ALTIMAR CYPRIANO

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA PERCEPÇÃO DA ARQUITETURA.

CONSIDERAÇÕES SOBRE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS NO PROCESSO DE PROJETO.

SÃO PAULO
2013

ALTIMAR CYPRIANO

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA PERCEPÇÃO DA ARQUITETURA.

CONSIDERAÇÕES SOBRE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS NO PROCESSO DE PROJETO.

Dissertação apresentada a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração Tecnologia da Arquitetura.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Scarazzato

SÃO PAULO
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL: altimarcypriano@yahoo.com

Cypriano, Altimar
C996i Iluminação artificial na percepção da arquitetura. Considerações sobre aspectos quantitativos e qualitativos no processo de projeto / Altimar Cypriano. – São Paulo, 2013.
203 p.: il.

Dissertação (Mestrado –Área de Concentração Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP.
Orientador: Paulo Sergio Scarazzato

1. Iluminaçãoartificial (Projeto; Processos). 2. Iluminação (Aspectos quantitativos; Aspectos qualitativos) 3. Percepção arquitetônica.
I. Título

CDU628.93

Dedico esta dissertação aos meus pais, que sempre procuraram incentivar seus filhos a encontrar caminhos que levassem ao conhecimento. Também dedico este trabalho às minhas amadas, Rosana, ouvinte paciente que sempre me incentivou e Carol, sempre presente nesta jornada.

Aos meus irmãos, Mary e Adriano sempre dispostos a me ouvir.

Aos meus sogros Rubens e Artemisia que sempre demonstraram seu enorme carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sérgio Scarazzato, que ao longo deste trabalho sempre procurou me atender com paciência e sabedoria e desde as primeiras conversas confiou em minha capacidade.

Aos professores das diversas disciplinas cursadas na FAU em especial aos professores membros da banca de qualificação, Dr. Artur Simões Rozestraten e DrªClice de Toledo Sanjar Mazzilli, que contribuíram com criticas pertinentes e valorosas observações.

Ao meu amigo Arq. João Nery Vieira, primeiro a ver em mim um potencial professor.

À Arq. Mônica Lobo, titular do escritório LD Studio, que prontamente se dispôs a fornecer o valioso material de seu primoroso projeto de iluminação para a Igreja de São Francisco de Assis em Belo Horizonte.

Aos diversos amigos antigos e novos que fiz neste caminho, arquitetos, pesquisadores e professores Rosane Haron, Sergio Pileggi, Fernando Vianna Peres, Luis Felipe Xavier, Silvia Bigoni, Corina Bianco, Cristiane Sato, Fábio Zeppelini, Roberta Suzuki, Vanderlei Rotelli, Dennis Flores, Ana Lacerda, Fernanda Maria Falcão e Franklin Ferreira.

Aos meus velhos amigos Ricardo e Adriana, Reinaldo e Karin, Rita e Marcos e Juliana e Renan, pelo incentivo e torcida.

Aos funcionários e responsáveis pelas igrejas analisadas que viabilizaram esta pesquisa.

RESUMO

Se considerarmos a hipótese de que a luz é parte indissociável da arquitetura, faz-se necessário buscar possíveis respostas às questões associadas à conciliação entre aspectos quantitativos e qualitativos no desenvolvimento de projetos de iluminação. Qual o caminho a seguir para que o projeto não se resuma a um simples “arranjo” de luminárias e equipamentos? Qual o papel da luz na composição estética do espaço arquitetônico? A iluminação produzida por fontes feitas por mãos humanas, por convenção chamada de iluminação artificial produz uma leitura diferente da obtida pela iluminação natural diurna. Este fato é relevante para o entendimento da arquitetura? Sabemos que a luz pode influenciar no estado emocional e físico das pessoas, mas em que medida esse fator pode ser utilizado de forma a agregar melhores condições nos ambientes projetados? O objetivo desta pesquisa é investigar possíveis caminhos de conciliação entre aspectos quantitativos e qualitativos no processo de projeto de iluminação aplicada à arquitetura, que possam resultar em ambientes seguros, saudáveis e confortáveis.

Palavras-chave: Iluminação e Arquitetura; percepção arquitetônica; processo de projeto.

ABSTRACT

Whether we consider the hypothesis that light is an integral part of the architecture, it is necessary to seek possible answers to the questions associated with reconciling quantitative and qualitative aspects in the development of lighting projects. What is the way forward for the project not to summarize a single "arrangement" of luminaries and equipments? What is the role of light in the aesthetics composition of architectural space? The illumination produced by sources made by human hands, called artificial lighting by convention, produces a different reading from the illumination obtained by natural daylight. Is this fact relevant to the understanding of architecture? We know that light can influence the physical and emotional state of the people, but to what extent this factor can be used to aggregate the best conditions in projected environments? This research aims to investigate possible ways of reconciling quantitative and qualitative aspects in the process of lighting design applied to architecture, which may result in safe, healthy and comfortable environments.

Keywords: lighting and architecture; perception of architecture; design process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro eletromagnético e faixa de luz visível.....25

Figura 2. Seção transversal do olho humano, detalhe das células da retina.....28

Figura 3. O Relógio biológico e o ciclo circadiano do ser humano 31

Figura 4 Forte na região de Gyantse, Tibet.....38

Figura 5 Ilha do Cardoso, São Paulo.....38

Figuras 6, 7 e 8 – Consulado americano em Luanda – Angola.....40

Figura 9 – Museu Guggenheim, Nova York – EUA.....44

Figura 10 – Museu Guggenheim, Nova York – EUA – (perspectiva noturna).....44

Figura 11 – Galeria Nacional, Berlin – Alemanha.....45

Figura 12 – Unidade habitacional, Marselha – França.....46

Figuras 13 e 14 – Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp – França.....47

Figuras 15 e 16 – Igreja da Luz, Ozaka – Japão.....48

Figuras 17 e 18 –Detalhe da cobertura e vista interior – UnityTemple, Illinois – EUA.....49

Figura 19 – Glass Sculpture – Estocolmo, Suécia.....52

Figura 20. Zonas em escala de cinza medidas em uma fotografia.....59

Figura 21. Formação das imagens pelo olho humano e câmera fotográfica.....62

Figuras 22 e 23: Montagem de seis fotografias com níveis de exposição gradativos de luz e imagem HDR.....63

Figuras 24 a 28: Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Cinco fotografias com níveis de exposição gradativos de luz.....64

Figura 29. Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Imagem fundida pelo software“Picturenaut”.....64

Figura 30: Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Imagem com os níveis deluminâncias gerada pelo software “Raddisplay”.....65

