupar o sistema ótico reduzindo seus impactos e gerando satisfação nos usuários; “para desenvolvermos determinadas atividades visuais, nosso olho necessita de condições específicas”. Quanto melhores forem as condições propiciadas pelo ambiente, menor será o esforço que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem a atividade em questão. (PROCEL, 2011)
- definir diretrizes de economia de energia nos edifícios com o aproveitamento da luz natural, (desde que se evitem cargas termo-luminoso indesejáveis);
- levar em consideração e observar no uso da iluminação natural nas edificações onde diversos tipos de atividades se realizam simultaneamente no mesmo espaço. (um problema pode ocorrer já que atividades distintas solicitam níveis diferentes de iluminamento);
- definir diretrizes para valorização estética da obra arquitetônica, enfatizando o edifício e suas características construtivas tanto dos espaços internos, quanto do seu volume e sua inserção na paisagem externa urbana;
- buscar avaliar como a arquitetura e a engenharia respondem e tem respondido aos avanços tecnológicos no que se refere à exploração da luz, incluindo a necessidade crescente por economia de energia;
- é de fundamental importância o estudo onde são apresentadas diversas soluções de como tirar partido estético e funcional da iluminação;
- a escolha de fontes de luz artificial que ofereçam ampla gama de lâmpadas com temperatura de cor diferenciada para utilização nos projetos;
- a compatibilização com o sistema estrutural, com os projetos de lógica, ventilação, som, hidráulico entre outros;
- a escolha das luminárias, a manutenção do sistema, o custo de implantação e manutenção, controle dos ofuscamentos;
- garantir que o sistema de iluminação conte com luminárias, reatores e lâmpadas de alta eficiência; levando em contas as características das lâmpadas, dos aparelhos e tipos de

iluminações artificiais adotadas e, conseqüentemente reduzindo a emissão de calor dos aparelhos e lâmpadas;

- distribuir os circuitos elétricos adequadamente;
- exploração de recursos arquitetônicos como brise, marquises, beirais como filtros da incidência da luz;
- observação dos componentes decorativos da iluminação que incluem lustre, arandelas, luminárias de mesa, abajures e externas;
- observação dos componentes auxiliares da iluminação que incluem projetores, trilhos eletrificados, *wall washers*.

Estes diversos aspectos levam a um design de qualquer projeto que atendam às necessidades do usuário e sob o ponto de vista ético energético em uma abordagem bastante atual.

7.1.1 Exemplo de aplicação

Como exemplo, parte destes itens foi adotada no projeto de iluminação para o edifício do Centro de Especialidades Médicas da UNIMED–BH, projeto da D´Avila Arquitetura (FIG.7.15).



FIGURA 7. 15 - Centro de Especialidades UNIMED
Fonte: D'AVILA ARQUITETURA 2012

Este projeto concebido em estrutura metálica, com três subsolos e oito pavimentos, apresenta características bastante peculiares: como será um centro de especialidades medicas diversos tipos de pacientes frequentarão o local para variadas consultas e tratamentos mais prolongados, não ocorrendo o atendimento de socorro. Diversas diretrizes foram repassadas

para elaboração do projeto de iluminação, posteriores à concepção do projeto arquitetônico e não simultaneamente que teria sido o ideal.

Nas diretrizes elaboradas pela (UNIMED, 2012) o projeto de iluminação deveria contemplar:

- a) a norma NBR 5461 (ABNT, 1991) Iluminação e NBR 5413 Iluminância de interiores;
- b) PROCEL / ELETROBRAS - DTD – Departamento de desenvolvimento de Eficiência Energética
- c) Requisitos técnicos da qualidade para o nível de Eficiência energética em Edifícios (RTQ-C)
- d) Guias Procel Edifica.
- d) Os critérios a serem utilizados na elaboração do projeto não se restringirão somente a este documento, cabendo ao projetista apresentar soluções que dentro de sua expertise sejam necessárias para melhor qualidade do projeto (empreendimento).
- e) Deve indicar para o projetista de luminotécnica os locais onde haja a necessidade de algum tipo de projeto luminotécnico mais nobre, com a intenção de efeitos cênicos ou mais elaborados. Além disso, deve conceituar junto com o projetista o projeto luminotécnico de cada ambiente e apresentar a Unimed-BH para validação.

Além de observar essas diretrizes deveria:

- a) Deve alinhar os conceitos do projeto básico de paisagismo junto ao projetista de luminotécnica.
- b) Deve-se considerar o projeto de arquitetura e de interiores (assim como o conceito de cada um) mais atual de cada fase como base para projeto luminotécnico.
- c) Recomenda-se fazer o contato com o Marketing da Unimed-Bh e o projetista responsável pelo projeto de comunicação visual a fim de estabelecer qual a estratégia de imagem para o empreendimento e a cor padrão a ser utilizada para este.
- d) Deve-se considerar que os layouts dos ambientes desta edificação possuem a necessidade de flexibilidade assim, o projeto luminotécnico também deve refletir esta condição.
- e) O projeto de luminotécnica deve levar em consideração as várias atividades a serem realizadas nos ambientes e o público alvo.

- f) Deve-se considerar o aproveitamento da iluminação natural dos ambientes para a elaboração do projeto de luminotécnica.
- g) O projetista deve propor os tipos de luminárias e lâmpadas para o projeto de Luminotécnica levando em consideração a visita realizada dia 13/02/2012 no hospital da Unimed-BH (HU) e deve apresentar para a Unimed-BH para validação.
- h) Para a escolha dos equipamentos e materiais a serem especificados em projeto para a edificação deve-se ter como objetivo garantir a economia de energia, eficiência energética, fácil manutenção, baixo custo e segurança, sem prejudicar a acuidade e o conforto visual das pessoas que frequentaram o empreendimento.
- i) Não considerar forro para os subsolos até o momento, pois são pavimentos técnicos e deve-se buscar especificar luminárias com melhor eficiência energética.

E ainda:

- a) Prever interruptores dividindo circuitos de iluminação das garagens.
- b) Prever iluminação adequada para os reservatórios de água.
- c) Para as áreas onde haverá o projeto acústico elaborado pela empresa Lazuli é importante que o projetista responsável pelo projeto de Luminotecnica interaja com o projetista de acústica e arquitetura a fim de alinharem os conceitos a serem estabelecidos para estes ambientes.
- d) O controle da Iluminação pode ser feito por meio da automação do sistema. Mas o projetista deve realizar um estudo prévio e apresentar a Unimed-BH para validação.
- e) A tensão da iluminação interna e externa será de 220 V, F+N.
- h) Deve-se elaborar um sistema de controle de Iluminação que facilite o seu uso e proporcione ao usuário selecioná-lo conforme sua necessidade. Este sistema deve ser proposto pelo projetista e apresentado para a aprovação da Unimed-BH.
- i) A iluminação externa terá fotocélula e refletor de sensor de presença. Porém, o projetista deve considerar que o temporizador em algumas áreas específicas não tem necessidade de ficar aceso em algum período do dia (ex.: alguma placa que não tem a necessidade de ficar acesa após 0:00hs).
- j) projetista responsável pelo projeto de luminotécnico deve levar em consideração as orientações do Procel/Eletróbrás.

Para o início do projeto básico luminotécnico, foi feito estudo de manchas de luz nos diversos pavimentos do edifício, considerando os aspectos listados segundo a legenda mostrada na (FIG. 7.16).

Estas manchas (FIG. 7.17 a FIG 7.20) consideraram os aspectos físicos que a luz poderia propiciar tanto sob o ponto de vista da qualidade da luz e sua suficiência para as diversas atividades dos inúmeros espaços. Outros aspectos quanto à valorização da arquitetura, a comunicação feita da luz transmitida aos usuários e a ambiência dos espaços, ocorreriam em decorrência destas primeiras diretrizes aprovadas.

A ideia perseguida é de que a iluminação poderia contribuir na criação de um caráter dos espaços, influenciando a sensação de bem estar nos usuários, podendo até mesmo ser responsável por alterações de humor e produtividade. Realizar um bom projeto de iluminação que fosse benéfico para a recuperação de pacientes e ao mesmo tempo funcional para as atividades dos profissionais de saúde. É necessário evitar que a luz cause desconforto às pessoas, como o ofuscamento, principalmente para os pacientes que estão quase sempre na posição deitada. Para a circulação das equipes de médicos e enfermagem que passam a noite em movimento, a luz adequada é mais tênue.








LEGENDA	
	Iluminação Normalizada ou do Fornecedor Índice de iluminamento 60 a 150 LUX Temperatura de cor – maior ou igual a 4000°K
	Iluminação De Sanitarios e ambientes com acepcia constante Índice de iluminamento 100a 200 LUX Temperatura de cor – maior ou igual a 4000°K – Aparencia mais fria
	Circulações – e ambientes de pouca permanencia Índice de iluminamento 100 a 150 LUX Temperatura de cor – de 3200 a 4000°K
	Áreas de permanencia mais prolongada – marcação de ambientes Índice de iluminamento maior ou igual a 150 LUX Temperatura de cor mais morna – 3600°K
	Áreas de trabalho ou permanência prolongada Índice de iluminamento de 400 a 600 LUX Temperatura de cor mais morna – 3200°K
	Áreas de estacionamento – marcação visual. Índice de iluminamento de 50 a 100 LUX Temperatura de cor – acima de 4000°K
	Áreas de garagem e estacionamento Índice de iluminamento de 50 a 80 LUX Temperatura de cor – acima de 4000°K

FIGURA 7. 16 - Legenda- índice de iluminamento
Fonte: CASTANHEIRA 2012

Nos subsolos a iluminação tenta direcionar a circulação dos veículos e o acesso à circulação vertical pelos usuários, concentradas no centro do pavimento. Algumas áreas de apoio recebem luz suficiente para as atividades a serem desenvolvidas no local. As vagas recebem o menor índice de iluminação.

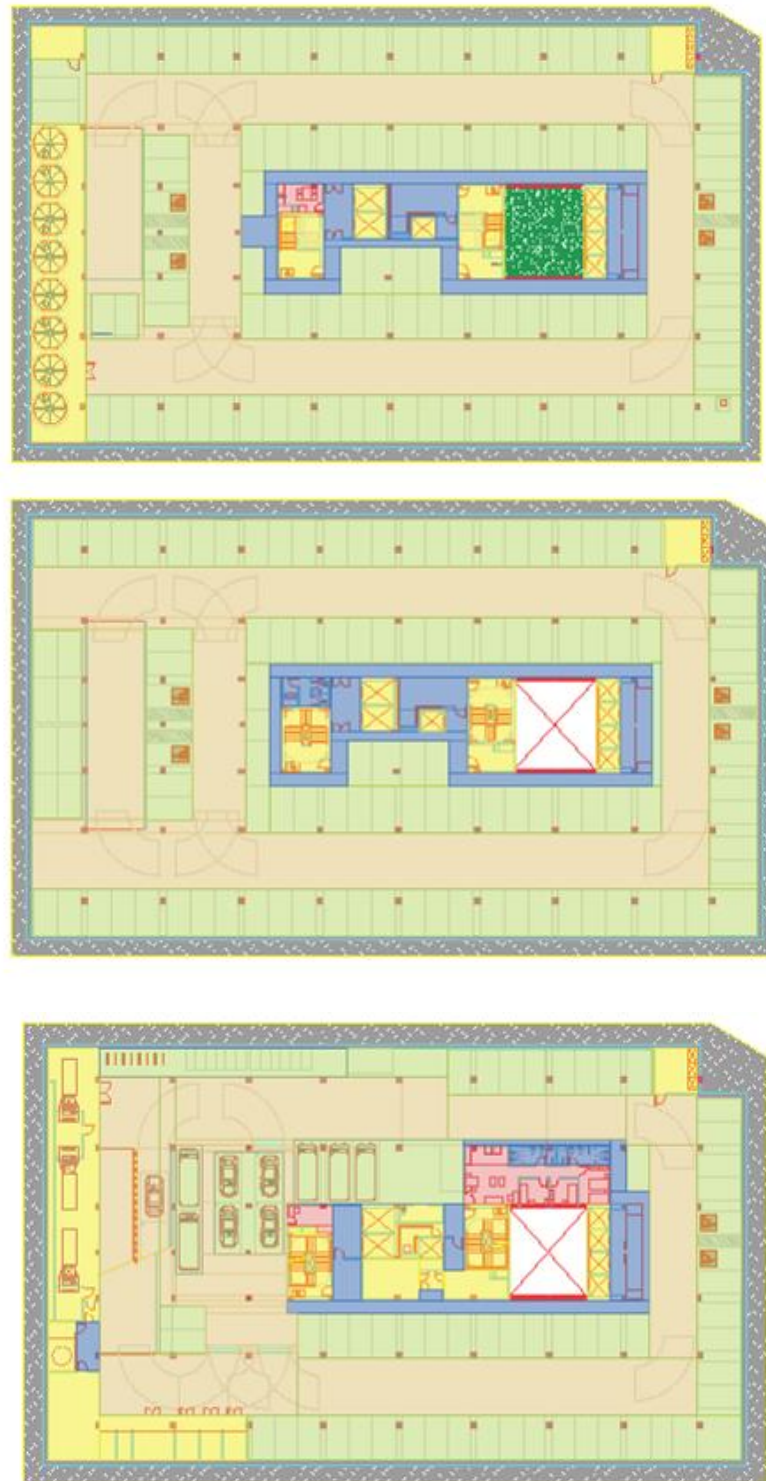


FIGURA 7. 17- Iluminamento nos subsolos 3, 2 e 1
Fonte: CASTANHEIRA 2012

Nos diversos pavimentos para atender o variado programa, diversos níveis de iluminação foram adotados, permitindo ambiências e diferenciadas soluções luminotécnicas. (FIG 7.18 a 7.20)

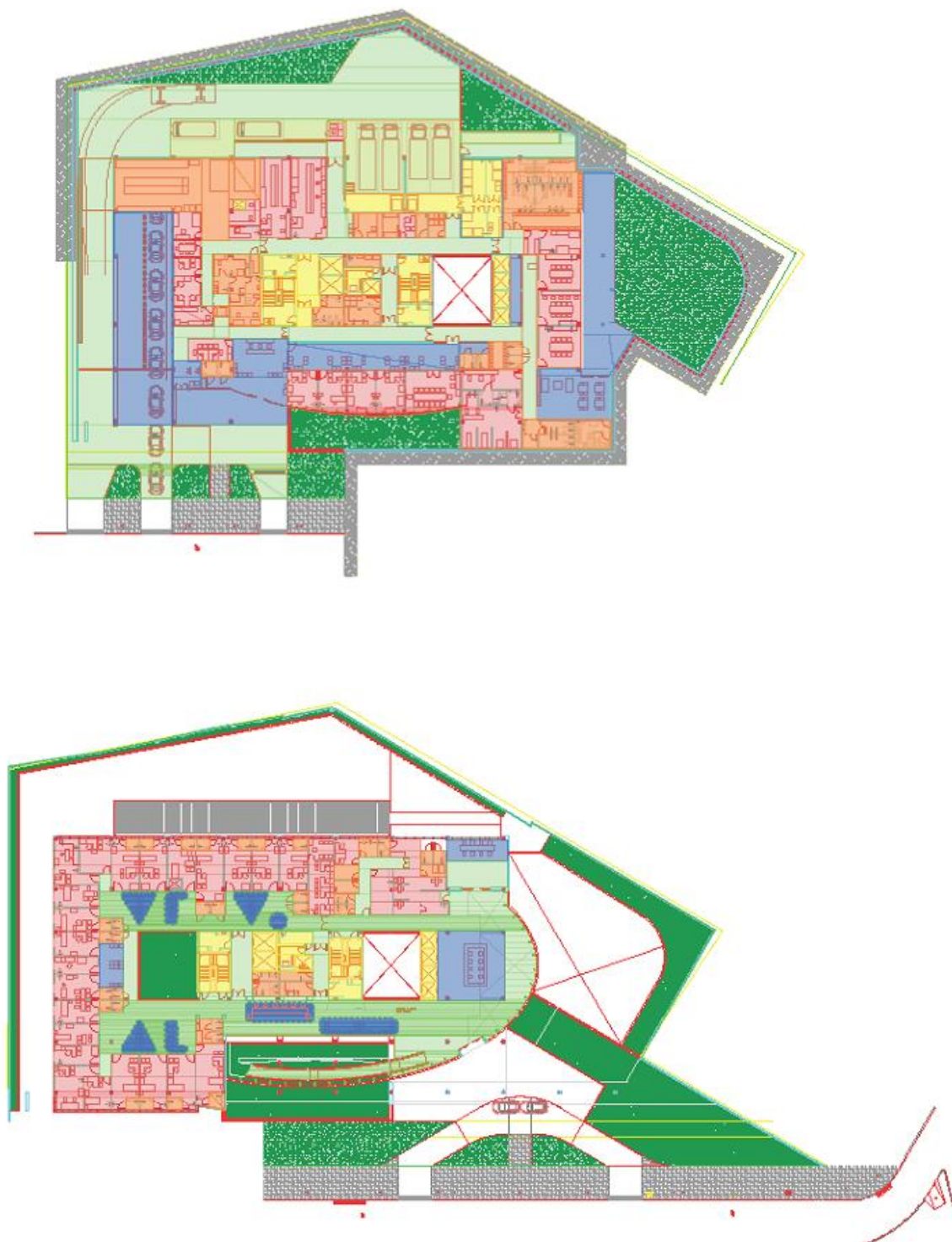


FIGURA 7. 18 – Manchas de iluminação nos pavimentos 1 e 2.
Fonte: CASTANHEIRA 2012



FIGURA 7. 19 – Manchas de iluminação nos pavimentos 3,4 e5.
Fonte: CASTANHEIRA 2012

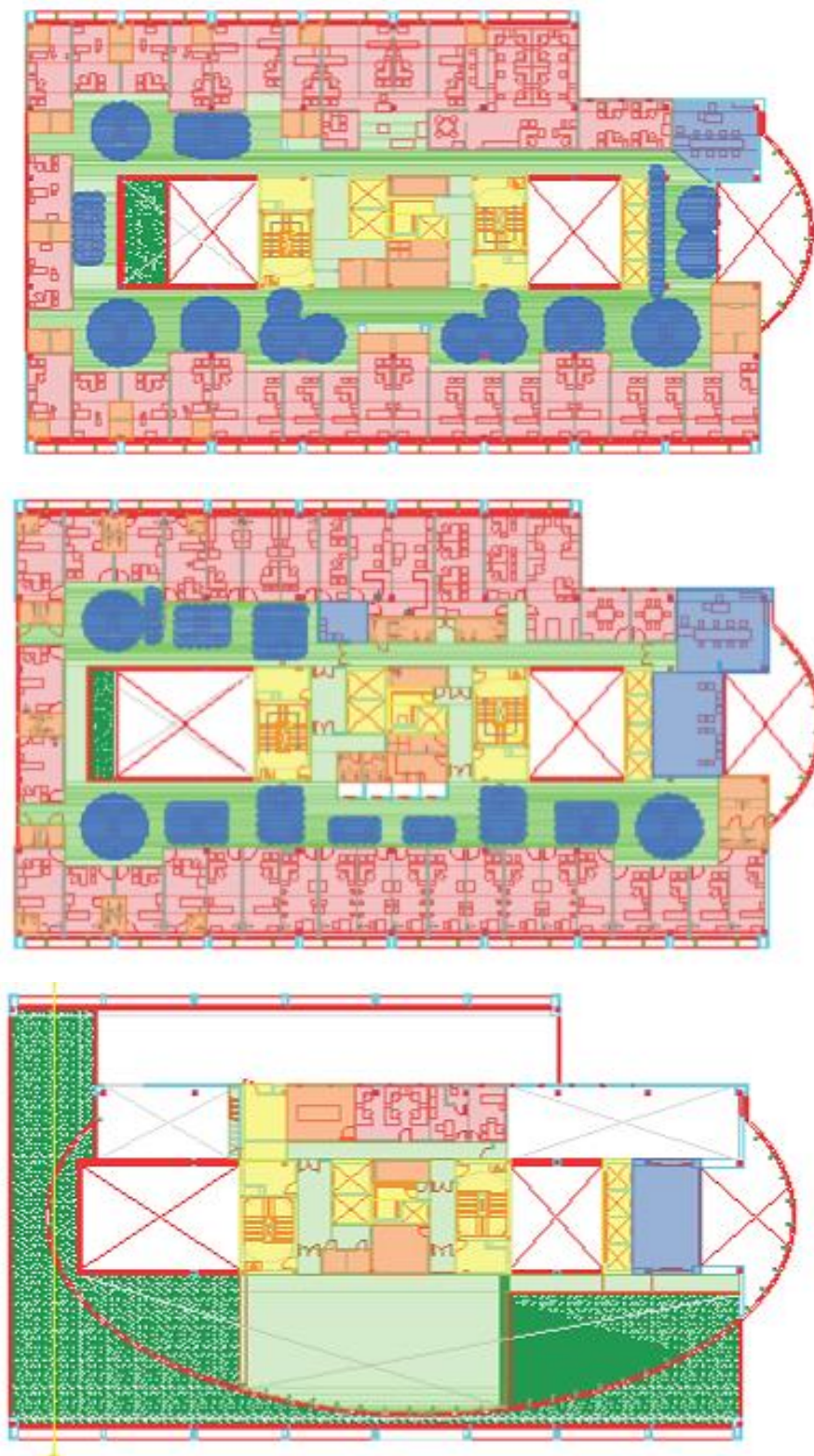


FIGURA 7. 20 – Machas de iluminação nos pavimentos 6,7 e 8.
Fonte: CASTANHEIRA 2012

Este estudo foi apresentado para os arquitetos autores do projeto e funcionários da área de saúde (médicos e enfermeiros) para compreensão da proposta luminotécnica. Esta forma de

apresentar o conceito do projeto levou à compreensão da proposta e à possibilidade de se visualizar e sugerir questões que pudessem contribuir para a solução final do projeto de forma a valorizar o edifício e qualificar os espaços internos.

Após essa etapa, partiu-se então para elaboração dos cálculos luminotécnicos (anexo 1) e para a distribuição das diversas luminárias. O projeto considerou o *lay out* proposto, a superposição com a estrutura e os pontos de ar condicionado.

A distribuição das luminárias necessárias segundo os cálculos seguiu a regra das distâncias X da parede e 2X entre luminárias, na maior parte das situações, permitindo, dessa forma, melhor distribuição da luz. Em alguns ambientes esta distribuição foi complementada com pontos extras. Nas circulações e ambientes de estar esta distribuição também ficou um pouco mais livre já que são espaços que não necessitam de uma iluminação com grande homogeneidade.

Diversos tipos de luminárias (embutidos, luminárias de sobrepor, com difusores, direcionadas, etc.) foram utilizados no projeto, proporcionando iluminação diferenciada de acordo com as necessidades específicas de todos os ambientes. O uso de Iluminação com difusores permite maior controle do ofuscamento e melhor eficiência na limpeza, evitando-se o acúmulo de pó nas luminárias e lâmpadas.

O uso de Iluminação localizada ou direcionada ocorreu em determinados espaços específicos como, por exemplo, na marcação dos elevadores, na circulação de pedestre nos subsolos, na rampa de acesso do 1º pavimento ao 2º pavimento, sempre com a intenção de balizar, direcionar e informar o usuário.

O item economia de energia no edifício deverá ser atingido com o uso de lâmpadas fluorescentes T8 e lâmpadas fluorescentes compactas de diversas potências. Os aparelhos de iluminação também apresentam difusores e refletores de alto rendimento. O uso destes tipos de lâmpadas reduz também a emissão de calor e, conseqüentemente, o consumo maior de energia pelos condicionadores de ar.

As condições gerais para definição de iluminâncias dos diversos espaços considerou a indicação da norma Brasileira NBR 5413 (ABNT 1991). Estes cálculos levaram em consideração os quantitativos de LUX e Lumens para os diversos ambientes. A iluminância foi considerada na medida do campo de trabalho, ou seja, a 70 cm do piso, sendo a iluminância mínima permitida em algum ponto do ambiente não inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho.

7.2 Diretrizes de projeto

Para melhor entendimento dos processos de elaboração de um projeto de iluminação/ luminotécnico para projeto arquitetônico que contemple a iluminação natural e artificial de maneira mais elaborada, propõe-se diversas etapas a serem seguidas como é mostrado nos diagramas (FIG 7.21 Projeto de iluminação – contemplando iluminação natural e 7.22 projeto de iluminação- artificial) .

Inicialmente, deve-se distinguir quais são as diferenças consideradas entre o projeto arquitetônico que contempla a iluminação natural, do projeto arquitetônico que não considera de forma enfática as questões relacionadas à iluminação natural. Para projeto de iluminação artificial posterior à elaboração do projeto arquitetônico, considera-se a solução de iluminação dos ambientes sob o ponto de vista do atendimento dos requisitos básicos de uma iluminação a quantidade de luz necessária que cumpra as necessidades dos usuários e do conforto estético visual que se quer ter do espaço. O projeto luminotécnico para os projetos que consideram a iluminação natural , necessariamente estão envolvidos com todo o processo de elaboração dos projetos arquitetônico e dos demais complementares.

As diretrizes aqui propostas, tentam contemplar de maneira eficiente, diversos aspectos que possam contribuir com soluções mais adequadas em todos os setores que envolvam a elaboração de um projeto e, conseqüentemente, sua execução. Acredita-se que, ao pensar o projeto sob o ponto de vista sistêmico, com a contribuição de diversos aspectos/diretrizes, de setores distintos podem trazer qualidade final ao todo.

Nestas diretrizes pensa-se a proposta de projeto sob três focos distintos inicialmente denominados por: abordagem 1 ou ambiental, abordagem 2 ou arquitetônica e abordagem 3 normativa.

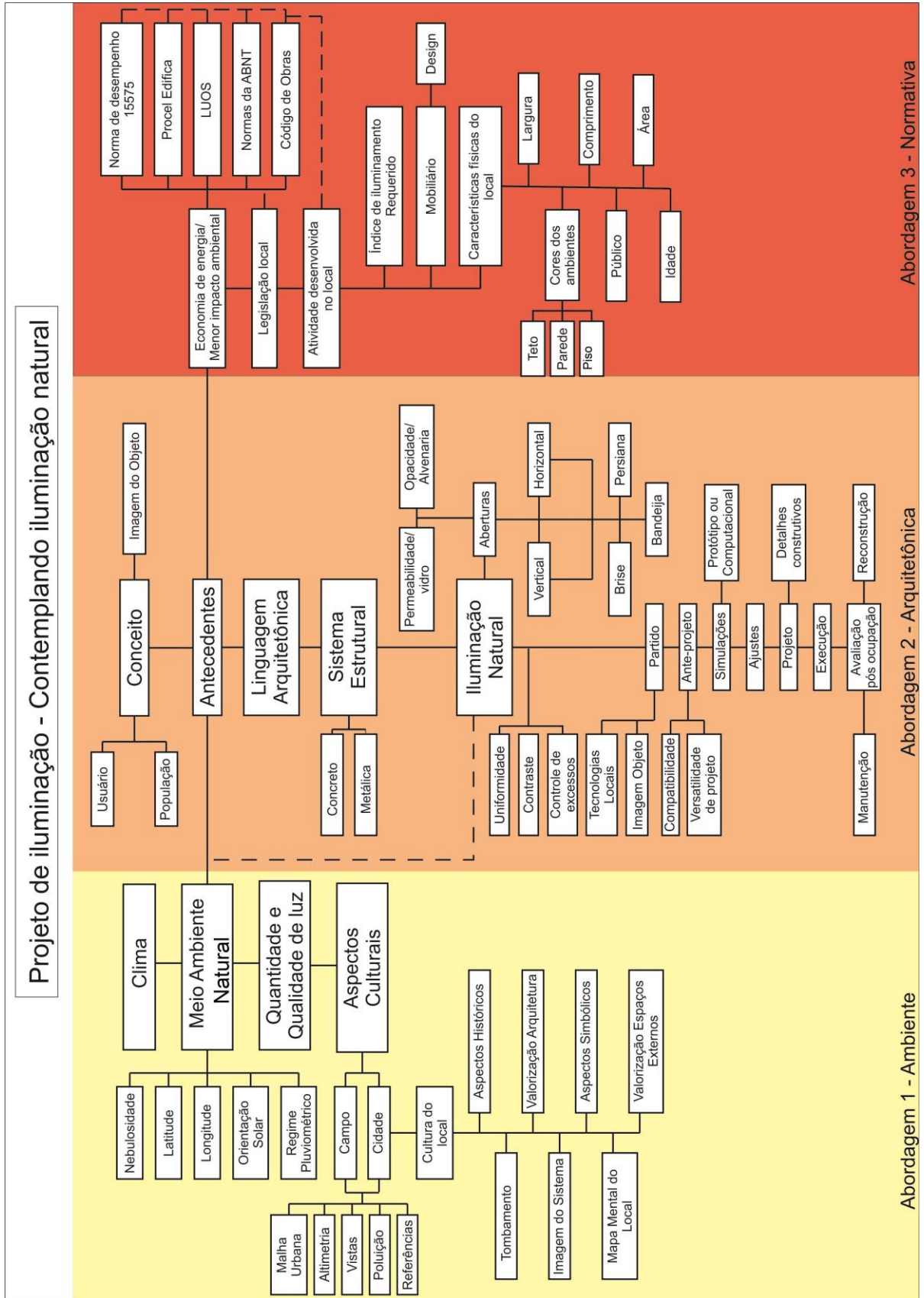


FIGURA 7. 21 - Diretrizes para projeto contemplando iluminação natural
 Fonte: CASTANHEIRA 2013

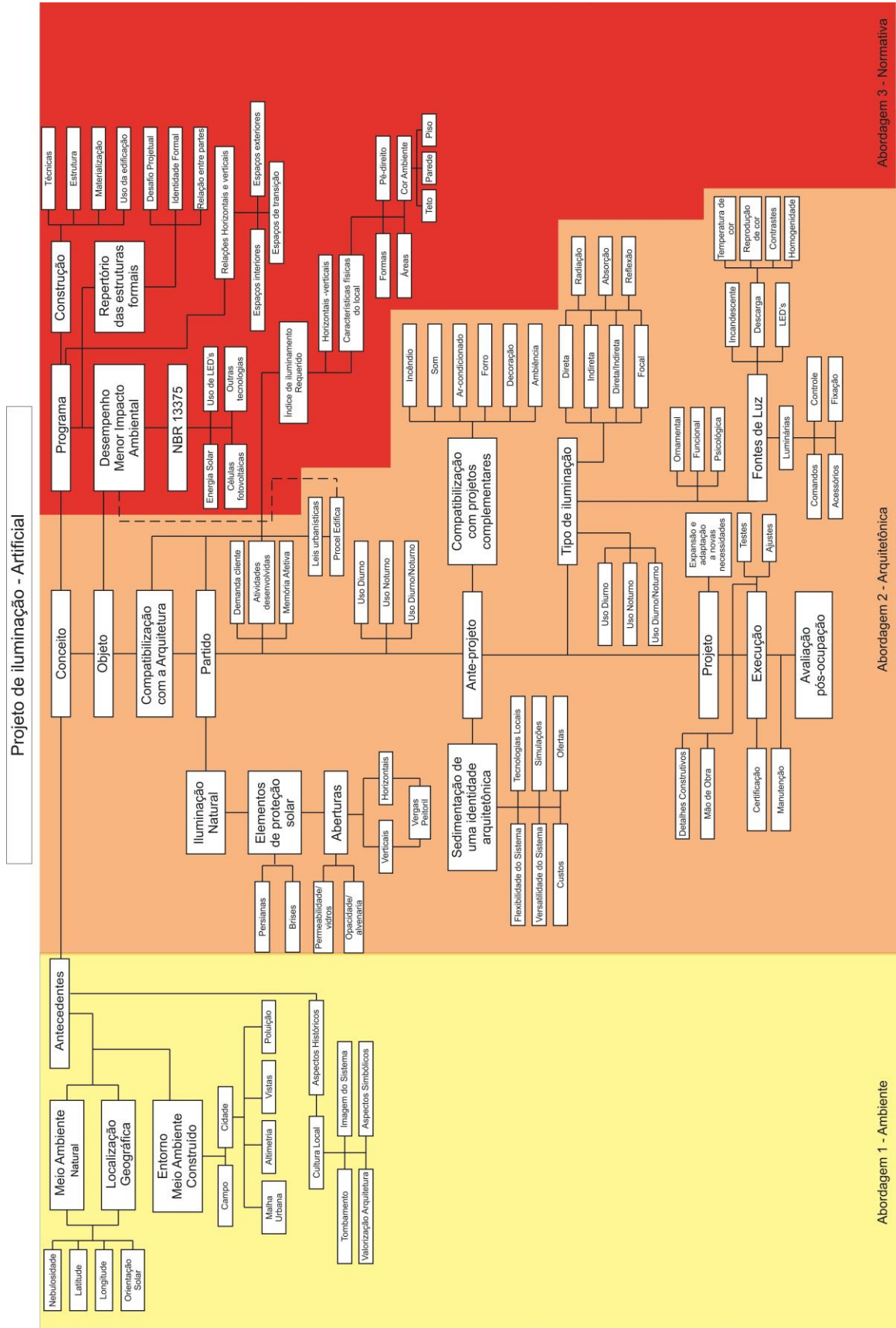


FIGURA 7. 22– Diretrizes para projeto contemplando iluminação artificial
 Fonte: CASTANHEIRA 2013

Para o projeto que contempla a iluminação natural (FIG. 7.21) a abordagem 1 (ambiental) (FIG.7.23) vai considerar todos os aspectos ligados ao ambiente físico em que será inserida a edificação antecedendo o primeiro traço do projeto. Esta abordagem deve ser discutida por todos os personagens envolvidos no projeto (processo) ainda em concepção. Neste momento o protagonista é, sem dúvida, o ambiente. Ele é que vai dar as diretrizes que se deve seguir na abordagem. Considera-se aí, também, os aspectos culturais já que serão estes aspectos que darão o carácter específico (personalidade) aos espaços.

A análise do meio ambiente natural e a localização geográfica permite soluções de aberturas de janelas, vistas, proteção solar, aproveitamento da luz natural nos melhores momentos do dia e no decorrer de todas as estações do ano. Quanto ao entorno e o meio ambiente construído, permite uma análise das obstruções, poluição do ar e visual, ruídos e demais características que possam interferir nas decisões do projeto. A imagem do edifício deve considerar todos os aspectos culturais, históricos de forma estabelecer diálogos com o local, evitando poluições visuais, imagens irreais do conjunto e conseqüentemente aversão da população.

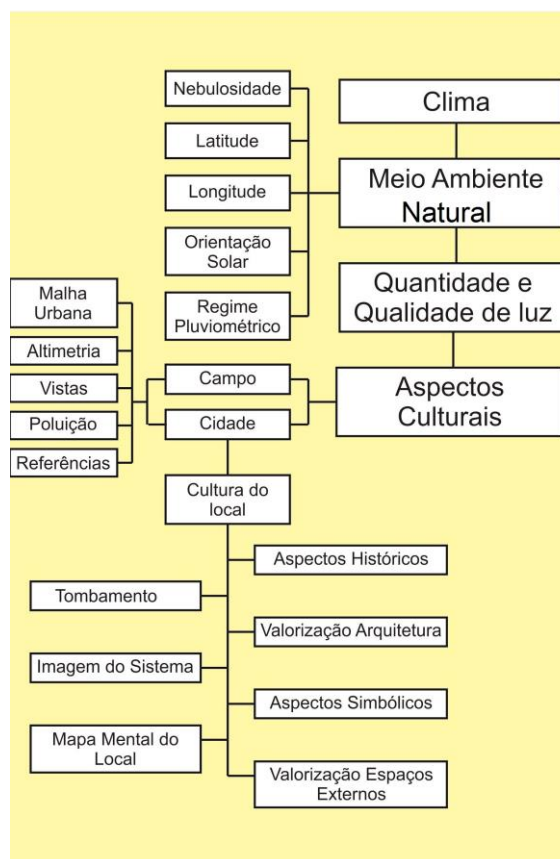


FIGURA 7. 23– Diretrizes para projeto contemplando iluminação natural - aspectos ambientais
 Fonte: CASTANHEIRA 2013

A abordagem 2 (arquitetônica) (FIG. 7.24), vai reunir os diversos dados relativos à concepção da arquitetura até então coletados e iniciar o processo de desenho do objeto. Acredita-se que este processo seja constantemente revisto nas duas abordagens anteriores no sentido de legitimar as ideias e o desenho (projeto). Nesta etapa é considerada principalmente a linguagem que se quer passar com o projeto, sua imagem, características estéticas e espaciais e a compatibilização com os demais projetos complementares. Nesta fase é primordial o domínio das ferramentas de desenho e da representação técnica assim como um criterioso desenvolvimento de detalhes.