Figura 31: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem com as cores falsas, gerada pelo software “Raddisplay” 65

Figura 32: Legenda cores falsas e níveis de luminância gerada em software “Raddisplay”.....66

Figura 33: Sala de Aula - Universidade Cidade de São Paulo. Planta criada no programa

Figura 35: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D, com a projeção da insolação no interior do ambiente – DIALux.....69

Figura 36: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Planta com a distribuição das luminárias – DIALux.....70

Figura 37: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D da distribuição das luminárias e fachos de luz– DIALux.....71

Figura 38: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D, associação da iluminação natural e artificial – DIALux.....71

Figura 39: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem em 3D, com cores falsas e legenda dos níveis de iluminação artificial – DIALux.....72

Figura 40: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem em 3D, com cores falsas, associando iluminação natural e artificial – DIALux.....72

Figura 41. Igreja São Francisco de Assis, Pampulha - fachada - painel de azulejos de Candido Portinari.....79

Figura 42. Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp– França.....80

Figura 43. Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp– França.....81

Figura 44. Croqui de Oscar Niemeyer - igreja de São Francisco de Assis, Pampulha.....82

Figura 45. Igreja Santíssima Trindade – Desenho (grafite sobre canson).....83

Figura 46. Igreja São Bonifácio – Desenho (nanquim e aquarela sobre canson).....84

Figura 47. Igreja São Domingos – Desenho (grafite e hidrográfica sobre sulfite).....85

Figura 48. Igreja Santíssima Trindade - fachada principal e entorno.....87

Figura 49. Igreja Santíssima Trindade - fachada principal – em destaque a cruz.....89

Figura 50. Situação Igreja Santíssima Trindade.....90

Figura 51. Situação Igreja Santíssima Trindade (entorno).....91

Figura 52. Igreja Santíssima Trindade - perspectiva de Jacob e Irene Ruchti.....91

Figura 53. Igreja Santíssima Trindade – Foto das obras iniciadas.....92

Figura 54. Igreja Santíssima Trindade – Foto das obras iniciadas.....92

Figura 55. Igreja Santíssima Trindade - Projeto de Prefeitura – Planta – térreo.....93

Figura 58. Igreja Santíssima Trindade - perspectiva de Jacob e Irene Ruchti.....95

Figura 59. Igreja Santíssima Trindade - jardim interno.....96

Figura 60. Igreja Santíssima Trindade - detalhe dos vitrais.....97

Figura 61. Igreja Santíssima Trindade – vitrais – croquis de Maria Leontina.....97

Figura 62. Estudos - poltronas de Jacob Ruchti.....98

Figura 63. Igreja Santíssima Trindade - montagem de fotos - luminária pendente.....98

Figura 64. Igreja Santíssima Trindade - Iluminação geral.....99

Figura 65. Igreja Santíssima Trindade - vitral da fachada principal.....100

Figura 66. Igreja Santíssima Trindade – altar.....100

Figura 67. Igreja Santíssima Trindade - nave central.....101

Figura 68. Igreja Santíssima Trindade - luminária pendente.....102

Figura 69. Igreja Santíssima Trindade – zonas escala de cinza – nave central.....103

Figura 70. Igreja Santíssima Trindade – zonas - escala de cinza –área sob o coro
e jardim lateral interno.....104

Figura 71. Igreja Santíssima Trindade– zonas - escala de cinza – nave central –
(iluminação
natural).....105

Figura72. Igreja Santíssima Trindade – zonas em escala de cinza – nave central –
(iluminação artificial).....106

Figura 73. Igreja Santíssima Trindade - Montagem de fotos – nave central – comparação
entre iluminação natural e artificial.....107

Figura 74. Igreja São Domingos – fachada principal.....109

Figura 75. Igreja São Domingos – fachada principal – destaque campanário.....111

Figura 76. Situação Igreja de São Domingos.....112

Figura 77. Situação Igreja de São Domingos (entorno).....113

Figura 78. Igreja São Domingos - acesso principal.....113

Figura 79. Igreja São Domingos – acesso principal.....114

Figuras 80 e 81. Igreja São Domingos - acesso principal e campanário – 1953.....114

Figura 84. Igreja São Domingos – escultura de Nossa Senhora (Liuba Wolf).....117

Figura 85. Igreja São Domingos – vitrais de Yolanda Mohalyi.....118

Figura 86. Igreja São Domingos - detalhe dos vitrais.....118

Figura 87. Igreja São Domingos – nave central.....119

Figura 88. Igreja São Domingos – aberturas -iluminação natural.....120

Figuras 89 e 90. Igreja São Domingos – área do altar – iluminação natural.....120

Figuras 91 e 92. Igreja São Domingos - acesso principal – vista externa e interna.....121

Figuras 93 e 94. Igreja São Domingos – projetores para a iluminação artificial - acesso principal.....122

Figuras 95 a 97. Igreja São Domingos – altar – projetores para iluminação artificial.....123

Figura 98. Igreja São Domingos iluminação artificial – nave central.....124

Figuras 99 a 103. Igreja São Domingos – fotos com diferentes níveis de exposição – nave central.....125

Figura 104. Igreja São Domingos – imagem HDR – nave central.....125

Figura 105. Igreja São Domingos – cores falsas – nave central.....126

Figuras 106 a 110. Igreja São Domingos – fotos com diferentes níveis de exposição – nave central.....126

Figura 111. Igreja São Domingos – imagem HDR - nave central / acesso.....127

Figura 112. Igreja São Domingos – imagem cores falsas – nave central /acesso.....127

Figuras 113 a 117. Igreja São Domingos – fotos com diferentes níveis de exposição – nave central /direção ao altar.....128

Figura 118. Igreja São Domingos – imagem HDR – nave central /direção ao altar,.....128

Figura 119. Igreja São Domingos – cores falsas – nave central/ direção ao altar,.....129

Figuras 120 a 124. Igreja São Domingos – fotos com diferentes níveis de exposição– altar.....130

Figura 125. Igreja São Domingos – imagem HDR – altar.....130

Figura 126. Igreja São Domingos – imagem cores falsas – altar.....131

Figura 127. Igreja São Bonifácio - fachada principal e entorno.....132

Figura 128. Igreja São Bonifácio - fachada principal 134

Figura 130. Situação Igreja São Bonifácio.....136

Figura 131. Igreja São Bonifácio – montagem de fotos fachada principal.....136

Figura 132. Igreja São Bonifácio e centro paroquial.....137

Figura 133. Igreja São Bonifácio – fachada posterior / pátio coberto.....137

Figura 134. Igreja São Bonifácio – Planta igreja.....138

Figura135. Igreja São Bonifácio - Corte longitudinal – igreja e centro paroquial.....139