FIGURA 7. 24– Diretrizes para projeto contemplando iluminação natural aspectos arquitetonicos
Fonte: CASTANHEIRA 2013

A abordagem 3 (normativa) para o projeto de iluminação natural (FIG. 7.25) vai considerar todos os parâmetros que já foram definidos por legislação e normas. Deve-se estar atento se determinadas regras já merecem revisões e críticas, muito em função da crescente evolução dos valores e usos dos espaços na atualidade. Como regras e normas muitas vezes são generalizadas e ou específicas para determinados locais, objetos distintos devem ser analisados sob prismas diferenciados.

Este item é muito importante já que contempla especificidades das localidades onde será implantada a edificação e principalmente resguarda a qualidade da iluminação em termos quantitativos, permitindo o uso dos espaços sem qualquer comprometimento com a saúde do usuário. As cores dos ambientes, o mobiliário e demais aspectos da ocupação dos espaços também são parâmetros considerados para o dimensionamento adequado da iluminação. Outro aspecto muito importante é a consideração das novas diretrizes e legislações quantos aos aspectos de aproveitamento e economia de energia tão necessários nos tempos atuais.

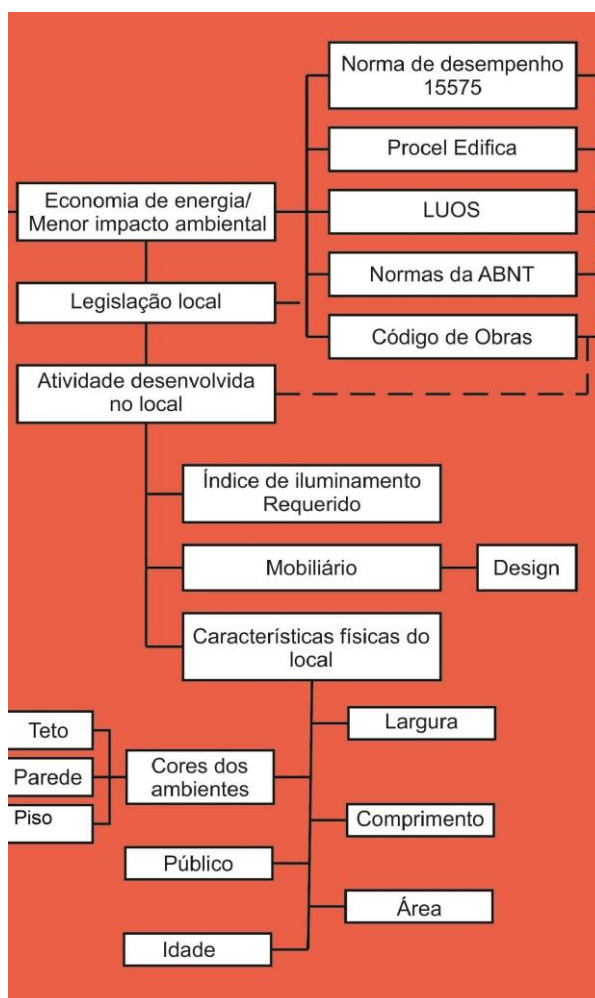


FIGURA 7. 25– Diretrizes para projeto contemplando iluminação natural aspectos normativos
Fonte: CASTANHEIRA 2013

Para o projeto que contempla a iluminação artificial (FIG. 7.22) a abordagem 1 (ambiental) (FIG.7.26) para o projeto de iluminação artificial, leva em consideração as mesmas diretrizes já abordadas para o projeto de iluminação natural, contudo, um aspecto importante neste caso que difere é a imagem que o objeto proporciona ao espaço externo no período noturno, banhando o entorno de luz de forma propiciar segurança aos espaços adjacentes. O edifício ganha também uma imagem institucional, comercial, histórica e simbólica e passa ser referencia e reconhecimento do local. A imagem do edifício ganha desta forma atributo noturno que pode ou não dialogar com o espaço circundante e ser reconhecido pelas pessoas. Nas cidades históricas ou não os edifícios iluminados passam a ter papel de criar o mapa mental noturno.

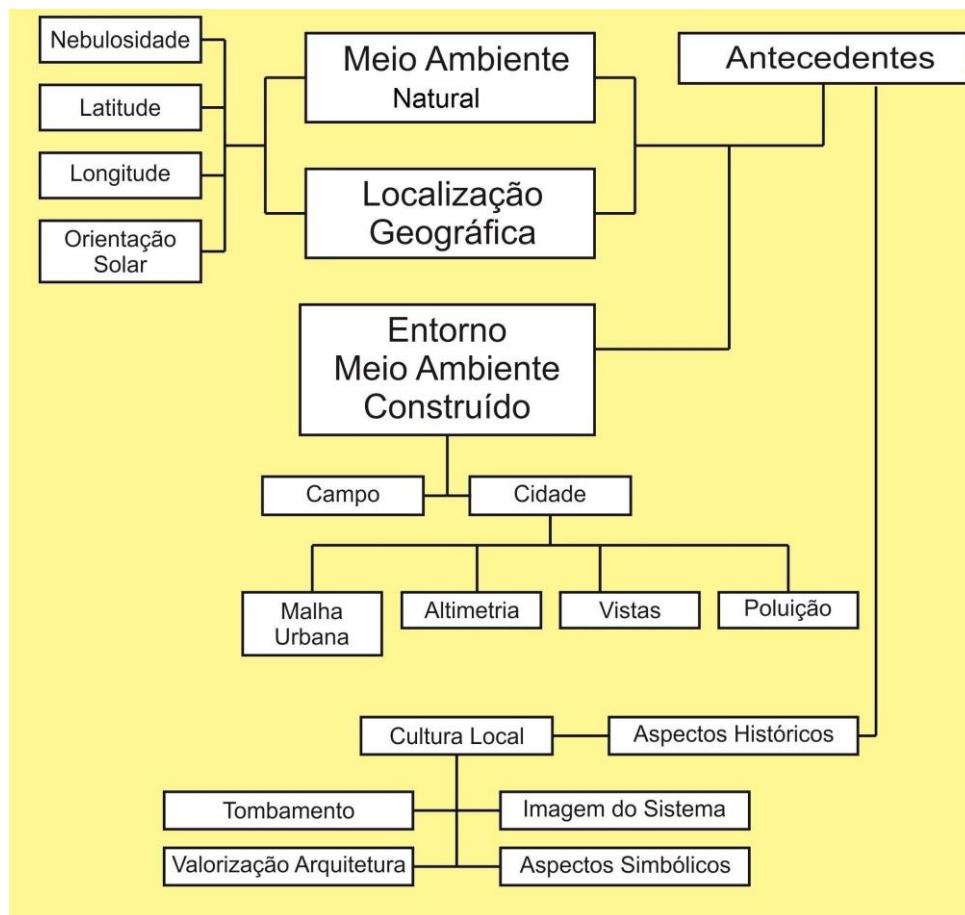


FIGURA 7. 26– Diretrizes para projeto contemplando iluminação artificial- aspectos ambientais

Fonte: CASTANHEIRA 2013

A abordagem 2 (arquitetônica) (FIG. 7.27) para projetos de iluminação artificial, reuni além das diretrizes da metodologia de iluminação natural, aspectos relativos à ambiência dos espaços, tanto sob o ponto de vista de qualificar os espaços com usos diferenciados, quanto sob o ponto de vista estético e decorativo. Neste item devem ser considerados os aspectos relativos à escolha dos diversos tipos de iluminação; direta, indireta, semi direta (indireta), tipos de aparelhos, lâmpadas, temperaturas de cor, detalhes construtivos e principalmente compatibilização com os diversos projetos, além é claro do custo inicial e operacional do sistema adotado.

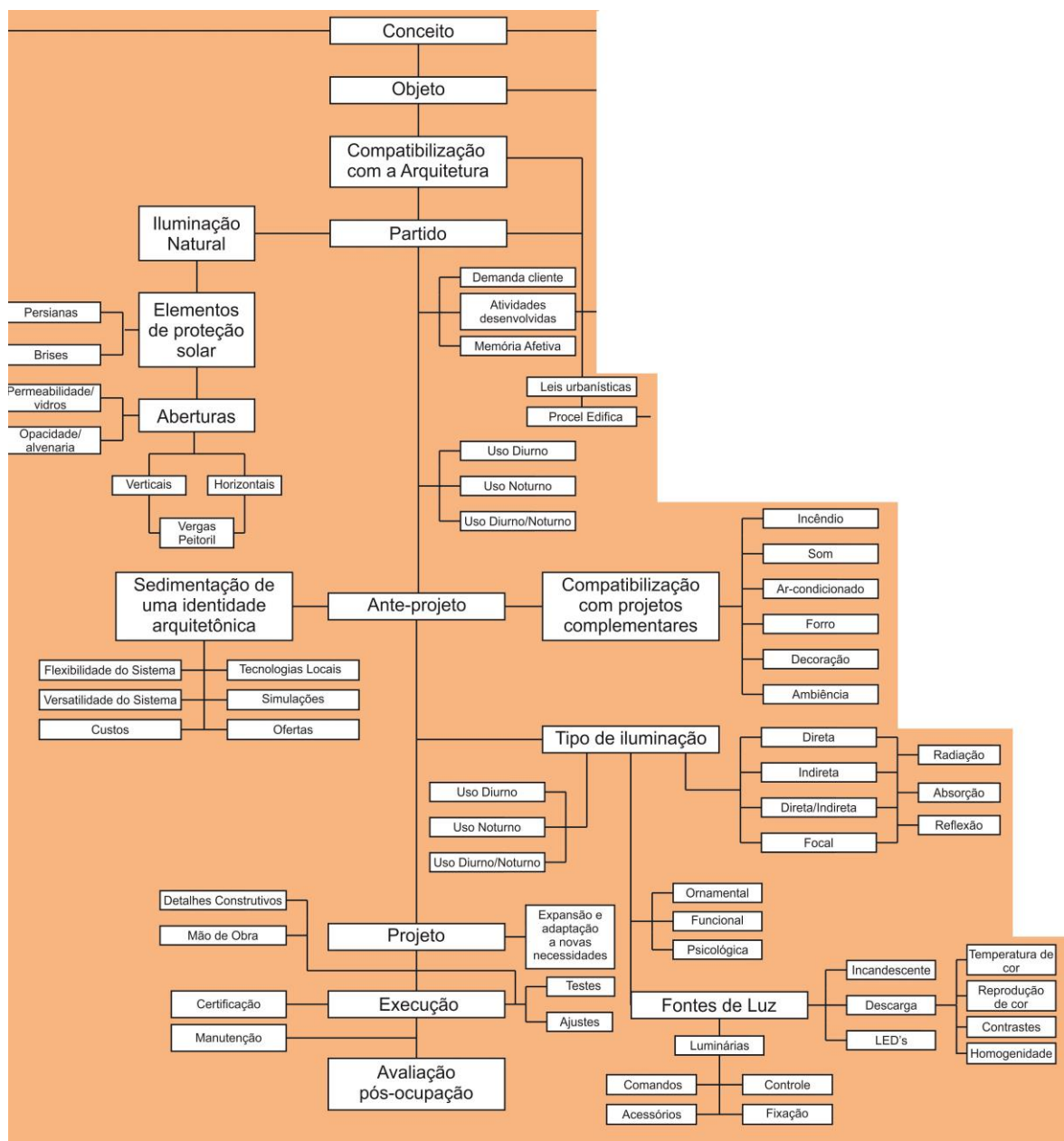


FIGURA 7. 27– Diretrizes para projeto contemplando iluminaçãoartificial – aspectos arquitetonicos.

Fonte: CASTANHEIRA 2013

A abordagem 3 (normativa) para o projeto de iluminação artificial (FIG. 7.28) vai considera todos os parâmetros que já foram definidos por legislação e normas da abordagem do projeto de iluminação natural, acrescido das normas e diretrizes para espaços iluminados artificialmente. Com o crescente uso dos espaços nos períodos noturnos, estas condições de qualidade da iluminação passam ser de extrema importância.

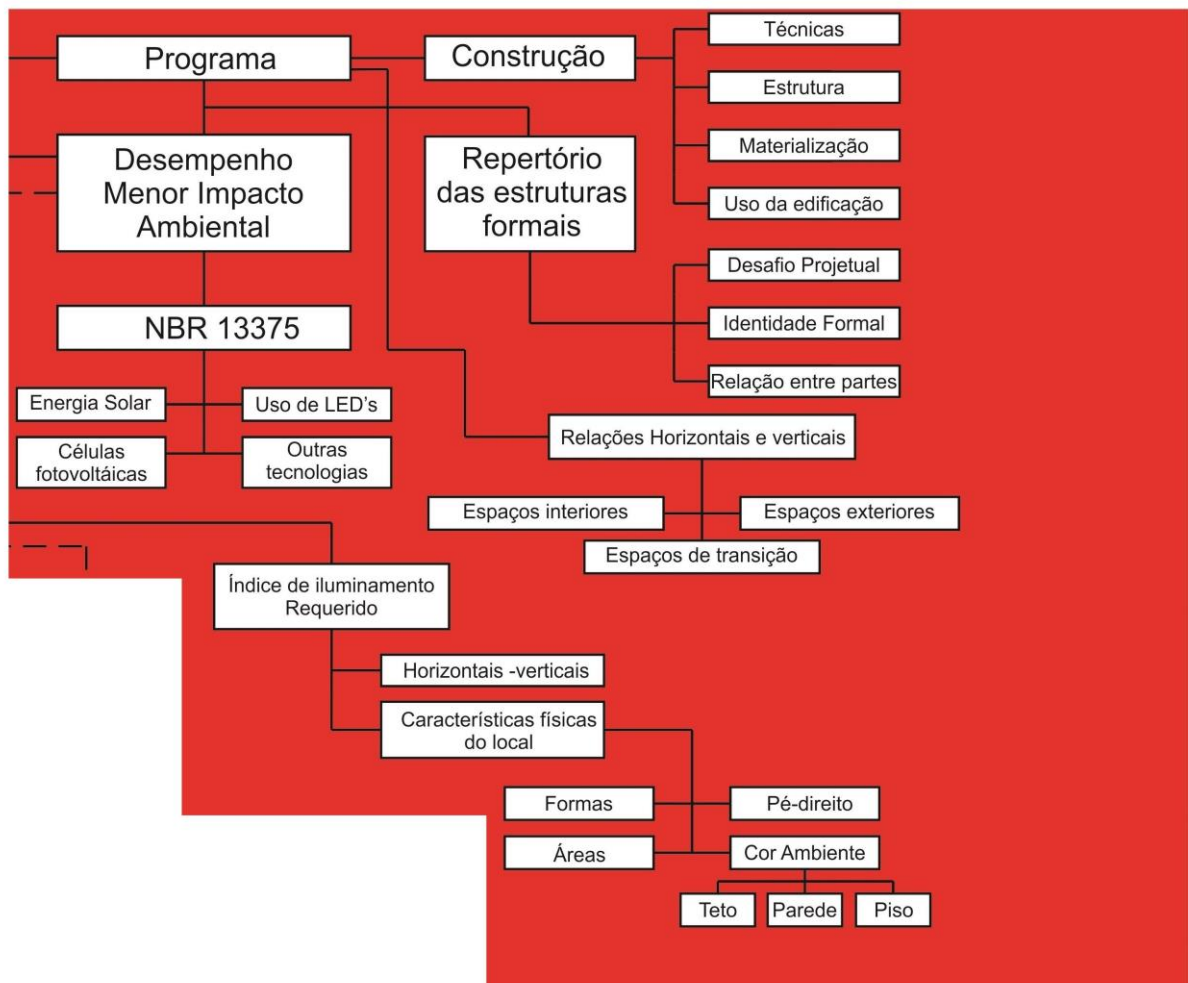


FIGURA 7. 28– Diretrizes para projeto contemplando iluminação artificial-aspectos normativos

Fonte: CASTANHEIRA 2013

Para os edifícios estruturados em aço o ideal é se contemplar os diversos parâmetros citados anteriormente nas abordagens: ambiental, arquitetônica e normativa pra os projetos com iluminação natural e / ou artificial.

As construções em aço, cada vez mais frequentes, geram novas posturas construtivas e abordagens diferenciadas já que as possibilidades do uso da transparência, que gera a maior exploração da incidência da luz natural, são quase sempre uma característica destes projetos que aproveitam a esbeltez da estrutura e os fechamentos mais leves. Esta característica para fechamentos constituídos por painéis translúcidos geram por outro lado a perda das superfícies rebatedoras da luz artificial. As entranhas do edifício ficam muito expostas e vulneráveis para receber e espalhar a luz tanto de fora para dentro quanto de dentro para o exterior no período noturno. A luz artificial passa então a ter um caráter complementar nos momentos onde a luz natural possa ser insuficiente, por obstáculos necessários de privacidade e ou de proteção solar.

Pode-se desta forma por meio de controles e posições estratégicas das soluções luminotécnicas reduzir o período de funcionamento dos sistemas de iluminação, contribuindo em muito para economia no consumo de energia. Nos períodos noturnos a iluminação externa provenientes de onde o edifício está implantado deve-se considerada no calculo, já que esta contribuição pode interferir na qualidade e quantidade de luz necessária interna ao edifício.

Deve-se ainda ressaltar que para os sistemas de iluminação nos edifícios em aço, a alimentação elétrica deve aproveitar os diversos caminhos da estrutura já que a escassez de painéis onde possa incorporar as tubulações pode não ser suficiente para levar em todos os pontos necessários.