Figura 136. Igreja São Bonifácio – rampa de acesso – vista para o interior.....140

Figura 137. Igreja São Bonifácio – rampa de acesso – vista para o exterior.....140

Figura 138. Igreja São Bonifácio – montagem de fotos – detalhes dos vitrais.....141

Figura 139. Igreja São Bonifácio - nave central.....141

Figura 140. Igreja São Bonifácio – iluminação geral.....142

Figura 141. Igreja São Bonifácio – montagem de fotos – iluminação / clerestório.....143

Figura 142. Igreja São Bonifácio – montagem de fotos – janelas próximas ao piso.....143

Figura 143. Igreja São Bonifácio – altar.....144

Figura 144. Igreja São Bonifácio - altar – detalhe da iluminação natural.....144

Figura 145. Igreja São Bonifácio – nave central.....145

Figura 146. Igreja São Bonifácio - nichos na laje para iluminação artificial.....146

Figura 147. Igreja São Bonifácio - abertura na laje para ventilação.....146

Figura 148. Igreja São Bonifácio - lâmpadas fluorescentes - iluminação indireta.....147

Figura 149. Igreja São Bonifácio – projetores para iluminação de destaque.....147

Figura 150. Igreja São Bonifácio - nave central – vista para o coro.....148

Figura 151. Igreja São Bonifácio - luminárias embutidas na laje sob o coro.....148

Figura 152. Igreja São Bonifácio – planta em AutoCAD.....149

Figura 153. Igreja São Bonifácio – planta em CAD importada para oDIALux.....149

Figura 154. Igreja São Bonifácio – vista 3D da nave – DIALux.....150

Figura 155. Igreja São Bonifácio – vista 3D da nave – DIALux.....150

Figura 156. Igreja São Bonifácio - vista 3D, nave iluminação natural – DIALux.....151

Figura 157. Igreja São Bonifácio - Planta – locação - luminárias e lâmpadas– DIALux.....151

Figura 158. Igreja São Bonifácio - Corte transversal – locação - luminárias

Figura 159. Igreja São Bonifácio – projetores - iluminação do altar e crucifixo.....152

Figuras 160 e 161. Igreja São Bonifácio - corte longitudinal, destaque para projetores direcionados para a área do altar – DIALux.....153

Figura 162. Igreja São Bonifácio - vista 3D – fachos - distribuição da luz – DIALux.....153

Figura 163. Igreja São Bonifácio – vista 3D – cores falsas e luminâncias – DIALux.....154

Figura 164. Igreja São Bonifácio – vista 3D – cores falsas – regiões próximas às paredes – DIALux.....154

Figura 165. Igreja São Bonifácio – vista 3D – cores falsas – projetores direcionados para área do altar – DIALux.....155

Figura 166. Igreja São Francisco de Assis, Fachada principal – noturna.....156

Figura 167. Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte.....159

Figura 168. Situação Igreja São Francisco de Assis, Belo Horizonte (entorno).....160

Figura 169. Croqui do conjunto da Pampulha.....160

Figura 170. Igreja São Francisco de Assis - fachada frontal.....161

Figura 171. Igreja de São Francisco – construção da casca parabólica.....161

Figura 172. Planta da Igreja da Pampulha.....162

Figura 173. Igreja São Francisco de Assis – fachada frontal.....163

Figura 174. Igreja São Francisco de Assis - fachada posterior - painel de Portinari.....164

Figura 175. Igreja São Francisco de Assis – brise – marquise.....165

Figura 176. Igreja São Francisco de Assis - luz solar filtrada pelo brise.....166

Figura 177. Igreja São Francisco de Assis - Planta externa do projeto de iluminação (indicação de orientação dos projetores).....168

Figura 178. Igreja São Francisco de Assis - fachada frontal – noturna.....169

Figura 179. Igreja São Francisco de Assis – montagem de fotos – nicho para iluminação da marquise.....169

Figura 180. Igreja São Francisco de Assis – detalhe dos projetores em fosso

existente para iluminação da marquise.....170
Figura 181. Igreja São Francisco de Assis – detalhe das lâmpadas instaladas
junto ao caixilho, para iluminação indireta.....170

Figura 183. Igreja São Francisco de Assis - fachada posterior – noturna.....172
Figura 184. Igreja São Francisco de Assis – linha de luminárias junto à
calçada, para iluminação do painel.....172
Figura 185. Igreja São Francisco de Assis – detalhe / corte esquemático
linha de luminárias junto a calçada para iluminação do painel.....173
Figura 186. Igreja São Francisco de Assis - fachada lateral estudos.....174
Figura 187. Igreja São Francisco de Assis - fachada lateral.....174
Figura 188. Igreja São Francisco de Assis – montagem de fotos fachada lateral.....175
Figura 189. Igreja São Francisco de Assis – montagem de fotos - nicho para
a instalação de projetores.....175
Figura 190. Igreja São Francisco de Assis – detalhe / corte esquemático de
nicho para a instalação de projetores.....176
Figura 191. Igreja São Francisco de Assis – estudos em 3D para a
iluminação do interior da igreja.....177
Figura 192. Igreja São Francisco de Assis – estudos em 3D para a
iluminação do interior da igreja.....177
Figura 193. Igreja São Francisco de Assis – solução adotada para a
iluminação do interior da igreja.....178
Figura 194. Igreja São Francisco de Assis - estudos em 3D para a
iluminação da área sob o coro.....179
Figura 195. Igreja São Francisco de Assis – estudos em 3D para a
Iluminação da área sob o coro.....179
Figura 196. Igreja São Francisco de Assis - solução adotada para a
Iluminação da área sob o coro.....180
Figura 197. Igreja Santíssima Trindade – Desenho– Apontamentos – iluminação.....189
Figura 198. Igreja Santíssima Trindade– Desenho– Proposta – iluminação altar.....189

Figura 199. Igreja Santíssima Trindade – Desenho– Proposta – linha de luminárias junto às paredes – efeito "wall washer" 190

Figura 201. Igreja São Domingos – Desenho –Proposta – iluminação geral.....191

Figura 202. Igreja São Domingos – Desenho - Proposta – iluminação geral / altar.....192

CONCEITOS, GRANDEZAS E UNIDADES

Acuidade visual – capacidade de perceber as características e os detalhes de objetos e ambientes.

Candela (Cd) – unidade de intensidade luminosa em uma determinada direção.

Conforto visual – qualidade conseguida através da redução ou eliminação de ofuscamentos, equilíbrio entre as luminâncias das superfícies, correta percepção dos elementos como cores, texturas, formas, dimensões, etc.

Eficácia luminosa ou eficiência energética (lâmpadas) – relação entre lumens produzidos (quantidade de luz) e watts consumidos (energia).

Fluxo luminoso – Quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens.

Iluminância– expressa em lux a quantidade de lumens que incide sobre uma determinada área. (um lux é igual a um lúmen por metro quadrado)

Intensidade luminosa (cd) -é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.

Índice de Reprodução de Cor (IRC) – capacidade de uma lâmpada de reproduzir com fidelidade as cores do espectro.

Luminância – candelas / metros quadrados – corresponde ao brilho de uma superfície, é a sensação de claridade visível.

Ofuscamento: pode ser direto ou indireto através da luz direcionada ou refletida para o campo viaual.

Temperatura de cor: grandeza que expressa a sensação de tonalidade de cor das fontes de luz, medida em Kelvin (K) tendo como comparativo um corpo metálico aquecido. Quanto mais alta for a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz.

Obs.:Iluminância não é visível, já as **luminâncias** são visíveis.

SUMÁRIO

Capítulo 2- Luz e Percepção Visual 25

2.1. Luz e cor 25
2.2. Luz e percepção 28
2.3. Luz e saúde 32

Capítulo 3- A Luz como Matéria-Prima do Projeto 37

3.1. Luz e Ser humano. 37
3.2. Luz, lugar e espaço. 39
3.3. Luz e arquitetura. 43

Capítulo 4 -Imagens Digitais na Construção da Percepção da Iluminação 58

Introdução 58

4.1.Sistema LBR (*LBR System)* 60
4.2.Imagens HDR (*High Dynamic Range)* 64
4.3.Software DIALux 69

Capítulo 5- Estudos de Casos / Análise dos Projetos 77

Introdução – um breve relato sobre o movimento moderno na arquitetura brasileira. 77

5.1. Igreja Santíssima Trindade, São Paulo – SP. 90
5.1.1. O arquiteto 90
5.1.2. O edifício 92
5.1.3. Análise do edifício – síntese 95
5.1.4. A iluminação natural 101
5.1.5. A iluminação artificial 103
5.1.6. Imagens digitais utilizadas para análise da iluminação 105
5.2. Igreja São Domingos, São Paulo – SP. 112
5.2.1. O arquiteto 112
5.2.2. O edifício 114
5.2.3. Análise do edifício – síntese 117
5.2.4. A iluminação natural 121
5.2.5. A iluminação artificial 124
5.2.6. Imagens digitais utilizadas para análise da iluminação 127
5.3. Igreja São Bonifácio, São Paulo – SP. 135
5.3.1. O arquiteto 135
5.3.2. O edifício 137
5.3.3. Análise do edifício – síntese 140
5.3.4. A iluminação natural 144
5.3.5. A iluminação artificial 147
5.3.6. Imagens digitais utilizadas para análise da iluminação 151
5.4. Igreja São Francisco de Assis, Pampulha – MG. 159
5.4.1. O arquiteto 159
5.4.2. O edifício 161
5.4.3. Análise do edifício – síntese 164

5.4.4. A iluminação natural 166
5.4.5. O projeto de iluminação artificial 169
5.4.6. Software utilizado no projeto de iluminação 183

6.1. Quantidade ou qualidade? 185
6.2. Experimentações projetuais. 189
6.3. Considerações finais. 195

Referências bibliográficas. 198

Sites pesquisados para obtenção de imagens 202

Softwares disponíveis gratuitamente na internet 203

ligadas à luz. Nós literalmente não podemos viver sem ela. É uma das forças básicas e imutáveis da natureza. Luz é um elemento primário, que anima a vida na terra".
Marieta Millet

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A necessidade da luz natural para o nosso planeta é indiscutível, toda a vida na Terra é regida pelo ciclo do Sol e da Lua, do dia e da noite, da luz e da sombra, essa dinâmica controla e define diversos ciclos e ritmos biológicos, de todos os seres vivos, exercendo papel decisivo na produção de hormônios, influenciando o humor e a saúde do ser humano, o crescimento e desenvolvimento de todos os seres vivos. Na arquitetura essa importância também é evidente, vemos e entendemos os espaços através de todos os nossos sentidos e a luz é necessária para a percepção visual.

A iluminação proporcionada por fontes produzidas por mãos humanas, por convenção chamada de iluminação artificial pode revelar, evidenciar ou reforçar elementos da arquitetura modelados pela iluminação natural, também possibilita uma leitura do espaço diferente da obtida pela iluminação natural diurna, dependendo da disposição das fontes de luz e dos equipamentos.

A importância da iluminação na arquitetura é unânime entre os arquitetos, e o desenvolvimento de um projeto de iluminação que contemple a integração da iluminação natural com a iluminação artificial atualmente apresenta-se como uma opção essencial para um maior entendimento dos espaços. Uma vez na ausência da luz do dia a luz artificial na iluminação é um recurso de grande valia para o “desvelar” de elementos arquitetônicos por vezes escondidos ou despercebidos do olhar cotidiano, e apresar da afirmação de Louis Kahn que “um espaço nunca assumirá lugar na arquitetura sem a luz natural” e que “a luz artificial é a luz da noite expressa nas lâmpadas colocadas em pontos fixos e não pode ser comparado com o jogo imprevisível de luz natural”, ter o controle da intensidade e direção dessa luz, possibilita ao arquiteto de iluminação esse “desvelar” aos olhos desatentos ou despreocupados, mostrando muitas vezes o que, através da luz natural, não pôde ser visto. Assim, o desenvolvimento de um projeto de iluminação que contemple a integração da iluminação natural com a iluminação artificial, torna-se fundamental para um entendimento dos espaços, podendo ser o projeto de iluminação também um fator conciliador entre quantidade e qualidade da luz.

“Arquitetura depende da luz. Como a luz revela as formas arquitetônicas e os espaços produzidos por ela, ela simultaneamente revela o significado e as intenções que são liberadas através do processo de concepção, projeto e construção. Estes significados são tanto particulares como universais”. (MILLET, 1996)

Se considerarmos a hipótese de que a luz é parte indissociável da arquitetura, faz-se necessário buscar possíveis respostas para a questão associada à conciliação, ou ao entendimento entre os aspectos quantitativos e qualitativos no desenvolvimento de projetos de iluminação. Alguns caminhos podem garantir bons resultados para os projetos, evitando que estes se resumam a simples “arranjos” de luminárias e equipamentos atendendo somente as recomendações quantitativas de níveis de iluminâncias? Qual o papel da luz na composição estética do espaço arquitetônico?