O aperfeiçoamento tecnológico da indústria vidreira e a oferta de mais produtos trouxeram mais liberdade, mais desafios aos especificadores e a possibilidade de tornar os edifícios mais eficientes do ponto de vista energético, com projetos de fachadas mais complexos e elaborados.

A partir dos vidros duplos insulados (compostos por duas placas de vidro em um caixilho com uma camada de ar no meio), muitos desenvolvimentos vieram agregar melhores propriedades térmicas às fachadas de vidro. Na Europa foi desenvolvida a tecnologia *low-e* (*low emissivity*

glass), que reduz a emissividade e permite a entrada de grande quantidade de luz. O material indicado para captar muita luz constitui-se de camadas de óxido metálicas que se integram ao vidro em processos industriais de alto custo, a vácuo e em meio plasmático. Em uma adaptação ao clima do hemisfério sul, o vidro *low-e* ganhou uma câmara de controle solar, resultando em uma solução que além de permitir a passagem de luz, possui características refletivas. O vidro *low-e* de controle solar apresenta refletividade externa entre 8% e 10% e transmissão luminosa entre 70% e 80%. Além disso, o material pode ser beneficiado para intensificar suas propriedades energéticas e até conferir características de segurança. Um dos desenvolvimentos recentes nesse sentido é o vidro com capacidade de selecionar o comprimento de onda solar mais benéfico para o conforto luminoso.

Desse modo, no contexto do menor impacto ambiental e eficiência energética nos edifícios torna-se importante não só demonstrar de modo claro como a iluminação natural pode contribuir para a utilização racional da energia nos edifícios, como ainda utilizar técnicas que permitam ao projetista assegurar essa eficiência energética sem prejuízo das condições interiores de iluminação natural.

Estima-se que o emprego de padrões arquitetônicos adequados, a especificação de produtos e materiais energeticamente eficientes e a adequação de critérios de projetos racionais podem possibilitar reduções de até 60% no consumo energético das edificações. Competem aos arquitetos, engenheiros e projetistas explorar e realizar este potencial.

CONCLUSÃO

A iluminação constitui um dos principais fatores condicionantes da qualidade ambiental no interior dos edifícios. A sua principal função consiste em proporcionar um ambiente visual interior adequado, assegurando as condições de iluminação necessárias à realização das atividades visuais, que permita aos ocupantes verem, deslocarem-se em segurança e desempenharem as diferentes tarefas visuais de modo eficaz e com precisão, sem causar fadiga e desconforto visuais indevidos. Essas condições devem incluir a garantia dos mais adequados níveis de iluminação, a existência de conforto visual para os ocupantes, a minimização dos impactos energéticos e, ainda, os benefícios mais subjetivos, decorrentes da utilização da luz natural em vez da luz artificial e do contato com o ambiente exterior através dos vãos envidraçados, quando puderem ser colocadas nos fechamentos externos.

A percepção da luz e o conforto proporcionado pela composição e a atmosfera dos ambientes são funções que justificam a necessidade do uso correto da luz nos projetos em benefício das pessoas. Técnicas, equipamentos, luminárias e lâmpadas constantemente mudam e são aperfeiçoadas. Por outro lado as funções da iluminação são padrões imutáveis seja das reações fisiológicas, psicológicas ou estéticas provocadas pelo correto uso da luz. A visão se dá por meio dos olhos e conseqüentemente, a percepção da luz nos ambientes é a chave do *design* para qualquer utilização criativa, funcional e estética da luz.

O reforço do simbolismo e ou dos aspectos sintáticos da arquitetura com a utilização de efeitos de luz tais como penumbra, ofuscamento, contraste entre claro e escuro, uso de determinadas cores, forma de distribuição da luz, intensidade da luz, dinamismo da luz natural, visando realce, destaque, dramaticidade, sensação de aconchego, deslumbramento, configuram as qualidades subjetivas da luz na arquitetura. A qualidade objetiva ou funcional é aquela exigida pelas atividades a serem desempenhadas por um ambiente, determinada em função do correto desenvolvimento de tarefas visuais específicas, diz respeito aos aspectos de definição do espaço arquitetônico, da distribuição e direção da luz, da ausência de ofuscamento, do tipo de fonte luminosa mais adequada em função de cor e rendimento da luz emitida, e da boa definição dos objetos.

Essas funções ampliam os usos da iluminação para além da visualização. A cada função são incorporadas as quatro qualidades da luz: intensidade, cor, distribuição e movimento, claramente enfatizando que a iluminação não diz respeito ao equipamento, mas sim à luz.

A principal característica da iluminação natural, que a distingue da iluminação artificial, é o seu caráter dinâmico associado a variações temporais e a variações nas condições de nebulosidade. As metodologias tradicionais de previsão do desempenho da iluminação natural nos edifícios e as métricas usadas para a sua quantificação possuem limitações que não permitem levar em consideração, de modo eficaz e realista, os efeitos das características dinâmicas da luz natural e em particular aquelas relacionadas com a influência das especificidades climáticas.

É importante ressaltar que um projeto inteligente de iluminação é também um projeto econômico, tanto do ponto de vista do investimento inicial como do custo operacional, não somente para o usuário, mas para toda a sociedade. Deve se lembrar que conservar energia não significa redução de conforto e privação dos benefícios que ela proporciona. Conservar energia implica na transformação da sociedade do desperdício numa sociedade mais racional na utilização de seus recursos globais, especialmente os insumos energéticos.

Na maioria dos casos a eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo e os resultados são obtidos com a conscientização dos consumidores e usuários. É comprovado que um bom projeto de iluminação eficiente além de reduzir o consumo energético traz aumento significativo de produtividade. No caso de novos projetos é necessário garantir que o sistema de iluminação conte com luminárias, reatores e lâmpadas de alta eficiência, distribuição de circuitos adequadamente, além é claro, da utilização da iluminação natural quando possível, buscando sempre a redução do consumo de energia.

Neste trabalho aborda-se os principais aspectos do projeto da iluminação natural e artificial nos edifícios, tendo por enquadramento geral as exigências de conforto, eficiência energética com menor impacto ambiental, a necessidade de articulação com outros domínios do projeto de adequação e a influência dos ocupantes. Este estudo ainda evidencia a importância da luz

natural como componente fundamental de um projeto de iluminação energeticamente eficiente.

Proporcionar uma boa iluminação requer que se consagre igual atenção aos aspectos quantitativos e aos aspectos qualitativos da iluminação. A existência de iluminâncias suficientes para realização das tarefas visuais (principal exigência quantitativa) constitui, naturalmente, uma condição necessária, mas em muitas situações a visibilidade das tarefas visuais depende ainda de outros fatores como sejam: o modo como a luz é disponibilizada, as características de cor das fontes de iluminação e das superfícies e dos níveis de ofuscamentos presentes.

Numa perspectiva de conforto e eficiência energética é desejável que a iluminação dos espaços interiores seja efetuada, preferencialmente, com recurso da luz natural devendo ser suplementada por sistemas de iluminação artificial eficaz e flexível quando as necessidades de iluminação não possam ser satisfeitas apenas à custa da luz natural.

Desse modo, o aproveitamento da iluminação natural nos edifícios e, em particular, naqueles com ocupação predominantemente diurna, pode contribuir de modo significativo para a eficiência energética, o conforto visual e o bem estar dos seus ocupantes.

Neste sentido, as estratégias de aproveitamento da luz natural deverão considerar os potenciais ganhos e perdas térmicas (eventuais sobreaquecimentos nos períodos quentes, arrefecimentos nos períodos frios e os ganhos de calor devidos à utilização da iluminação artificial), a diminuição dos consumos energéticos (ao substituir a iluminação artificial e ao diminuir ou eliminar o recurso à climatização mecânica) e ainda, os benefícios mais subjetivos para os ocupantes decorrentes da utilização da luz natural em vez da luz artificial e do usufruto da visão para o exterior.

O problema mais crítico nos edifícios modernos é quando se prevê um número grande de usuários realizando tarefas visuais distintas com níveis diferentes de iluminamento exigidas ao mesmo tempo.

Entre os projetistas, existe atualmente maior consciência dos benefícios decorrentes de um aproveitamento adequado da luz natural, não só ao nível da qualidade do ambiente interior, do

conforto e bem estar dos ocupantes, mas também como elemento valorizador do projeto de arquitetura.

Todavia, as consequências desse aproveitamento, no nível energético, surgem, frequentemente dissociadas dos aspectos da iluminação por várias especialidades, como, o projeto dos sistemas de iluminação elétrica, o desempenho térmico dos espaços interiores ou o projeto de climatização. Esta dispersão pode originar prejuízos evidentes nas condições reais de iluminação natural nos edifícios, em particular quando as necessidades de proteção solar e de proteção contra o ofuscamento não são devidamente articuladas com a necessidade de garantia das mais adequadas condições de iluminação. Assim, torna-se absolutamente fundamental que o projeto de iluminação natural seja incorporado desde as fases iniciais do projeto de arquitetura, sendo ainda necessário estabelecer as mais adequadas ações de articulação com as áreas de projeto afins e em particular com o projeto de iluminação artificial.

Tendo como pressupostos fundamentais a funcionalidade, o conforto dos ocupantes e a utilização racional da energia, o projeto de iluminação natural deverá considerar as características climáticas prevalentes no país, a influência do efeito dos sistemas de sombreamento e dos sistemas de controle da iluminação artificial, bem como a atitude dos ocupantes para com esses sistemas.

Ao utilizar-se, conscientemente, a luz natural para a iluminação dos espaços interiores, deve-se sempre considerar as consequências de tal utilização no nível energético. Podem distinguir-se dois tipos de consequências:

- i) potencialmente positivas, ao substituir o recurso da iluminação artificial e ao permitir o aproveitamento dos ganhos solares através dos vãos envidraçados nos períodos frios;
- ii) potencialmente negativas, relacionadas com eventuais sobreaquecimentos (durante os períodos quentes) ou com arrefecimentos excessivos (durante os períodos frios).

Ambas possuem implicações no nível do conforto térmico e/ou do consumo energético. As consequências energéticas do aproveitamento da iluminação natural nos edifícios assumem

uma relevância determinante em regiões onde predominam as condições de sol descoberto, como acontece na maior parte das regiões do Brasil, por exemplo.

O objetivo de um bom projeto de iluminação nos edifícios está para além do exercício puramente formal de proporcionar uma iluminação suficiente que permita aos ocupantes desses edifícios desempenhar as suas tarefas visuais em segurança e conforto. Embora este deva ser sempre um objetivo fundamental, um projeto de iluminação (natural e artificial) adequado e bem sucedido deverá ainda proporcionar um ambiente interior com visual agradável que contribua para a satisfação e bem-estar dos ocupantes e que realce a forma do edifício em harmonia com o projeto de arquitetura, funcionando como elemento valorizador do edifício. Numa perspectiva de conforto e eficiência energética é desejável que a iluminação dos espaços interiores seja efetuada, preferencialmente, com recurso da luz natural, devendo esta ser suplementada por sistemas de iluminação elétrica eficazes e legíveis quando e/ou onde as necessidades de iluminação não possam ser satisfeitas apenas pela luz natural.

Concluindo, com esse estudo abordar-se, alguns dos principais fatores em jogo no projeto da iluminação natural e artificial dos edifícios, tendo por enquadramento geral as exigências de conforto e eficiência energética. Em particular, buscou-se realçar a importância da necessidade de articulação entre os projetos de iluminação natural e artificial, tendo como objetivo final a utilização racional da energia para iluminação.

Os últimos anos levaram a algumas reflexões sobre o papel do conforto em projeto, considerado em seu processo e também como produto. Não há dúvidas de que a busca do Conforto é premissa fundamental para uma boa qualidade ambiental e sustentabilidade do ambiente construído.

Nas últimas duas décadas, tem se discutido com mais intensidade questões diretamente ligadas ao projeto, considerando-se o usuário e discutindo o conforto para além da simples questão técnica e quantitativa. Neste sentido, tem se consolidado aspectos voltados para melhoria do conforto ambiental, eficiência energética, ergonomia e avaliação pós-ocupação (APO). Toda esta temática deve ser incorporada nas atividades ligadas à prática projetual e na materialização do ambiente construído.

Sabe-se que os estudos de conforto buscam otimizar a qualidade do espaço construído de diferentes formas, ora por meio do bom uso dos recursos ambientais disponíveis, ora traçando

estratégias de climatização passiva, com o desenho de dispositivos ambientais aplicáveis ao projetos de conforto ambiental, no conforto térmico, luminoso e sonoro. Hoje, deve-se contemplar tais conhecimentos nos projetos arquitetônicos e urbanísticos.

É um grande desafio fazer com que profissionais incorporem os princípios de conforto desde os primeiros riscos do projeto. A maneira segmentada de aprender o conforto ambiental pode tornar este conhecimento segregado, dissociado da prática e do processo projetual. Dessa forma, os profissionais arquitetos já formados passam a compor suas produções arquitetônicas e urbanísticas sem estudos integrados de conforto ambiental, muitas vezes encarando a área de conforto como uma especialidade necessária, mas não inerente ao projeto. A compreensão do “projetar com conforto” torna-se um aditivo à obra prima, uma espécie de complemento, ao invés da incorporação das estratégias de conforto à práxis do fazer arquitetura e do fazer urbano.

Alinhado a isto, depara-se com inúmeras inovações que têm surgido neste cenário, também contribuindo de maneira decisiva para a melhoria da qualidade projetual e da própria qualidade do espaço construído. Na prática, conta-se com diferentes ferramentas que geram mais possibilidades projetuais e que podem conferir ao edifício maior eficiência em sua fase de uso e ocupação. Conseqüentemente podem ser introduzidos, desde a fase do projeto, elementos que beneficiam diretamente o usuário. Novos instrumentos, novos materiais e novas técnicas têm surgido e se consolidado, porém ainda em um ritmo lento e carente de implementações mais expressivas, se considerada a real necessidade na área. A incorporação das idéias de conforto na prática da construção do edifício ainda é uma questão que merece maior atenção e requer verificação de seus reais impactos sociais, econômicos e ambientais. Estimular essa inovação com base em uma reflexão científica parece ser um dos caminhos para a evolução e o crescimento qualitativo do espaço construído.

Neste sentido, e considerando as reflexões desenvolvidas no trabalho desenvolvido, promove-se a discussão acerca da incorporação dos princípios de conforto aplicáveis à prática projetual arquitetônica. A reflexão sobre esta prática proposta aqui tem como cenário o projeto e a sua prática cotidiana, que deve buscar a inovação, fomentar debates sobre a interação dos agentes, instrumentos e métodos, envolvendo o conforto ambiental e a eficiência energética no uso da iluminação natural e artificial. Contribuí, assim, para a discussão integrada e integradora com possíveis rebatimentos em maior qualidade do ambiente projetado e construído.

8.1 Sugestões para trabalhos futuros

A área de iluminação está constantemente evoluindo e se transformando nos últimos anos, principalmente depois do surgimento da tecnologia dos *LED* e dos novos conceitos de economia e sustentabilidade em todo o mundo. Este fato tem gerado um novo modo de pensar e projetar a luz, desde a concepção e desenvolvimento dos produtos (luminárias, lâmpadas e acessórios) passando pelo projeto luminotécnico, a especificação, a venda com valor agregado (sustentabilidade e economia) e a própria percepção da luz pelo homem. Discussões sobre etiquetagem e certificações de produto tornaram-se frequentes e geram mudanças grandes no mercado. Conceitos básicos de grandezas luminosas como índice de reprodução de cor, temperatura de cor, iluminamento requerido, etc. são reavaliados e questionados quanto à luz branca do *LED* passou a fornecer resultados bastante diferentes das lâmpadas incandescentes que se tornam cada vez mais raras e com previsão de extinção por completo em um prazo curto.

As questões de sustentabilidade e eficiência luminosa estão mudando de forma contundente os projetos de iluminação e luminotécnicos já que, na maioria das vezes, estão requerendo certificações como o LEED ou o Procel Edifica. Revisões normativas do COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações) criam também impactos nos projetos. Desta maneira a atualização de conhecimento deve ser constante e trabalhos que envolvam estes conhecimentos serão, sem dúvida, importantes para a constante atualização de metodologias de projeto. Necessita-se, também, de trabalhos que envolvam pesquisas de Pós Ocupação que proporcionem *retrofit* de espaços onde exista a possibilidade de grande redução de consumo energético, assim como adaptar-se a novas tendências e exigências e percepção de diversos usuários. Outros trabalhos práticos poderão ser desenvolvidos em que os projetos aconteçam, numa abordagem multidisciplinar, em conjunto com diversas áreas de conhecimento de iluminação.

REFERÊNCIAS

ABADIAS Trigêmeas da Provance. Disponível em:

<http://omeulugar.wordpress.com/2008/10/28/as-abadias-trigemeas-da-provence-senanque/>
Acesso em: 22 set. 2012.

AEROPORTO JFK. Disponível em:
<<http://arquitetoederolivato.blogspot.com.br/2011/04/terminal-da-twa-1956-62-aeroporto-jfk.html>> Acesso em 22 set. 2011.

ALHAMBRA < <http://en.wikipedia.org/wiki/Alhambra>> Acesso em 15 ago. 2012.

ANJOS, Cyro dos. **O amanuense Belmiro**. São Paulo: Globo, 2012.

ARQUITETURA EM CRETA. Disponível em:

<<http://rhistoriandoz.blogspot.com.br/2012/03/texto-6-primeiros-anos.htm>> Acesso em: 2012.

ARQUITETURA DA GRECIA. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_da_Gr%C3%A9cia_Antiga> Acesso em 22 nov. 2011.

ARQUITETURA DA NIGERIA. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Categoria:Arquitetura_da_Nig%C3%A9ria> Acesso em 19 set. 2012.

ARATATA ISOZAKI. Disponível em: <<http://www.isozaiki.co.jp/>> Acesso em 07 abr. 2012.

ARAÚJO, Iuri Á. L. de; CABÚS, Ricardo C. Influência da luz natural refletida pelo entorno na iluminação de edifícios em cânions urbanos no trópico úmido. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, MG. **ANAIS do IX ENCAC e V ELALAC**. Ouro Preto, MG, 2007.