A quantidade de luz, muitas vezes está relacionada somente a realização de tarefas, entretanto quantidade e qualidade da luz podem ser associadas no projeto, mesmo tratando-se de projetos em que o atendimento de recomendações quantitativas é o objetivo principal, uma

vez que, em função da tarefa desempenhada o nível de iluminação torna-se uma exigência legal.

Durante muito tempo a iluminação artificial foi vista apenas como um elemento que possibilitava a utilização do espaço nos períodos em que a luz artificial era insuficiente para a iluminação dos espaços interiores, ou seja, do ponto de vista funcional. A partir da década de 1960, com a migração de profissionais ligados a iluminação teatral, na Inglaterra e Estados Unidos e também no Brasil, tendo a figura do arquiteto e designer Lívio Levi um dos pioneiros nesse campo, o panorama começa a mudar, nessa transformação a iluminação artificial ganha uma importância maior, passando também a ser aproveitada como elemento definidor do espaço arquitetônico.

Atualmente o projeto de iluminação ganhou uma maior importância, e diversos arquitetos tem se dedicado a essa prática. É imprescindível que sendo a iluminação intrínseca a arquitetura essa deva ser contemplada e em certa medida concebida conceitualmente no início do projeto de arquitetura. É fato que ainda atualmente, o projeto de iluminação é confundido como parte integrante do projeto de elétrica, pois trata com questões funcionais de acionamentos e ligações de circuitos, entretanto seu espectro é muito mais abrangente e seu caráter é outro além das questões práticas do funcionamento desses sistemas.

É desejável, e talvez um objetivo a se alcançar no desenvolvimento de projetos de iluminação, uma associação da luz natural com a artificial de maneira que quando os ambientes estiverem sob a iluminação natural ou sob a artificial não haja prejuízo no entendimento geral do espaço, embora a forma, quantidade e cor dessas fontes possam ser enormemente diferentes. As fontes de luz artificiais, geralmente permitem um maior controle e precisão, pois não são variáveis, ou sua variação é previsível, diferente da luz natural que proporciona iluminação diferente ao longo do dia e do ano.

“Na luz as formas visivelmente apresentadas estão sempre sendo modificadas. É da natureza da luz natural modificar, quantitativa e qualitativamente. A natureza da luz elétrica é ser constante, mas a luz elétrica pode ser acesa e apagada com regularidade, assim como pode ser mensurada. A forma permanece constante, a luz muda. A representação de um muro, aos nossos olhos pode ser drasticamente modificada com o movimento da luz sobre ela, mantendo ainda a sua estabilidade”. (MILLET, 1996)

“A síntese arquitetônica de primeiro

formam a base da
percepção completa.
A expressão da ideia
inicial é uma fusão
de subjetivo e objetivo.
A lógica conceitual
que guia um projeto
é ligada à sua
percepção última”.

Steven Holl

CAPÍTULO 2

LUZ E PERCEPÇÃO VISUAL

2.1. Luz e cor

A luz é uma radiação eletromagnética de comprimento de onda que se situa entre a radiação infravermelha e ultravioleta (380 nm a 780 nm) e que se propaga pelo ar a uma velocidade de aproximadamente 300.000 kilometros por segundo, que sensibiliza o olho humano. A luz exibe simultaneamente propriedades de onda e partículas e sua trajetória é representada por um raio de luz que se propaga em linhas retas (IESNA, 2000).

Até 1905 a teoria corpuscular proposta por Newton em 1672 era aceita, quando Einstein, a partir da ideia de Planck, explicou o atual conceito da natureza dual da luz onda/partícula. A teoria corpuscular newtoniana foi confirmada em 1911 por Compton, quando este verificou o comportamento de um fóton ao colidir com um elétron. Esta teoria corpuscular, entretanto havia sido apresentada de modo visionário por Lucrécio, poeta e filósofo atomista, nascido provavelmente em Roma em 94 a.C. no poema *De rerum natura* (Sobre a natureza das coisas) onde apresenta a teoria de que a luz visível seria composta de pequenas partículas.

O físico e matemático Christiaan Huygens observou os efeitos de difração no ano de 1665 que, hoje sabemos, estão associados à natureza ondulatória da luz, e a partir das experiências de Young, Fresnel, Foucault e Maxwell no século XIX, a teoria ondulatória conseguiria explicar a velocidade de propagação da luz, efeitos que contrariavam a teoria corpuscular newtoniana.

Em 1948 a teoria do Big Bang foi proposta por George Gamow e Georges Lemaître, com base na teoria da relatividade do físico Albert Einstein. De acordo com essa teoria o universo surgiu há aproximadamente 10 bilhões de anos, após uma enorme explosão cósmica. Com o passar do tempo houve um resfriamento gradual da superfície da Terra e juntamente com a iluminação proveniente do Sol, surgiram condições para o aparecimento da vida.

O espectro de luz visível assume diversas cores dentro da faixa que vai do infravermelho ao ultravioleta. “Do ponto de vista do físico, a cor de um objeto pode ser descrito com precisão por análise quantitativa da quantidade de energia que irradia em cada comprimento de onda no espectro visual. Os estímulos que alcançam a retina do olho são produzidos pela interação da luz e da superfície. A percepção da cor, por outro lado, é influenciado por muitos outros fatores. A própria luz é composta de quantidades diferentes de energia em vários comprimentos de onda”. (LAM, 2000)

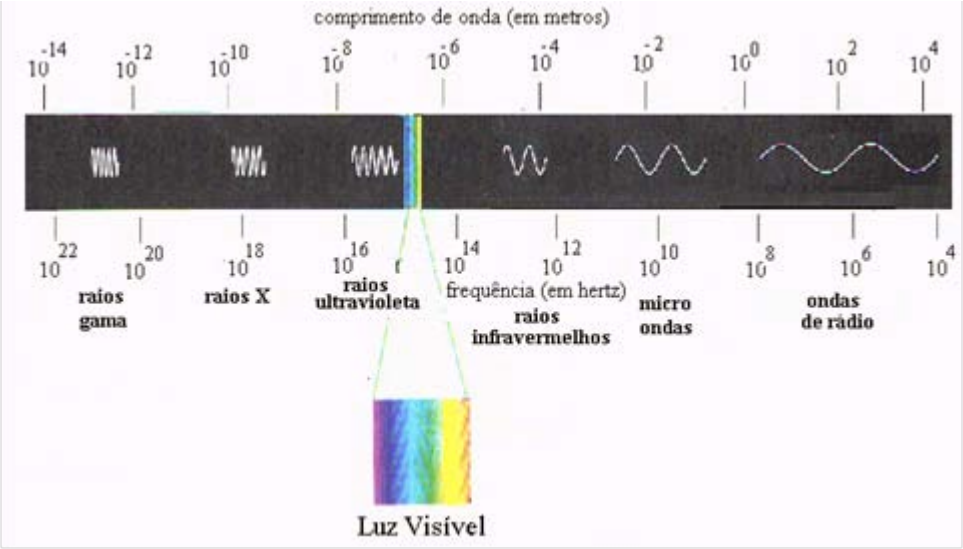


Figura 1. Espectro eletromagnético e faixa de luz visível.

Fonte: Lilian Barros, pag.

A cor não tem existência material (PEDROSA, 1999), cor é uma percepção visual, e de acordo com Newton, a cor branca é o resultado da soma ou sobreposição de todas as cores, demonstrado na experiência com um disco dividido em sete partes, cada parte pintada com uma das cores do espectro, que ao ser girado rapidamente cria uma sensação do branco pela superposição destas cores na retina do observador. Com a idéia de dividir as cores do espectro em sete, Newton estabeleceu relações entre cores e os sons da escala musical.

Os estímulos que causam sensações cromáticas estão divididos em dois grupos: o das cores-luz e o das cores-pigmento. Cor-luz, ou luz colorida, é a radiação luminosa visível que tem como síntese aditiva a luz branca e cor-pigmento é a substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios luminosos , componentes da luz que se difunde sobre ela.

O poeta Goethe que se opunha a teoria de Newton desenvolveu uma proporção para as cores estabelecendo um equilíbrio e harmonia em função da sua combinação, Johannes Itten, construiu a partir dessa proporção o círculo cromático, a esfera cromática e “com o desdobramento da esfera, em 1921, a sua estrela cromática, que se tornou um símbolo da sua didática da cor na Bauhaus” . (BARROS, 2006)

Na primeira década do século XX, foi criado por Albert Munsell, um sistema de ordenamento de cores que e é usado ainda hoje. O sistema de cores de Munsell faz um arranjo tridimensional num espaço cilíndrico de três eixos e que permite especificar uma determinada cor através de três dimensões. Os conceitos matiz, pureza, luminosidade empregados por Munsell na definição de uma cor são usadas universalmente.

Cor primária ou geratriz é uma das três cores indecomponíveis, que misturadas em proporções variáveis, produzem todas as cores do espectro.Desde Newton, adota-se em Física a formulação de que cor complementa é aquela cuja mistura produz o branco. Segundo Helmholtz, excluindo-se o verde puro, todas as demais cores simples são complementares de outra cor simples, formando os seguintes pares: vermelho e azul-esverdeado, amarelo e anil e azul e laranja.Cor secundária é uma cor formada em equilíbrio ópitco por duas cores primárias.Cor terciária é a intermediária entre uma cor secundária e qualquer das duas primárias que lhe dão origem. Cores quentes são o vermelho e o amarelo, e as demais cores em que eles predominem.Cores frias são o azul, e o verde, bem como as outras cores predominadas por eles. Ainda na classificação das cores há a cor aparente ou acidental, cor induzida, cor retiniana, cor irisada, cor inexistente, etc.

2.2. Luz e percepção.

Nossos sentidos nos conectam com o mundo e a percepção deste mundo é construída através de estímulos que recebemos diariamente. Os nossos sentidos atuam em conjunto para a percepção e a percepção visual desempenha um papel fundamental nesse processo, entretanto o “sentir” a arquitetura não exclui as pessoas que possuem alguma deficiência visual, as experiências sensoriais se estendem para todos os nossos sentidos. “Uma impressão de posse quanto aos elementos absorvidos por seu olhar, liberta o espectador de espiritualmente confinar-se em si mesmo; de sorte que da visão se diria que encerra o mais

profundo e largo repositório com que se conta para os estímulos à arte. De todos os gêneros que se validam em função da óptica, o da arquitetura se distingue pela feição parcial com que ela, a vista, se faculta para o acontecer da obra espacial. Neste aspecto, a visualidade é apenas um dos atributos de recepção, embora o mais precioso, mas, sem ele pode ainda o cego catalisar em si, trazendo-lhe a sensação do lugar, os outros elementos que, de modo menos frisante e mais limitado, lhe proporcionarão, contudo, uma presença ainda arquitetural". (COUTINHO, 1977)

"Todos os sentidos, incluindo a visão, são extensões do tato; os sentidos são especializações do tecido cutâneo, e todas as experiências sensoriais são variantes do tato e, portanto, relacionados à tatilidade. Nosso contato com o mundo se dá na linha divisória de nossas identidades pessoais, pelas partes especializadas de nossa membrana de revestimento". (PALLASMAA, 2011)

"Ao abrir nossos olhos, entramos num mundo particular de cores, texturas, formas e movimentos. Nossos sentidos literalmente absorvem esses ingredientes como imagens invertidas e deixam para o cérebro a tarefa de ordená-los. Tudo isso acontece num intervalo de décimo de segundo, que é o tempo necessário para integrar a intensidade de luz que entra no olho". (BRANDSTON, 2010)

A captação dos inúmeros estímulos que bombardeiam nossos órgãos de percepção é feita de forma inconsciente, pois a quantidade de estímulos é muito maior do que a capacidade de assimilá-los conscientemente, assim nosso cérebro classifica e interpreta a entrada de informação e faz uma separação do que nos é relevante.

"O mundo está em constante mudança e quando nos movermos mudamos como vemos o mundo. Nosso cérebro seleciona, classifica e interpreta a entrada de dados sensoriais, separando os estímulos necessários para as nossas atividades". (LAM, 2000)