ARAÚJO, Mara R.; GONÇALVES, Vanessa; GABUS, Ricardo. Análise da iluminação natural a partir de elementos vazados. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, MG. **ANAIS do IX ENCAC e V ELALAC**. Ouro Preto, MG, 2007.

ARAUJO, Rogério P. S. de. A Luz e A Cidade. **Hoje em Dia**, Belo Horizonte, 03 de set. de 1989.

ARGAN, Giulio C. **Arte Moderna: do iluminismo aos movimentos modernos**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15575-1: Edificações habitacionais _ desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5461: Iluminação – terminologia**. Rio de Janeiro, 1991.

ÁVILA, Affonso; GONTIJO, João M. M.; MACHADO, Reinaldo G. **Barroco Mineiro: glossário de arquitetura e ornamentação**. [S.L.]: Fundação João Pinheiro / Fundação Roberto Marinho, 1980.

BAHAMÓN, Alejandro; ÁLVARES, Ana M. **Luz, color, sonido: efectos sensoriales em la arquitectura contemporânea**. Barcelona: Parramón Ediciones S.A., 2010.

BARROSO, A. F. F.; PORTO, Maria M. **Iluminação e cor nos ambientes hospitalares**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: FAU / PROARQ. 1999.

BENEVOLO, Leonardo. **A arquitetura no novo milênio**. [Tradução de Leticia Martins de Andrade] São Paulo: Estação Liberdade, 2007.

BLANC, A.; Mc, EVOY, M.; PLAK, R. **Architecture and construction in steel**. London / The steel construction institute: Chapman and Hall, 1993.

BLASER, W. **Norman Foster: sketches**. Basel: Birkhäuser Verlag. 1992.

BORGES, Jorge L. **História universal da infância**. [Tradução de Flávio José Cardoso] Porto Alegre: Globo. 1978.

BOTTON, Alain de. **A arquitetura da felicidade**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

BRANDÃO, C. A. L.. **O Maneirismo: saber/sabor da loucura**. 1988. (Anotações de conferência).

BRANDÃO, C. A. L. **A formação do homem moderno vista através da arquitetura**. 1. ed. Belo Horizonte: AP Cultural, 1991.

BRANDÃO, C. A. L.. Introdução ao Maneirismo e Barroco. 2. ed. **Interpretar Arquitetura**, Belo Horizonte, v. 3, n.5, p. 92-97, 2003.

BRANDI, Cesare. **Teoria de la restauración**. Madri: Alianza Forma, 1988.

BRANDSTON, Howard M.. **Aprender a ver: a essência do desing da iluminação**. [Tradução de Paulo Scarazzato] São Paulo: De maio Comunicação e Editora, 2010.

CAMINADA, J. F. e PARKER, D.. Museums and art galleries. **International lighting review (ILR)**. Amsterdam: Stichting Prometheus, 1994, n. 2.

CARAVAGIO <<http://www.duniverso.com.br/michelangelo-merisi-o-grande-caravaggio/>> Acesso em 22-07-2010.

CASTANHEIRA, Eduardo C. **A luz no barroco**. Monografia (Especialização em Arte, cultura e filosofia Barroca. Instituto de Artes e Cultura, IAC. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1992.

_____. **Modelos de torres em perfis tubulares para rádio, tv e telefonia utilizando a Teoria da Semelhança.** Dissertação (Mestrado em Construções Metálicas) Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

CASTANHEIRA, Eduardo C. & GONÇALVES. **Avaliação pós-ocupação e o esforço de aproximar o projetista ao executor numa edificação estruturada em aço: caso da Escola de Artes Guignard.** Artigo enviado para o IV Congresso Internacional da Construção Metálica- IV CICOM.

CSTANHEIRA, Eduardo C. Foto digital 1998, 2000, 2005, 2011.

CHAIN, C. ; DUMORTIER, D. ; FONTOYNONT, M. A comprehensive model of luminance, correlated colour temperature and spectral distribution of skylight: comparison with experimental data. In: **Solar Energy**, V. 65, Issue 5, 01 Apr. 1999.

CHING, F. **Arquitectura: forma, espacio y orden.** Disponível em: http://media.wix.com/ugd/bbd2cb_9c0c44f80eab39068623dff29012586a.pdf. Acesso em: 15 de maio de 2010

CIDADE DAS ARTES E CIENCIA- Folder do local, 2011

CIVILIZAÇÃO EGÍPCIA - Arquitetura egípcia

Disponível em: < <http://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/abu-simbel/>> Acesso em 19 set. 2012.

CLERESTÓRIO. Disponível em: <<http://www.tiosam.org/enciclopedia/index.asp?q=Imagem:Malmesbury.abbey.clerestory.arp.jpg>> Acesso em: 22 nov. 2011.

COPAN. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Edif%C3%ADcio_Copan> Acesso em: 22 set. 2011.

CONRAN, Terence. **Small spaces Clarkson.** New York: Potter/Publishers, 2001.

CORBUSIER, Le. **Por uma arquitetura.** 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

COSTA, Regina M. X. **O uso de perfis tubulares metálicos em estruturas de edifícios e sua interface com o sistema de fechamento vertical externo.** Dissertação (Mestrado em Construções Metálicas), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

COWELL, Simon. **Rolex Learning Center.** SANAA: Suíça, 2010.

CUNHA, Eduardo G.. A tecnologia no processo de concepção arquitetônica contemporânea: análise de três obras de Norman Foster. **Arquiteturarevista.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, v.4, n.1, jan./jun. 2008.

DEBRECZENI, G.; KARDOS, F.; SINKA, J. Redes de iluminação – características das artes. Budapest: Müszaki Könykiadó, 1985.

DEMERS, Claude M.H.; HAWKES, D.U. **Light as a generator of space: a method to integrate light in the early stages of design**. Cambridge: University of Cambridge / Department of Architecture, 1998.

DIAS, Luis A. de M. **Estruturas de aço, conceitos técnicos e linguagem**. São Paulo: Zigurate Ed, 2000.

DORSEY, Robert T. Metodologia de projeto luminotécnico In: Comissão internacional de iluminação (CIE), XVII, 1971, Barcelona. **Revista Internacional de Luminotecnia**. Holanda: Publicada por Stichting Prometheus, 1971.

DUCHAMP < http://en.wikipedia.org/wiki/Marcel_Duchamp> Acesso em 24 mai. 2011.

EELHOOT, Mick. **Tubular structures in architecture**. Netherlands: Delft University of Technology, CIDECT (ED), 1996.

ESCRITÓRIO INTERNACIONAL DOS MUSEUS. SOCIEDADE DAS NAÇÕES. **Carta de Atenas**. Atenas, 1931.

ESTAÇÕES FERROVIARIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: Ralph Mennucci Giesbrecht. Disponível em:<<http://WWW.estacoesferroviarias.com.br>>. Acesso em: 29 fev. 2004.

FONSECA, Rômulo Soares. **Iluminação elétrica**. São Paulo: McGraw Hill, 1977.

FOSTER, Norman. Interior da cúpula de vidro do Reichstag, projetado por Sir Norman Foster. Disponível em:
< <http://www.britannica.com/EBchecked/media/100986/Interior-of-the-Reichstags-glass-dome-designed-by-Sir-Norman>> Acesso em: 07 jan. 2009.

FRANZETTI, C.; FRAISSE, G.; ACHARD, G. Influence of the coupling between daylight and artificial lighting on thermal loads in office buildings. **Energy and buildings**. V. 36, n. 2, fev. 2004, p. 117-126.

FOUCAULT, M. **História da Loucura**. [Trad. de José Teixeira Coelho Neto]. São Paulo: Perspectiva, 1978.

FUTAGAWA, Yuko; PORTOGHESI, Paolo; MIYAKE, Richi. **Light & Space: modern architecture**. Tokyo: A.D.A. Edita, 1994.

FUMIHIKO, Maki. Disponível em:
< http://en.wikipedia.org/wiki/Fumihiko_Maki > Acesso em: 09 Fev. 2011.

GALVÃO- Regina Galvão, Foto digital. Rio de Janeiro 2012.

GONÇALVES, Joana C.; VIANNA, Nelson S.; MOURA, Norberto C. da S. **Iluminação Natural e artificial: eficiência energética em instalações**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS / PROCEL / UFAL, 2011.

GORGULHO, Cristiane F.; PORTO, Maria M. **O conforto lumínico no ambiente de trabalho com VDT (Vídeo Display Terminal): o espaço dos escritórios.** In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, **1999**. Fortaleza. ANAIS do V ENCAC. Fortaleza, CE: ANTAC, 1999.

GORMAN, Jean. **Detailing light: as forgiver for architecture.** New York: Whitney Library of design, 1985.

GUERRA, Gregório de M. **Obra poética.** Ed. James Amado e notas de Emanuel de Araújo. Rio de Janeiro: Record, 1990. 2 vol.

GUINLE. Parque. Disponível em < <http://flickeflu.com/set/72157615898276311>>, aceso em 20 de setembro de 2010.

GUTIERREZ, Grace C. R.; LABAKI, Lucila C. Considerações sobre o brise-soleil na arquitetura moderna brasileira. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió. **ANAIS do VIII ENCAC e IV ELALAC.** Maceió, Alagoas. 2005.

GHIRARDO, Diane. **Architecture after modernism.** New York: Thames & Hudson, 1996.

HALL, Stuart. **A identidade cultural na pós- modernidade.** Rio de Janeiro: DP & A, 1996.

HARA, Américo H. **Adaptação às condições de iluminação natural: uma investigação da atitude do usuário sobre a iluminação artificial em sala de aula.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo / Área de Concentração em Comportamento Ambiental e Eficiência Energética das Edificações), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HART, F.; HENNN, W.; SONTAG, H. **El atlas de la construcción metálica.** Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, 1976.

HAVANA. Disponível em < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Havana>> Acesso em 01-04-2011.

HEIDEGGER, M. **A origem da obra de arte.** [Tradução, apresentação e notas de Maria José R. Campos]. UFMG/FAFICH. 1985, cap. I, p. 3.

HERTZBERGER, Hermann. **Lições de arquitetura.** São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HILBERSEIMER, Ludwig. Metropolisarchitecture e Ensaio Selecionados. In: **Rassegna.** Edição especial, n. 27, ago. 1986.

HOLL - Disponível < <http://www.stevenholl.com/project-detail.php?type=&id=18/>> Acesso em 30 nov. de 2011

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

HUYGHE, René. **Diálogo com o visível.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1955.

IANELLI, Arcanjo. **Lighting handbook: reference & application**. New York: Illuminating Engineering Society of North America (IES), 1995.

IGREJA DE SÃO FRANCISCO. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Igreja_S%C3%A3o_Francisco_de_Assis_%28Belo_Horizonte%29> Acesso em 22 set. 2011.

INSTITUTO DO MUNDO ÁRABE. Disponível em: < http://www.vigoenfotos.com/paris/paris_instituto_arabe_monde_1.pt.html> Acesso em 03 abr. 2010.

ISOZAKI, Arata. **Spaces of darkness**. Tokyo: Tokyo CO. Ltd. GA Architet, n 6, Volume 1959-1978, Edited and Photographed by Yukio Futagawa, 1991.

JORNAL DESARTES, Belo Horizonte, ano 4, nº 22 jun./jul 2012.

JENCKS, Charles. **Nuevos caminos de la arquitectura – Arquitectura 2000: predicciones y metodos**. Barcelona, Editorial Blume, 1978.

GRAZIANO JR, S. F. C. G; PEREIRA, F. O. R. Simulação e modelagem fotorealística de ambientes lumínicos. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, **1999, Fortaleza. ANAIS do V ENCAC. Fortaleza, CE: ANTAC, 1999.**

JOHNSON, Philip. **A visit to the Philip Johnson glass house**. Disponível em: <<http://vladimirkagan.typepad.com/vladimir-kagans-blog/2010/05/a-visit-to-the-philip-johnson-glass-house.html>> Acesso em: 09 fev. 2011.

KAZUO, Shiohara. **Casa sob Linhas de alta Tensão**. Disponível em <<http://blog.livedoor.jp/moromi1-impgass/archives/2315349.html>> Acesso em 25 de novembro de 2011.

NOUVEL Disponível em <http://theurbanearth.wordpress.com/2008/04/22/sala-de-leitura-premio-pritzker-2008-jean-nouvel/> Acesso em 30 nov. de 2011

KENZO Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Kenzo_Tange> Acesso em: 23 out. 2012.

KIOTO, Maki. Disponível em: <<http://www.arqbacana.com.br/arq!mais/PRITZKER+1993++FUMIHIKO+MAKI>> Acesso em: 07 mai. 2010.

KIKUTAKE. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kiyonori_Kikutake> Acesso em: 23 out. 2012.

KUROKAWA. Kisho. **New wave Japanese Architecture**. England: Academy Editions, Ernst & Sohn, 1993. Disponível em: < <http://www.kisho.co.jp/>> Acesso em: 23 de out. 2012.

LAM, William M.C. **Sunlighting as Formgivers for Architecture**. New York: Van Nostrand, 1986.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange; Carlo, Joyce; WESTPHAL, Fernando; PONTES, Rebeca. Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, MG. In: **ANAIS do IX ENCAC e V ELALAC**. Ouro Preto, MG, 2007.

LABAKI, Lucila C.; CARAM, Rosana M.; SICHIERI, Eduvaldo P. Uso de policarbonatos em fachadas: isolamento e efeito estufa. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza, CE. **ANAIS do V ENCAC**. Fortaleza, CE: ANTAC, 1999.

LEED Iluminação e critério essencial para certificação. Disponível em <<http://www.portal2014.org.br/noticias/7544/ILUMINACAO+E+CRITERIO+ESSENCIAL+PARA+A+CERTIFICACAO+LEED.html>> Acesso em 2012.

LEDER, Solange M.; PEREIRA, F. O. R. Elementos de controle da luz solar direta: análise do desempenho em aberturas zenitais. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza. **Anais do V ENCAC**. Fortaleza, CE: ANTAC, 1999.

LEMAIGRE-VOREAUX, Pierre. The harmony between light and painting. In: **International Lighting Review (ILR)**. Amsterdam: Stichting Prometheus, 1994, n. 2.

LEPTICH, Ronald. **Iluminação é critério essencial para a certificação Leed**.

Disponível em:

<<http://search.whitesmoke.com/?isid=9949&q=%3Chttp://www.portal2014.org.br/noticias/7544/ILUMINACAO+E+CRITERIO+ESSENCIAL+PARA+A+CERTIFICACAO+LEED.html&s=web>>
Acesso em: 17 nov. 2012.

LIBESKIND, Daniel. **The Jewish Museum Berlin**. Munich: Prestel Verlag, 1999.

Disponível em: <<http://www.daniel-libeskind.com/projects/show-all/jewish-museum-berlin>>
Acesso em: 01 abr.2010.

LIGHTSHELF.

Disponível

em:

<<http://oregonsustainabilitycenter.wordpress.com/category/research/lightshelf>> Acesso em 22 mar. 2012.

LIMA. Disponível em < <http://www.sarah.br/>> Acesso em 22 nov. 2011.

LYALL, Shtherland. **Masters of structure: engineering today's inovatiove buildings**. Londres: Laurence King Publishing, 2002.

LONDRES. Estação de King's Cross. Disponível em:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Esta%C3%A7%C3%A3o_de_King%27s_Cross. Acesso em 13 mai. 2013.

LOUVRE, Museu do. Disponível em <pt.wikipedia.org/wiki/Pirâmide_do_Louvre> Acesso em: 25 mai. 2010.

MACHADO, David P. Edifício em Nova York. New York, 2003.

MACIEL, Carlos A. **Técnica Moderna: entre pó, monumento e a construção cotidiana.** Belo Horizonte/Brasília: Ensaio e pesquisa, MDC Mínimo Denominador Comum 003. 2006.

MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio da Razão Compositiva.** Belo Horizonte, Ap Cultural, 1995.

MAKI < http://en.wikipedia.org/wiki/Fumihiko_Maki > Acesso em 22 set. 2011.

MEMORIAL JK < www.memorialjk.com.br> Acesso em 04 jun. 2010.

MASCARÓ, Lúcia R. de. **Luz, clima e arquitetura.** São Paulo: Nobel, 1989.

_____. **Iluminação natural dos edifícios.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul / PROPARG, 1980.

MATOS, Michele; MARINOSKI, Deivis L.; ORDENES, Martin; PEREIRA, Fernando O.R. **Análise de diferentes métodos de avaliação do aproveitamento da luz natural. Florianópolis:** Universidade Federal de Santa Catarina / LEEE, 2007.

MELLO, Suzy de. **Barroco mineiro.** São Paulo: Brasiliense, 1985. (Col. *Primeiros Vôos*).

MELO, Hygina B. de. **A cultura do Simulacro: filosofia e modernidade em J. Baldrillard.** Belo Horizonte: Edições Loyola, 1988.

MEYER, Richard. **Museum of Contemporary Art.** New York: The Monacelli Press, 1997.

MOLES, Abraham. As funções da Luz na cidade. In: **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.** Nº 20, 1984. *Psychologie de l'espace*, (En collaboration avec Élisabeth Rohmer). Paris: Casterman, 1972.

MONTANER, Josep M. **As formas do século XX.** Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

MOORE, F. **Concepts and practices of architectural lightin.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.

MUNARI, Bruno. **Das coisas nascem coisas.** São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NAKUMURA, Juliana. Transparência com controle. In: **Revista Arquitetura e Urbanismo**. Ano 27, n. 223, out. 2012.

NIEMEYER, Oscar. **Conversa de amigos: correspondência entre Oscar Niemeyer e José Carlos Sussekind**. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2002.

NOTRE Dame. Disponível em <Wikipedia, the free encyclopedia. Acesso em 28 dez. 2011.

NOUVEL, Jean. **Jean Nouvel**. [Tradução de Marcos Maffei] In: **Grandes Arquitetos**. São Paulo: Coleção Folha, 2011.

OCHOA, Carlos E.; CAPELUTO, Isaac G. **Consideration of daylight's colour: climate and energy laboratory in architecture**. Technion City, Israel: Faculty of Architecture and Town Planning, Technion-Israel Institute of Technology, 2007.