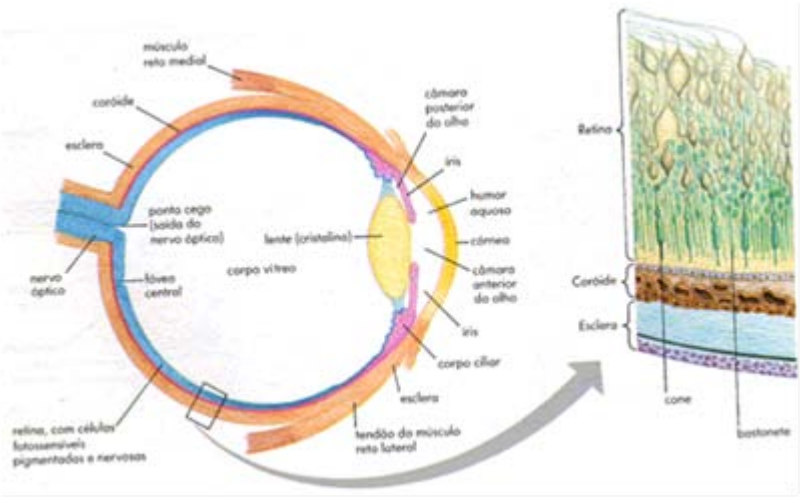


Figura 2. Seção transversal do olho humano, detalhe das células da retina

Fonte: http:// www.afh.bio.br

O olho é o órgão responsável em detectar e proporcionar o sentido da visão. Nosso olho é protegido por uma membrana transparente, que permite a entrada de luz chamada córnea. Há uma capa externa fibrosa e rígida, contínua com a córnea que dá forma ao globo ocular chamada esclera. A córnea antecede a íris, que por sua vez controla a quantidade de luz que penetra no interior do olho, regulando a abertura da pupila, abertura escura circular no centro da íris. Atrás da íris encontra-se o cristalino, uma lente que foca as imagens e as projeta invertidas na retina, através do humor vítreo, fluido viscoso que preenche o interior do olho. A retina é uma membrana fina que se encontra na parte posterior do olho e abrange cerca de 200 graus da superfície interna do olho. Nossa retina é constituída por dois tipos de células: os cones e os bastonetes que nos proporcionam a percepção da cor e luminosidade.

O processo de percepção envolve vários estágios, entre eles a interpretação a classificação a atribuição de significado, a expectativa e o componente afetivo, nesse processo as informações visuais passam por três etapas: captação da imagem pelo olho, tratamento da imagem por células da retina e processamento da informação pelo cérebro.

“A retina contém dois tipos de células sensíveis à luz: os cones e os bastonetes, os cones, aproximadamente sete milhões em cada uma das retinas, são responsáveis pela visão

da luz do dia, brilho da luz artificial, cores e texturas. Os bastonetes são responsáveis pela visão noturna, alteração no brilho e tonalidades de cinza, há por volta de 130 milhões de bastonetes em cada retina". (MICHEL, 1995)

Em 2002 Berson, descobriu em células ganglionares da retina substâncias fotossensíveis, demonstrando haver um terceiro fotorreceptor mais sensível à luz azul, em células ganglionares à luz azul, que ajudaria na diferenciação entre o dia e a noite. (REA, 2009)

Nosso sistema de percepção visual envolve o olho e o cérebro e este faz a distinção dos objetos que merecem atenção. De acordo com o contexto, o contraste ou a expectativa, podemos ser atraídos eventualmente pela falta de uma qualidade especial, como a cor. Nosso olho se ajusta rapidamente para as condições apresentadas, entretanto devido à orientação temporal, existe para nós uma relação entre a iluminação dos ambientes internos e externos e nossa expectativa é que durante o dia seja mais claro fora dos edifícios e à noite mais escuro. "Os olhos se adaptam gradualmente à evolução das condições luminosas durante o ciclo do dia e da noite, uma sala à luz de velas pode ser entendida como sendo muito iluminada. A luminosidade aparente é alta, apesar de a iluminância medida ser muito baixa". (LAM, 1977)

O chamado processo de adaptação permite que o olho funcione dentro de uma grande faixa de iluminação no qual a abertura da pupila trabalha em conjunto com a retina controlando a adaptação a pouca ou muita luz. O tempo de adaptação é variável, sendo mais rápida a adaptação ao ambiente mais iluminado, após a exposição à luminâncias baixas do que ao contrário.

O ajuste espontâneo do foco de objetos em diversas distâncias é chamado de acomodação e envolve o músculo que há em torno da lente que exerce uma tensão sobre essa ajustando a distância focal. Esta capacidade de acomodação do olho humano diminui com a idade.

A capacidade de distinguir objetos e detalhes que estão muito próximos entre si ou em função da distância do objeto e do observador é chamada de acuidade visual, a acuidade visual depende do brilho do objeto e, portanto da quantidade de luz

2.3. Luz e saúde

O ritmo biológico do ser humano é de cerca de vinte e quatro horas, e é chamado de ciclo circadiano, a palavra circadiano é derivada do termo em latim “circa diem”, que significa cerca de um dia. Na realidade nosso ciclo ou ritmo biológico é de 24 horas e 10 minutos e regula os períodos de sono e de despertar, ciclos lunares e solares, sendo responsável por nos colocar em estado de alerta e atenção ou relaxamento. A luz tem grande influencia nos principais ritmos biológicos, ou ritmos de tempo, assim como tem influencia na saúde física e mental do ser humano, por ser um agente controlador desse ritmo, dependendo de características como temperatura de cor, intensidade etc.

Nosso mecanismo biológico necessita de informações visuais sobre o ambiente. “Seres humanos, como a maioria dos outros seres vivos, possuem mecanismos biológicos que atuam como relógio para manter o ritmo do dia e noite, bem como outros ciclos biológicos importantes” (LAM, 1977)

De acordo com a entidade americana, NSF – Natiotal Science Foundation existem outros ritmos importantes como o ritmo infradiano, inferior a vinte e quatro horas, responsável pelo controle da hibernação e migração de alguns animais, menstruação e ciclos reprodutivos, o ritmo ultradiano, superior a vinte e quatro horas, que controla ritmos hormonais e ciclos de sono de 90 minutos, ainda há o ritmo das marés de 51 minutos, que controla o fluxo dos oceanos, influencia o comportamento dos organismos, ritmos celulares e atividades genéticas.

A luz também é utilizada em terapias clínicas como a Fototerapia, a Cronoterapia e a Cromoterapia, doenças relacionadas ao conforto visual como as Doenças Relacionadas com as Construções (*BRI – Building-RelatedIllnesses*) e Síndrome do Edifício Doente (*SBS – SickBuildingSyndrome*), além Solução de Ambientes através da Iluminação.