ORTEGA Y GASSET, José. **El Tema de nuestro tiempo**. Mexico : Alianza Editorial, 1923.

PALACIO DE CRISTAL. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A1cio_de_Cristal> Acesso em: 07 abr. 2012.

PALEO Cristão. Disponível em: <<http://olivrodaareia.blogspot.com.br/2011/03/bolonha-4-os-mosaicos-de-ravenna.html>> Acesso em: 13 nov. 2012.

PAHL, J. **Architekturtheorie des 20. Jahrhunderts:Zeiträume**. Munique: Prestel, 1999.

PANTEÃO ROMA < http://en.wikipedia.org/wiki/Pantheon,_Rome > Acesso 22 set. 2011.

PEDROSA, Israel. **Da cor a cor inexistente**. 8 ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano, 1987.

PESSOA, Fernando. **Obra Poética**. Rio de Janeiro: Editora Nova Aguiar, 1987.

PEREIRA, Fernando O. R.; FONSECA, Raphaela W. **A influência das reflexões internas como contribuição da iluminação natural em edificações**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto MG. **ANAIS do IX ENCAC e V ELALAC**. Ouro Preto MG, 2007.

PEREIRA, Fernando O. R.; LOPES, Aline C. S.; FONSECA, Raphaela W. da; ATANASIO, Veridiana. **Desenvolvimento de um aparato experimental utilizando um modelo analítico de referência para ensino de iluminação em arquitetura.** Universidade Federal de Santa Catarina / LabCon. XI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. In: **ANAIS DO XI ENCAC E VII ELACAC.** Búzios, RJ, 2011.

PEREIRA, Roberto C. A Qualidade da Iluminação no Ambiente Construído: estudo da iluminação espacial e do brilho das superfícies. UFSC: PPG em Engenharia Civil, 2001. XI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. In: **ANAIS DO XI ENCAC E VII ELACAC.** Búzios, RJ, 2011.

PHILIPS DO BRASIL Catalogo, 2011

PHILIPS LIGHTING DIVISION. **Manual de Iluminação** (edição em português). Eindhoven: Philips Lighting, 1975.

_____. **Manual de Iluminação** (edição em português). Eindhoven: Philips Lighting, 1993.

POGERE, Angela; PEREIRA, Fernando O. R. **Luz natural no átrio analisada através da simulação computacional.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

POMPIDOU. Disponível em: <http://www.france.fr/pt/museus/centro-georges-pompidou> Acesso em 22 set. 2011.

PROJETO CENTRO DE PROMOÇÃO DA SAÚDE (CHURCHIL), **CRITÉRIOS DE PROJETO LM – Luminotécnico, UNIMED BH,** Belo Horizonte, 2012.

PBH- PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE- Lei 9.725 de 15 de julho de 2009

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA _ PROCEL. **Uso Racional de energia elétrica em edificações.** São Paulo, 1992.

REBELLO, Yopanan C. P. **A concepção estrutural e a arquitetura.** São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

REASCIMENTO <[pt wikipedia.org/wiki/Renascimento](http://pt.wikipedia.org/wiki/Renascimento)> Acesso em 22 set. 2011.

REVISTA LUME ARQUITETURA, São Paulo: Maio Comunicação e Editora Ltda, ano X, n. 60, fev./mar. 2008.

- REVISTA LUMIÈRE, São Paulo: Editora Lumière Ltda, n. 180, abr.2012.
- REVISTA LUMIÈRE, São Paulo: Editora Lumière Ltda, n. 48, mai. 2001.
- REVISTA VEJA, São Paulo: Editora Abril, mai.2003.
- ROBBINS, Claude L. **Daylighting: design & analysis**. New York: Van Nostrand. Reinhold Company, 1986.
- ROHE Mies Van Der. Disponível em:
< www.constructalia.com/br_BR/.../actualidad_detalle.jsp> Acesso em 04 abr. 2011.
- ROIZENBLATT, Isaac; SZABO, L. P. A temperatura de cor como fator de projeto. In: **NUTAU 2004**. São Paulo, 2004.
- RONCHAMP. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ronchamp> Acesso em 28 dez. 2011.
- SÁ, Claudia. Iluminação de monumentos: uma ferramenta capaz de reinventar as cidades. In: **LUMME Arquitetura**. São Paulo: De Maio Comunicação e Editora Ltda, Ano VIII, n 43, mai. 2010.
- SAN CARLINDO < <http://pt.san-carlindo.com>> Acesso em 22 set. 2011.
- SANTA SOFIA < http://pt.wikipedia.org/wiki/Santa_Sofia> Acesso em 22 set. 2011.
- SCHREDÈR – Catalogo de produtos , 2012
- SCHEERBART, Paul K. W. **Arquitetura de cristal (Glasarchitektur 1914)**. Berlim: Mann Publisher Berlin, 2000.
- SEJIMA < http://en.wikipedia.org/wiki/Kazutyo_Sejima> Acesso em 22 set. 2011.
- SENDER, Ramon J. **Réquier por un campesino español**. Madrid: Destino, 1960.
- SHEPPARD, Charles. **Railway stations: masterpiece of architecture**. New York: Smithmark Publishers, 1996.
- SHIGERU-BAN Disponível em: < / <http://colorcubic.com/2010/07/19/the-paper-structures-of-shigeru-ban> > Acesso em: 2012.
- SILVA, Daiçon M. da; SOUTO, André K. **Estruturas, uma abordagem arquitetônica**. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzato, 2000.
- SILVA, Geraldo G. da. **Arquitetura de ferro no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1986.
- SOLEIL. Disponível em < http://www.edifique.arq.br/nova_pagina_24.htm> Acesso em 22 abr. 2011.

SOUZA, M B de; LEITE, M T; LINO, L.; PEREIRA, F. O. R. **Metodologia de avaliação de sistemas de iluminação natural e artificial integrados**. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999. *Fortaleza*. ANAIS do V ENCAC. Fortaleza, CE: ANTAC, 1999.

SOUZA, Roberta G. de. **Desenvolvimento de modelos matemáticos empíricos para descrição dos fenômenos de iluminação natural externa e interna**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade federal de Santa Catarina / PPGEC, 2004.

STAROBINSKI, Jean. **Véu de Pompéia**. Cambridge: Harvard University Press, 1989.

SUBIRATS, Eduardo. **A flor e o cristal. Ensaios sobre arte e arquitetura moderna**. São Paulo: Nobel 1988.

TATE MODERN. Disponível em <http://www.tate.org.uk/visit/tate-modern> Acesso em: 07 abr. 2012.

TAVARES Filho, Arthur C.; LASSANCE, Guilherme. Transições entre os planos conceitual e material da concepção arquitetônica em Louis Kahn. In: **Arquiteturarevista**. V. 4, n 1: 33-48, jan. / jun. 2008.

TRAMONTINA, Casa de vidro. Disponível em: <<http://www.tramontinadesigncollection.com/blog/tag/casa-de-vidro>> Acesso em: 25nov. 2011.

TRAPANO, Patrícia Di; BASTOS, Leopoldo E. Gonçalves - **Reflexões sobre luz, espaço e forma na arquitetura contemporânea**. IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, MG In: **ANAIS do IX ENCAC e V ELALAC**. Ouro Preto, MG, 2007.

TEMPLO HORUS. Disponível em: <http://viagem.uol.com.br/album/templo_horus_egito_reuters_album.jhtm > Acesso em 07 abr. 2012.

TSCHUMI. Disponível em: < <http://www.tschumi.com/projects/17/>> Acesso em: 30 nov. 2011.

TZONIS, Alexander. **The poeties of movement Santiago Calatrava**. New York: Universe Publishing, 1999.

WATERLOO. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/London_Waterloo_station Acesso em: 30 nov. 2011.

VALKENBURGH, Michael Van. Disponível em: http://www.mvvainc.com/category.php?c=urban_design Acesso em 09 fev. 2011.

VAN GILS, A. F. M. La filosofia cuadrangular. In **Revista Internacional de Luminotecnia - ILR**. Amsterdam: Stichting Prometheus, 1989, n. 2.

VENTURI, Robert. **Complexity and contradiction in architecture**. New York: Museum of Modern Art and Graham Foundation, 1966.

VERSAILLES. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Palace_of_Versailles> Acesso em 22 set. 2011.

VIDRADO. Disponível em: <<http://www.vidrado.com/noticias-do-vidro/arquitetura-e-engenharia/arquitetura-contemporanea-italiana>> Acesso em: 09 mar. 2011.

VIANA, Nelson S.; GONÇALVES, Joana C. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: São Paulo, Virtus, 2001.

VIEIRA. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/alvaro-siza-vieira-museu-serralves-02-01-2002.html>>. Acesso 22 nov. 2011.

VITRUVIUS. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/08.086/1917>> Acesso em 22 jan. 2011.

ZEVI, Bruno. **Saber ver a Arquitetura**. Martins Fontes, São Paulo, 1978.

ANEXO - CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Para o cálculo luminotécnico foram considerados alguns ambientes “padrão” com simulação de diversas luminárias e lâmpadas, para em seguida definir qual luminária e lâmpada deveriam ser adotadas. O cálculo foi feito com luminárias da LUMICENTER E ITAIM.

SIMULAÇÃO 1

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:3,00 m

Comprimento do ambiente:6,50 m

Altura do ambiente:2,60 m

Altura de instalação das luminárias:2,60 m

Plano de trabalho considerado:.....0,80 m

Índice de reflexão: Teto:70,0%

 Parede:.....50,0%

 Chão:.....20,0%

Fator de perda:0,85

Fluxo utilizado no cálculo:4.200 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: CHT10-E416



Quantidade: 5 luminárias.

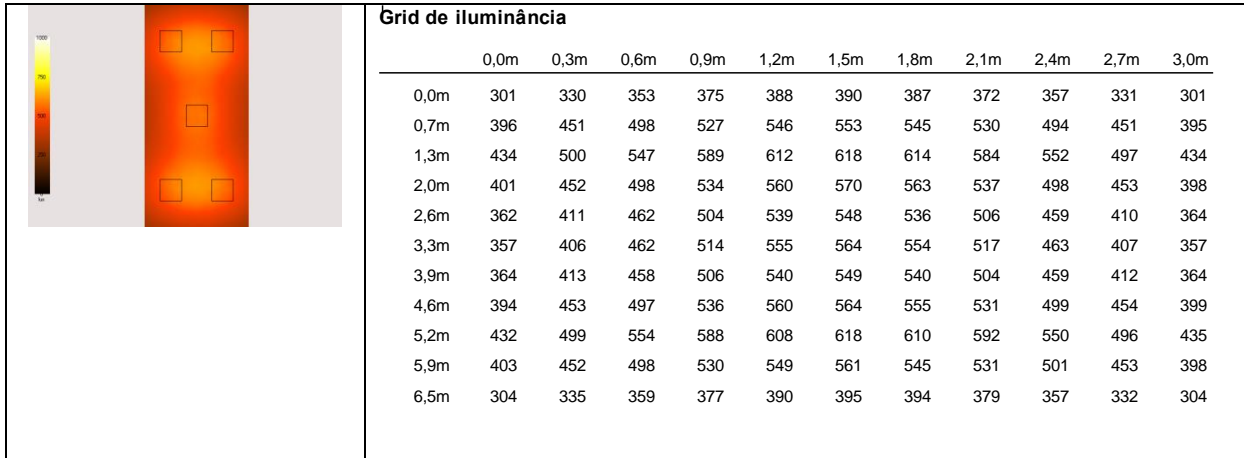
Iluminância média calculada: 493,96 lux.

Ambiente: Consultorio 1

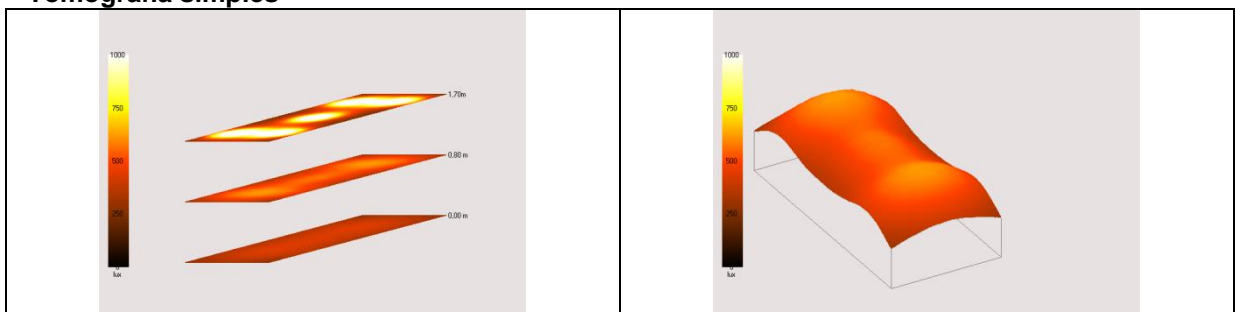
Modelo da luminária: CHT10-E416

Quantidade: 5 luminárias.

Iluminância média calculada: 493,96 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 2

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:3,00 m

Comprimento do ambiente:6,50 m

Altura do ambiente:2,60 m

Altura de instalação das luminárias:2,60 m

Plano de trabalho considerado:.....0,80 m

Índice de reflexão: Teto:70,0%

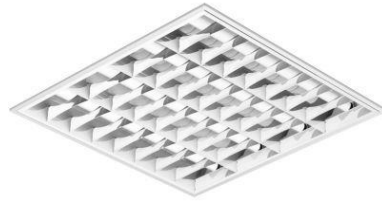
Parede:.....50,0%

Chão:.....20,0%

Fator de perda:0,85

Fluxo utilizado no cálculo:4.200 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: CAA20-E416



Quantidade: 5 luminárias.

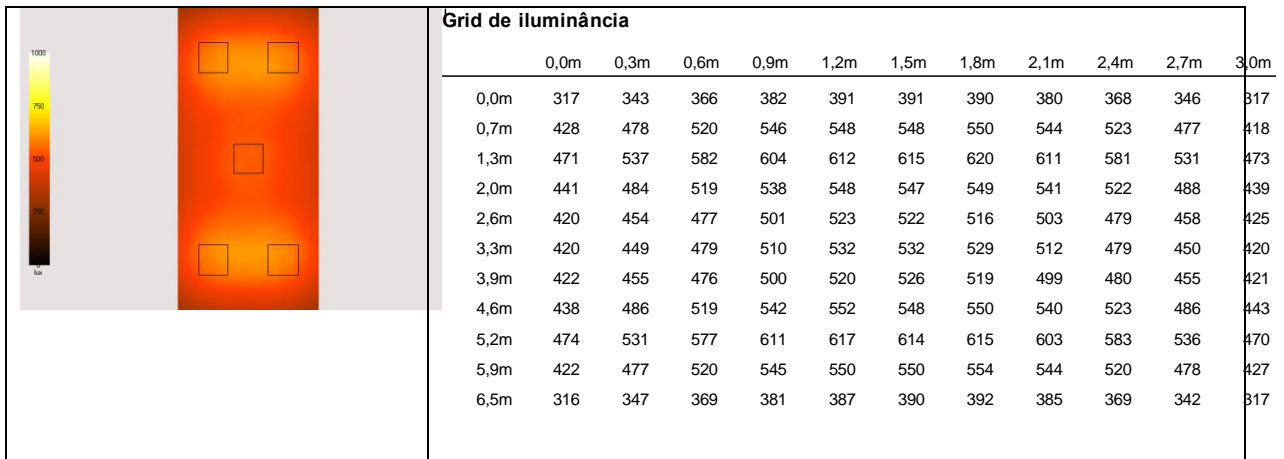
Iluminância média calculada: 507,77 lux.

Ambiente: Consultorio 1

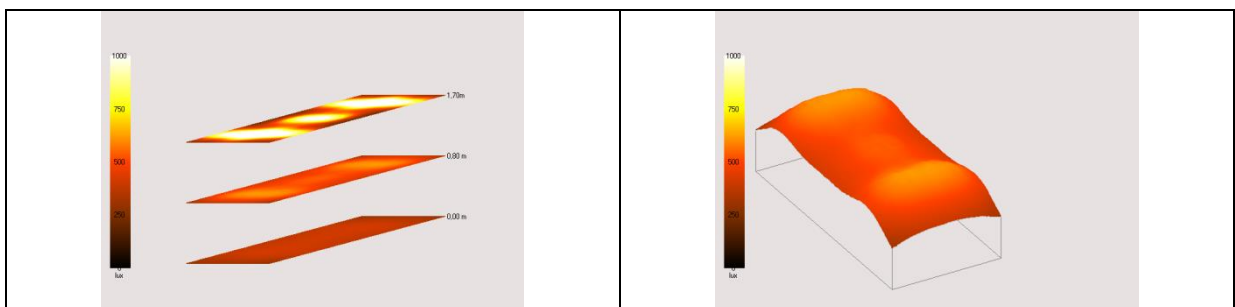
Modelo da luminária: CAA20-E416

Quantidade: 5 luminárias.

Iluminância média calculada: 507,77 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 3

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:3,00 m

Comprimento do ambiente:6,50 m

Altura do ambiente:2,60 m

Altura de instalação das luminárias:2,60 m

Plano de trabalho considerado:.....0,80 m

Índice de reflexão: Teto:70,0%

Parede:.....50,0%

Chão:.....20,0%

Fator de perda:0,85

Fluxo utilizado no cálculo:5.400 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: FAA02-E414



Quantidade: 5 luminárias.

Iluminância média calculada: 712,39 lux.

Ambiente: Consultorio 1

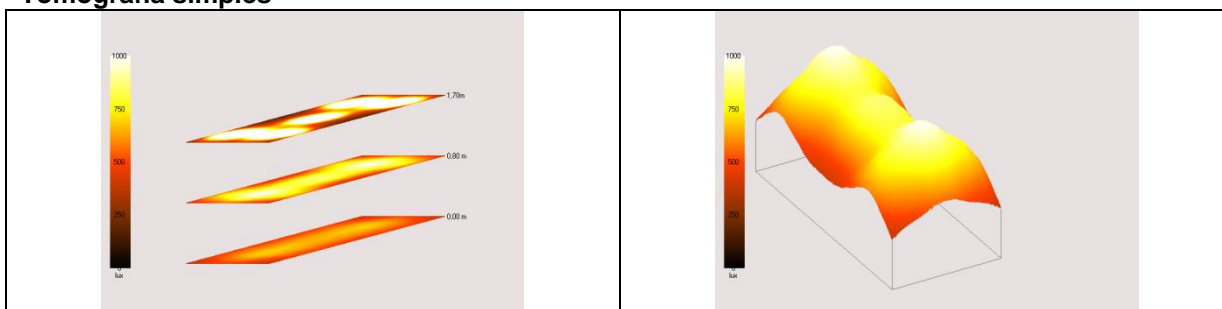
Modelo da luminária: FAA02-E414

Quantidade: 5 luminárias.

Iluminância média calculada: 712,39 lux.

	Grid de iluminância										
	0,0m	0,3m	0,6m	0,9m	1,2m	1,5m	1,8m	2,1m	2,4m	2,7m	3,0m
0,0m	384	440	468	511	550	561	546	501	478	438	379
0,7m	541	647	707	759	837	862	830	758	705	656	547
1,3m	598	718	799	865	953	977	954	862	801	723	595
2,0m	513	616	691	754	840	861	847	763	684	622	504
2,6m	428	526	646	747	819	829	805	748	643	527	438
3,3m	421	525	660	779	840	865	872	780	659	522	423
3,9m	433	526	637	742	804	827	810	745	643	520	429
4,6m	506	619	688	762	844	861	838	758	688	615	511
5,2m	597	719	803	856	960	975	946	870	794	727	596
5,9m	540	650	700	765	840	854	834	753	717	656	537
6,5m	382	438	478	509	547	559	551	509	475	435	380

Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 4

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:3,00 m

Comprimento do ambiente:6,50 m

Altura do ambiente:2,60 m

Altura de instalação das luminárias:2,60 m

Plano de trabalho considerado:0,80 m

Índice de reflexão: Teto:70,0%

Parede:50,0%

Chão:20,0%

Fator de perda:0,85

Fluxo utilizado no cálculo:4.700 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: CAA20-E232



Quantidade: 5 luminárias.

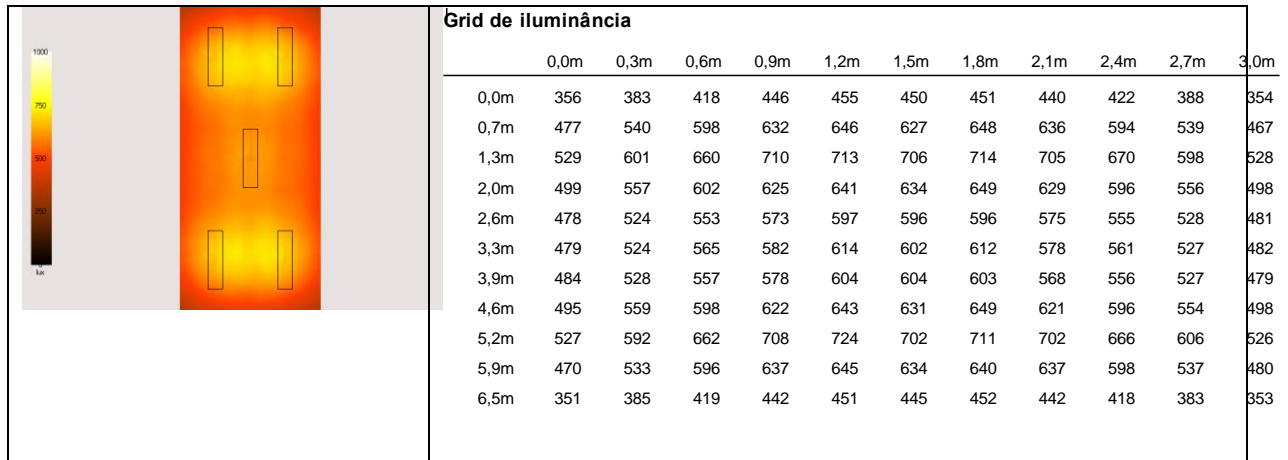
Iluminância média calculada: 583,55 lux.

Ambiente: Consultorio 1

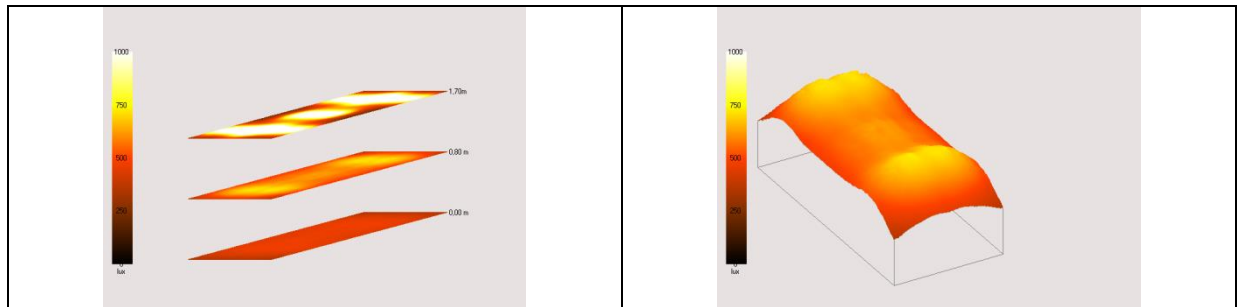
Modelo da luminária: CAA20-E232

Quantidade: 5 luminárias.

Iluminância média calculada: 583,55 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 5

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:4,60 m
 Comprimento do ambiente:8,74 m
 Altura do ambiente:2,60 m
 Altura de instalação das luminárias:2,60 m
 Plano de trabalho considerado:.....0,80 m
 Índice de reflexão: Teto:70,0%
 Parede:.....50,0%
 Chão:.....20,0%

Fator de perda:0,85
 Fluxo utilizado no cálculo:4.700 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: CAA20-E232



Quantidade: 6 luminárias.

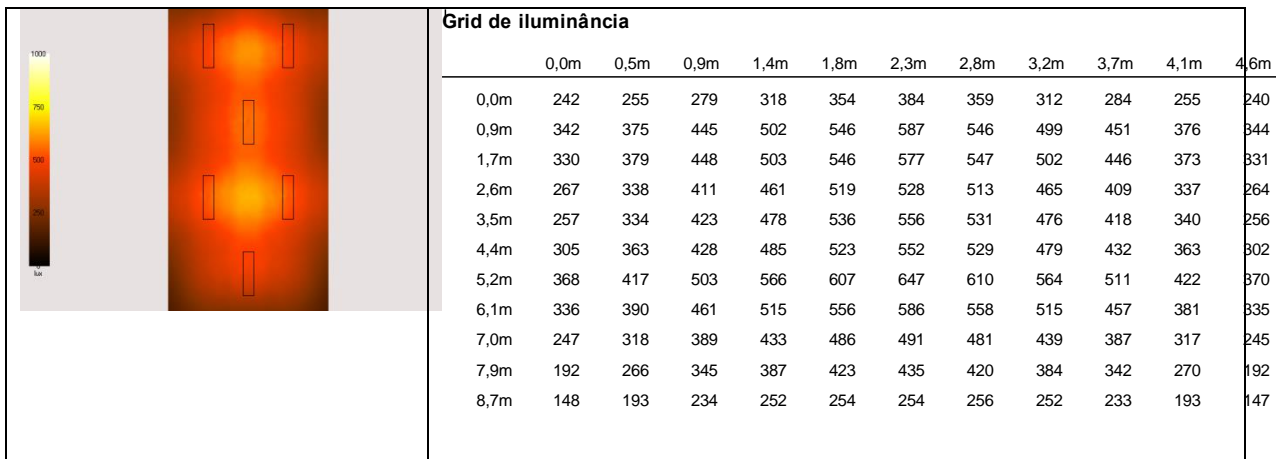
Iluminância média calculada: 428,46 lux.

Ambiente: Consultorio 1

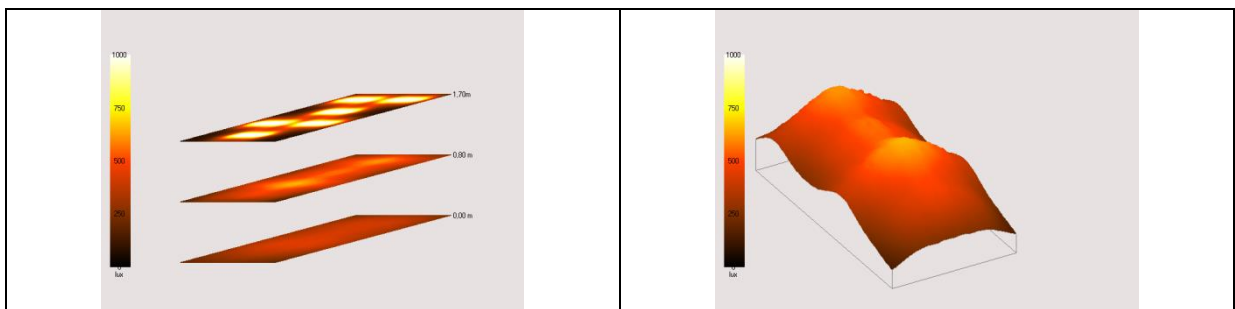
Modelo da luminária: CAA20-E232

Quantidade: 6 luminárias.

Iluminância média calculada: 428,46 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 6

Ambiente: Consultorio 1

Largura do ambiente:14,60 m

Comprimento do ambiente:10,41 m

Altura do ambiente:2,60 m

Altura de instalação das luminárias:2,60 m

Plano de trabalho considerado:.....0,80 m

Índice de reflexão: Teto:70,0%

Parede:.....50,0%

Chão:.....20,0%

Fator de perda:0,85

Fluxo utilizado no cálculo:4.200 lúmens/luminária.

Modelo da luminária: CHT10-E416



Quantidade: 28 luminárias.

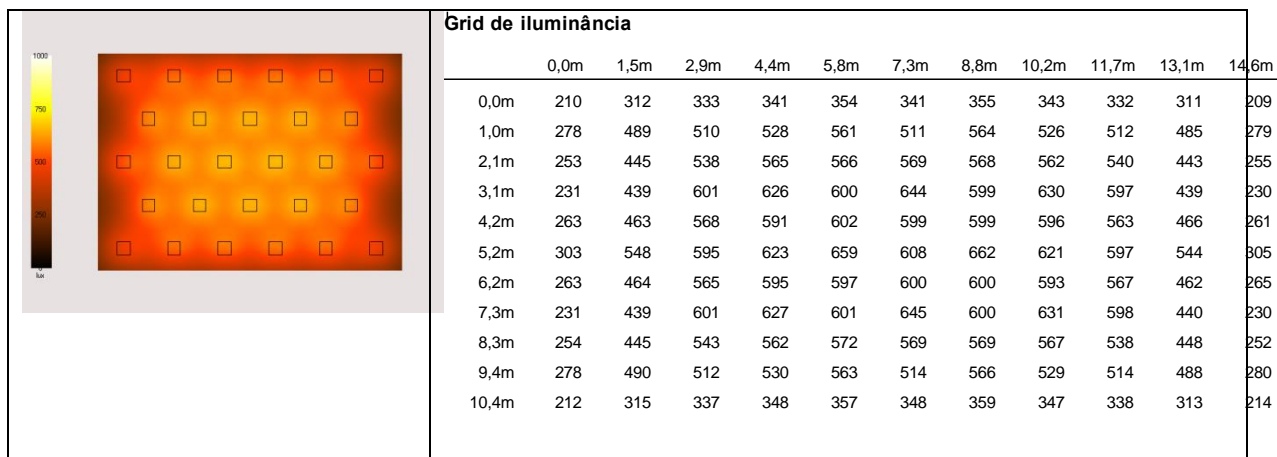
Iluminância média calculada: 510,51 lux.

Ambiente: Consultorio 1

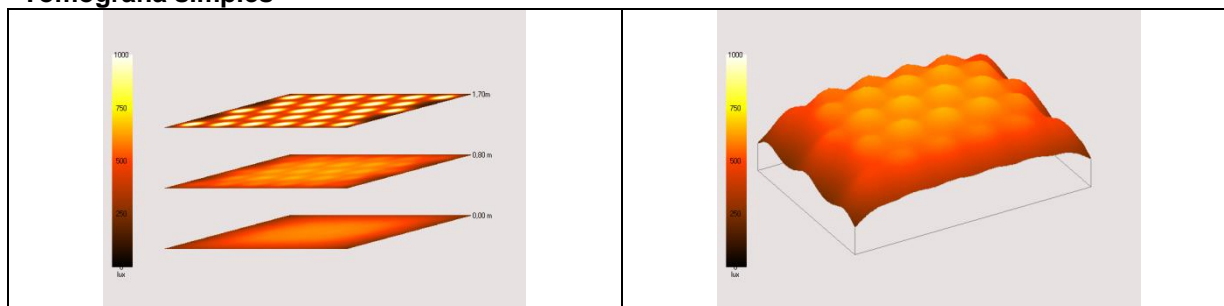
Modelo da luminária: CHT10-E416

Quantidade: 28 luminárias.

Iluminância média calculada: 510,51 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

SIMULAÇÃO 7

Ambiente: Consultório 1

Largura do ambiente: 14,60 m

Comprimento do ambiente: 10,41 m

Altura do ambiente: 2,60 m

Altura de instalação das luminárias: 2,60 m

Plano de trabalho considerado: 0,80 m

Índice de reflexão: Teto: 70,0%

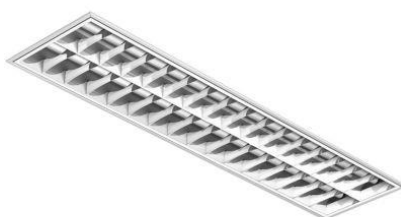
Parede: 50,0%

Chão: 20,0%

Fator de perda: 0,85

Fluxo utilizado no cálculo: 4.700 lúmens/luminária.

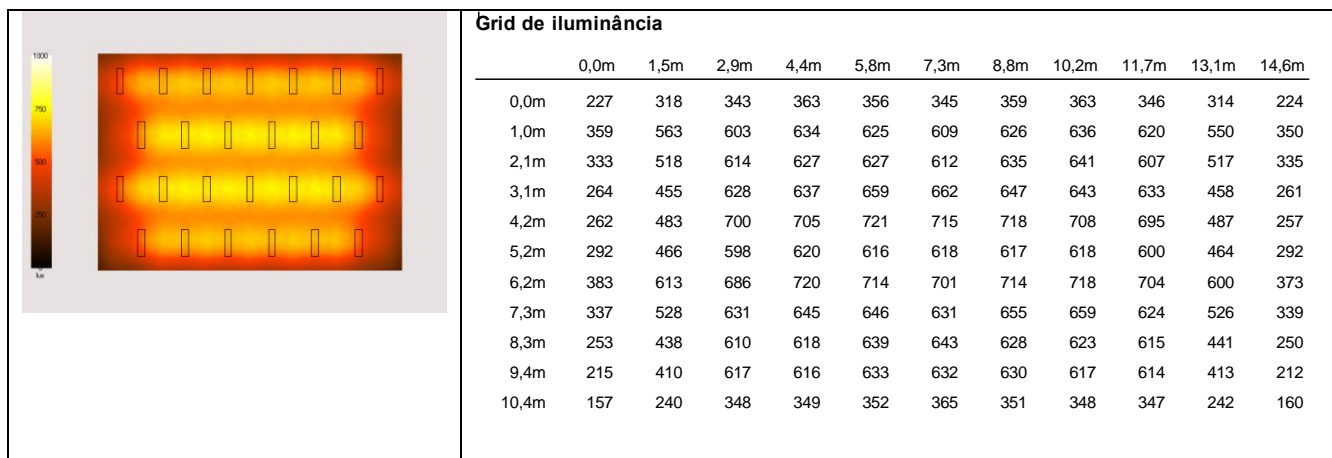
Modelo da luminária: CAA20-E232



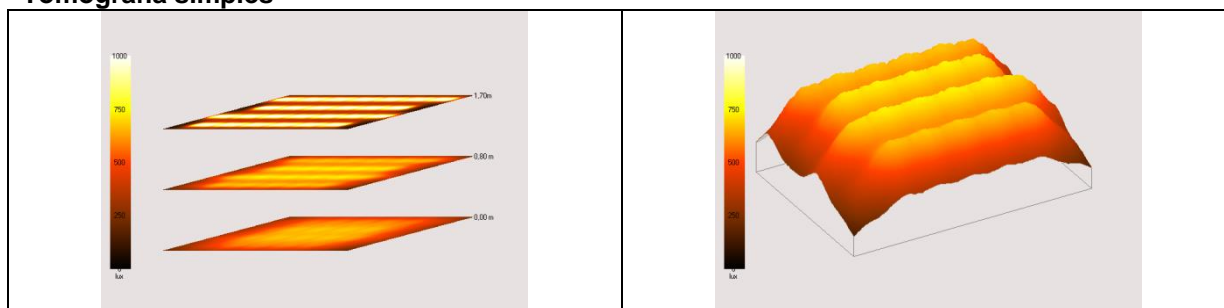
Quantidade: 26 luminárias.

Iluminância média calculada: 563,02 lux.

Ambiente: Consultorio 1
Modelo da luminária: CAA20-E232
Quantidade: 26 luminárias.
Iluminância média calculada: 563,02 lux.



Tomografia simples



Tomografia 3 níveis

Tomografia 3 dimensões

Considerações gerais sobre o cálculo

O estudo luminotécnico oferecido pelo Lumisoft® visa auxiliar na determinação do modelo, quantidade e dimensionamento de luminárias.

A iluminância média ideal, de acordo com a atividade desenvolvida no ambiente, é uma escolha do USUÁRIO, assim como as dimensões, os índices de reflexão do ambiente, o fluxo luminoso das lâmpadas, o fator do reator, o fator de perda e de manutenção, etc. Portanto, o USUÁRIO é o único e exclusivo responsável pela precisão dos dados fornecidos.

Os dados gerados neste estudo podem ser variáveis, em função de alguns fatores como:

- Quadros, placas de sinalização, plantas, objetos decorativos nas paredes, Dry-wall de meia altura, mesas, cadeiras, computadores, objetos diversos;
- Possível variação na tensão da rede da alimentação das luminárias;
- Janelas e portas com incidência de luz natural;
- Cor aparente do teto, piso e paredes bem como texturas aplicadas sobre elas;
- Condições térmicas do ambiente;
- Qualquer fator que possa obstruir a iluminação;

- Qualquer fator que possa obstruir a iluminação;
- Variação do desempenho dos equipamentos nas luminárias.

Aspectos que e que deverão ser ajustados na elaboração do projeto Pré Executivo.

Quanto ao controle de acendimento das luminárias, podem ser consideradas diversas alternativas.

1ª alternativa - Acendimento separado das luminárias próximas às janelas;

2ª alternativa – Colocação de sensor de luminancia no centro das salas, estipulando o nível de iluminação desejado e dimerizando todo o sistema de luz;

3ª alternativa - Nas luminárias acima dos leitos de pacientes , dimerização dos comandos;

4ª alternativa – A iluminação das circulações e espaços de espera, conjuntos de seções por blocos ou trechos de espaços,

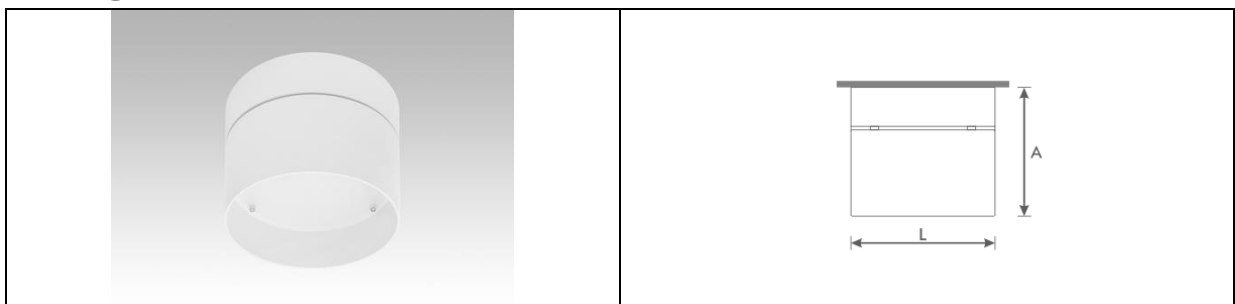
5ª alternativa – Nos espaços externos sensor de luz para acendimento automático ao escurecer;

6ª alternativa – Para as áreas de circulação e espera as luminárias próximas às janelas poderão acender separadas.

Quanto a valorização estética da obra arquitetônica, enfatizando o edifício e suas características a iluminação será feita pela própria iluminação interna das circulações que marcam o volume curvo na fachada, alguns pontos de luz nas palmeiras, na marcação das entradas e na parede com a logomarca.

Características das Luminárias especificadas nesta etapa de trabalho.

MENSA



Especificação: Luminária circular de sobrepor. Corpo em alumínio injetado com acabamento em pintura eletrostática na cor branca. Difusor em acrílico fosco.

Aplicação: Luminária de sobrepor para iluminação geral. Indicada para uso em residências, escritórios, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

código	LED	potência A	L	temp. de cor
L247.1DW.39B	1xLED	18W	133 150	Branco quente

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

CIANITA



Especificação: Luminária quadrada de embutir. Corpo e refletor em chapa de aço tratada com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Difusor plano em acrílico leitoso.

Aplicação: Ambientes onde evita-se o acúmulo de pó ou em que uma iluminação difusa seja mais conveniente como enfermarias, quartos e corredores de hospitais, refeitórios, etc.

código	lâmpadas	potência A	L	C	nicho
8125.2A1.190	2xTC-TSE	15/20W	110	254	220 x 220
8125.2C6.190	2P/4P2xTC-D(EL)	18/26W	110	254	220 x 220

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

PRATA- E LED



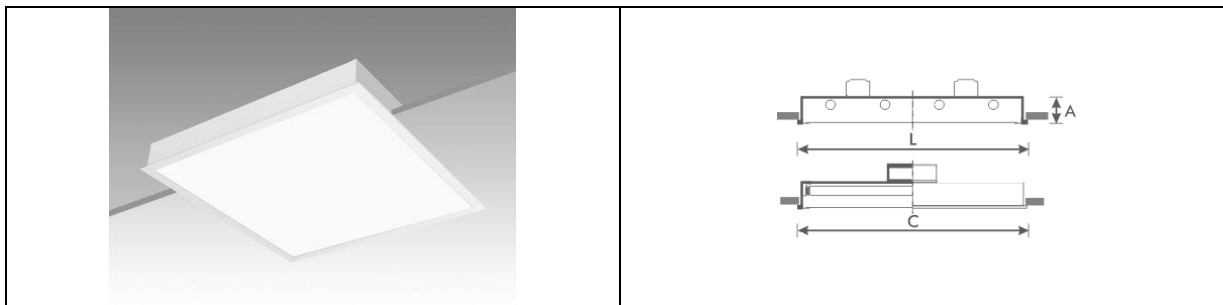
Especificação: Luminária circular de embutir. Aro em alumínio injetado com pintura eletrostática na cor branca. Refletor em alumínio repuxado, anodizado brilhante. Difusor recuado em acrílico translúcido.

Aplicação: Embutido para iluminação geral de áreas internas. Indicada para uso em residências, escritórios, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

código	LED	potência A	L	nicho	temp. de cor
L185.1DN.170	1xLED	15W	121	Ø200 Ø185	Branco Neutro
L185.1DW.170	1xLED	15W	121	Ø200 Ø185	Branco Quente

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

2105



Especificação: Luminária de embutir em forro de gesso. Corpo / refletor em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática na cor branca. Difusor em acrílico leitoso ou acrílico pontilhado. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Ambientes onde evita-se o acúmulo de pó ou em que uma iluminação difusa seja mais conveniente como enfermarias, quartos e corredores de hospitais, refeitórios, etc.

código	lâmpadas	potência A	L	C	modulação	nicho
2105.414.1X0	4xT16	14W 77	618	618	625 x 625	605 x 605
2105.416.1X0	4xT26	16/18W 77	618	618	625 x 625	605 x 605

CUAPARA



Especificação: Luminária retangular de embutir tipo balizador. Corpo em alumínio injetado com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Difusor em vidro plano temperado jateado.

Aplicação: Luminária de embutir na parede para áreas internas ou externas, para iluminação difusa de balizamento.

código	lâmpadas	potência A	L	C	nicho
8164.1A1.440	1xTC-TSE	15/20W 88	233	102	228 x 90 x 85
8164.1B8.440	1xTC-S	9W 88	233	102	228 x 90 x 85
8164.1C2.440	1xTC-D	18W 88	233	102	228 x 90 x 85
8164.1C3.440	1xTC-D	26W 88	233	102	228 x 90 x 85

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem

PIROPO



Especificação: Luminária retangular de embutir tipo balizador. Corpo e grade fontral em alumínio injetado com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Difusor em vidro plano temperado jateado.

Aplicação: Luminária de embutir na parede para áreas internas ou externas, para iluminação difusa de balizamento.

código	lâmpadas	potência A	L	C	nicho	
8041.1A1.440	1xTC-TSE	15/20W	88	233	102	85 x 90 x 228
8041.1B8.440	1xTC-S	9W	88	233	102	85 x 90 x 228
8041.1C2.440	2P 1xTC-D	18W	88	233	102	85 x 90 x 228
8041.1C3.440	2P 1xTC-D	26W	88	233	102	85 x 90 x 228

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

BARTIYRA



Especificação: Luminária retangular de embutir. Corpo em chapa de aço tratada com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho. Difusor em acrílico prismático transparente.

Aplicação: Embutido para áreas internas, proporciona iluminação geral difusa. Sugestão de uso em locais que necessitem de grande controle de ofuscamento. Escritórios, hospitais, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

código	lâmpadas	potência A	L	C	nicho	
6921.1A1.1H0	1xTC-TSE	15/20/23W	135	153	277	130 x 215
6921.1C6.1H0	2P/4P 1xTC-D(EL)	18/26W	135	153	277	130 x 215

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

ATÁ



Especificação: Luminária circular de embutir com foco orientável. Corpo e aro em alumínio repuxado com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca.

Aplicação: Embutido para iluminação de áreas internas, foco dirigido, para iluminação geral. Indicada para uso em residências, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

código	lâmpadas	potência A	L	nicho	
8006.1A1.100	1xQPAR20	50W	110	Ø106 Ø92	
8006.1E6.100	1xHI-PAR20	35W	110	Ø106 Ø92	
8057.1A1.100	1xQPAR30	75W	135	Ø145 Ø132	
8057.1E6.100	1xHI-PAR30	35/70W	135	Ø145 Ø132	

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação

TURI



Especificação: Luminária circular de sobrepor. Corpo em alumínio repuxado com pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado jateado. Difusor opcional em vidro temperado.

Aplicação: Luminária de sobrepor para iluminação geral. Indicada para uso em residências, escritórios, hotéis, estabelecimentos comerciais e locais similares.

código	lâmpadas	potência A	L	
8146.1A1.3X0	1xQPAR20	50W	195	Ø115
8147.1A1.3X0	1xQPAR30	75W	230	Ø165
8148.1A1.3X0	1xQPAR38	90/100W	230	Ø165

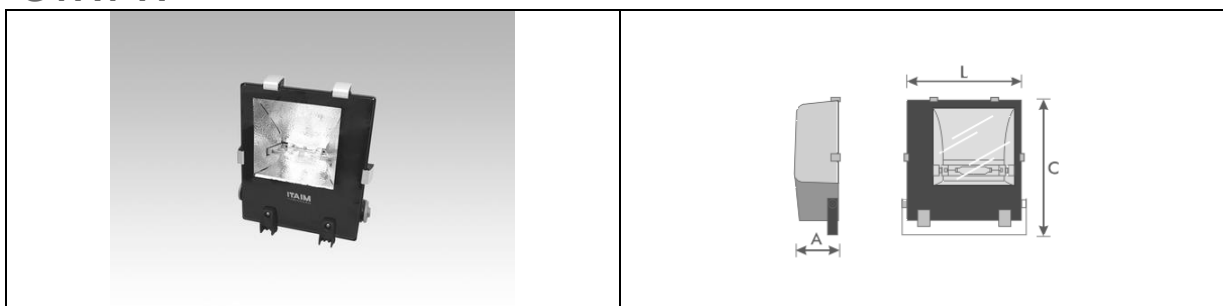
YBYPÊ



Especificação: Luminária circular de embutir no solo. Corpo em alumínio injetado com pintura eletrostática epóxi-pó na cor preta ou branca. Difusor em vidro plano transparente temperado. Grau de proteção IP-65.
Aplicação: Luminária de piso para iluminação de áreas externas ou internas, para valorização de paisagens e fachadas, iluminação de balizamento e destaque.

código	lâmpadas	potência A	L	nicho
8254.1D9.71X	1xQT14	25/40W	160	Ø95 Ø80
8255.1B2.71X	1xQPAR16	50W	160	Ø95 Ø80
8258.1A1.71X	1xQPAR38	90/100W	210	Ø220 Ø180
8259.1B5.71X	1xQR70	50W	167	Ø118 Ø105
8260.1A1.71X	1xQPAR20	50W	167	Ø118 Ø105
8260.1B3.71X	1xQR111	50/100W	210	Ø220 Ø180
8260.1E6.71X	1xHI- PAR20	35W	320	Ø220 Ø180
8261.1A5.71X	1xHIT-DE	70W	320	Ø220 Ø180
8262.1A8.71X	1xHIT-CRI	70/150W	320	Ø220 Ø180
8264.1A1.71X	1xQPAR30	75W	210	Ø220 Ø180
8264.1E6.71X	1xHI- PAR30	35/70W	320	Ø220 Ø180

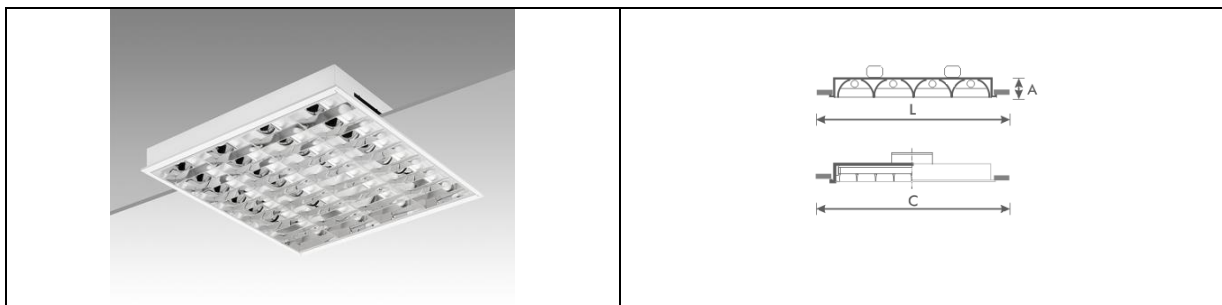
GYAY-A



Especificação: Projetor de sobrepor com foco orientável. Corpo em alumínio injetado, com aletas para dissipação de calor. Refletor assimétrico em alumínio anodizado de alto brilho. Difusor em vidro plano transparente temperado. Possui alojamento para equipamento auxiliar. Grau de proteção IP 65.
Aplicação: Projetor para aplicação externa, usado para valorização de fachadas, monumentos, comunicação visual, vias transitórias.







código	lâmpadas	potência A	L	C		
8153.1A5.310	 1xHIT-DE	70W	125	274	388	
8153.1A6.310	 1xHIT-DE	150W	125	274	388	

2003



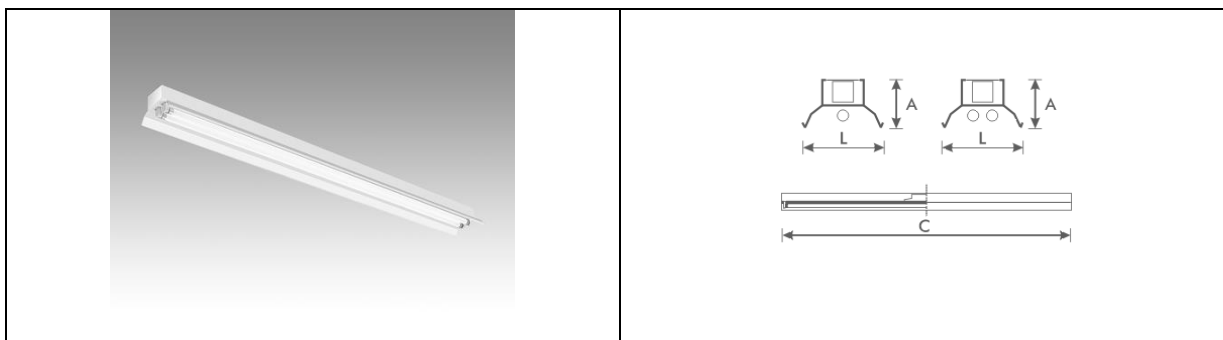
Especificação: Luminária de embutir em forro de gesso ou modulado com perfil "T" de aba 25mm. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alto brilho (reflexão total de 86%). Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Locais de trabalho com uso freqüente de computadores como sala de controle ou monitoramento, CPD, escritório, telemarketing, área de atendimento, etc.

código	lâmpadas	potência A	L	C	modulação	nicho		
2003.414.100	 4xT16	14W	70	618	618	625 x 625	605 x 605	
2003.416.000	 4xT26	16/18W	70	618	635		605 x 625	
2003.416.900	 4xT26	16/18W	70	618	618	625 x 625		

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

4012



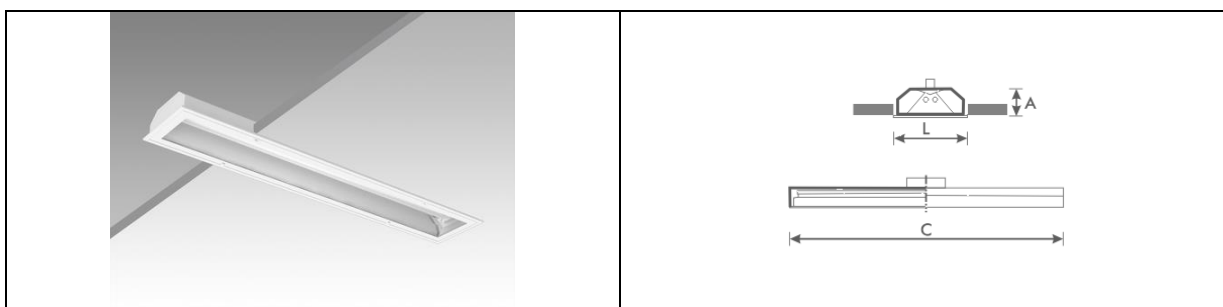
Especificação: Luminária pendente. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho (reflexão total de 86%). Alojamento do reator no próprio corpo e instalação em perfilado através de duas suspensões tipo gancho I-45 (não inclusos). Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Utilização em recintos amplos, com pé-direito alto, como indústria, supermercado, loja, galpões de depósito, etc.

código	lâmpadas	potência	A	L	C	
4012.114.300	1xT16	14W	70	120	600	
4012.128.300	1xT16	28/54W	70	120	1200	
4012.214.300	2xT16	14W	70	120	600	
4012.228.300	2xT16	28/54W	70	120	1200	

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

LPT 400



Especificação: Luminária vedada de embutir em forro de gesso ou modulado com perfil "T" de aba 25mm. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca e refletor em alumínio anodizado de alto brilho (reflexão total de 86%). Difusor em vidro temperado transparente com moldura em chapa de aço parafusada na cor branca. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Locais sujeitos a pó não inflamável e umidade, onde seja necessário a fácil manutenção de sua limpeza, como cozinha industrial, laboratório, sala de exame, centro cirúrgico, indústria alimentícia ou química, etc.

código	lâmpadas	potência	A	L	C	modulação	nicho	
7400.214.110	2xT16	14W	86	233	618	243 x 625	215 x 602	
7400.228.110	2xT16	28/54W	86	233	1243	243 x 1250	215 x 1227	

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.