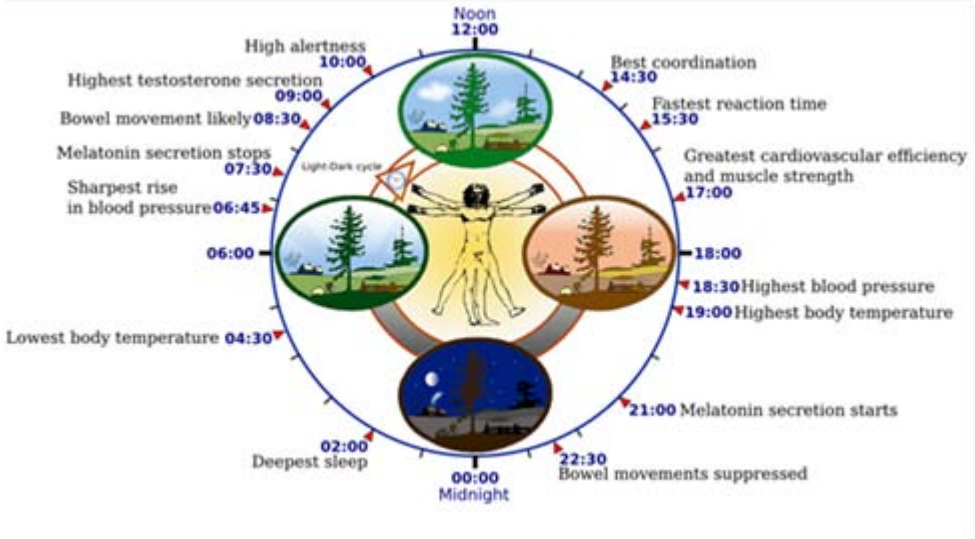


Figura 3.O Relógio biológico e o ciclo circadiano do ser humano

Fonte: http://blog. noahwaxman.info

A fototerapia foi utilizada pela primeira vez em 1900 para o tratamento de raquitismo, e há mais de 40 anos para o tratamento de icterícia em recén-nascidos, além de outras moléstias, mais recentemente no tratamento da Depressão Sazonal ou Distúrbio Afetivo Sazonal (*SAD – SeasonalAffectiveDisorder*), que foi documentada pela primeira vez em 1984. (GUZOWSKI, 2001)

A *SAD* está relacionada à quantidade de luz natural disponível e pesquisas apontam para uma porcentagem maior de doentes em regiões de maiores latitudes.

“Quando adequadamente projetada, a iluminação natural é uma solução óbvia que economiza energia ao responder às necessidades biológicas humanas.” Ainda é cedo para afirmar, mas a “fototerapia arquitetônica” sugere que os benefícios da luz natural podem ir além de energia e recursos naturais e mostrar-se eficaz também à saúde humana e o bem-estar, estudos ainda devem ser feitos neste sentido. (GUZOWSKI, 2000)

A Cromoterapia, utilização da cor no tratamento terapêutico, já existia em diversas culturas antigas como a grega, chinesa, egípcia, indianas e outras, e procura através da cor solucionar problemas do corpo e da alma. As cores podem excitar, acalmar, alertar, enfim causar efeitos no comportamento humano. Na arquitetura foi introduzida principalmente através da antroposofia, para através da humanização de hospitais e clínicas acelerar a cura dos pacientes. (GUZOWSKI, 2001)

A melatonina, hormônio considerado um marcador da fase e da amplitude dos ritmos circadianos. É um hormônio que age como um mensageiro circadiano para outros sistemas regulatórios do organismo. É produzida a noite e sob condições de escuridão. Limita o crescimento de certos tipos de câncer. (REA, 2009) A cronoterapia é uma espécie de fototerapia que tem sido adotada para o controle e/ou ajuste dos ciclos biológicos em trabalhadores noturnos, como enfermeira e médicos, ou pilotos e comissários para solucionar problemas de fadiga de viagem provocada por uma alteração no ritmo circadiano (*Jet-lag*), para a regulação da produção desses hormônios e conseqüentemente a diminuição da incidência de doenças.

Trabalhadores do turno da noite são expostos a altos níveis de luz branca (300 a 500 lux na córnea) e luz azul (mais de 30 lux na córnea). O fornecimento de luz azul com mais de 30 lux na córnea, pela noite, a utilização de óculos com lentes amarelas pela manhã e pouca exposição da luz durante o dia produzem o chamado “deslocamento de fase” do ciclo circadiano. (FIGUEIRÓ, 2006)

Quanto às novas tecnologias como os LEDs, que apresentam algumas vantagens sobre diversos tipos de lâmpadas, como a vida útil e a eficiência energética, ficando evidente a importância de se descobrir novas fontes mais eficientes e com um menor impacto ambiental, tanto na sua fabricação quanto no seu descarte e possível reciclagem, entretanto são imprescindíveis estudos mais detalhados e confiáveis, antes de substituirmos as tecnologias conhecidas, pois além desses aspectos econômicos e ambientais temos que levar em conta a saúde do ser humano.

A luz azul está em grande parte do espectro da luz natural, sendo importante para a saúde do ser humano, porém a exposição excessiva pode ser nociva. Alguns estudos apontam que a exposição demasiada da retina à luz azul pode, em casos de pessoas com algum tipo de

anomalia na retina, ser extremamente prejudicial. A luz azul está ligada a diferenciação entre dia e noite e tem sido utilizada, através de terapia com exposição à luz, no ajuste do ciclo circadiano em trabalhadores de turnos noturnos ou no chamado “jetlag” (problemas com fuso horário), essa medida procura controlar a produção de hormônios – a melatonina e o cortizol, que estão ligados a incidência de doenças como o câncer. Sabe-se que o cristalino dos olhos de pessoas idosas perde a transparência, ficando levemente amarelado, Roberts (2011) levanta a suspeita que ao embaçar, o cristalino agora levemente âmbar, funcione como um filtro da luz azul, com a finalidade de impedir a degeneração de estruturas da retina.

“ A indústria estabeleceu padrões para proteger os consumidores de luz extremamente brilhante e da radiação UV, mas não existe nenhum padrão para tratar de riscos provenientes da luz azul que pode estar afetando milhões de pessoas que têm problemas de retina. A luz azul é um personagem ambíguo que precisa ser cuidadosamente vigiado.” (ROBERTS, 2011)

O cuidado na aplicação de novas tecnologias nos projetos de iluminação é dever do arquiteto, como forma de garantir a segurança, o bem estar e o conforto das pessoas, objetivos da arquitetura. É comum sempre que surgem novas tecnologias em iluminação, haver uma tendência de migração para essas novas opções, algumas vezes motivadas pela “força da mídia” das indústrias, outras pela constante necessidade de apresentar novidades ao mercado consumidor, ou ainda por novos conceitos ou parâmetros decorrentes de novas necessidades ambientais, como a eficiência ou a sustentabilidade, entretanto toda tecnologia que afeta diretamente a saúde e o bem estar das pessoas deve ser amplamente estudada, antes da sua aplicação maciça.

"O céu é o caminho do sol, o curso da lua, o resplendor das estrelas, as estações do ano, a luz e o crepúsculo do dia, a escuridão e a claridade da noite, a clemência e a inclemência do tempo, a passagem das nuvens e o azul profundo do éter".

Martin Heidegger

CAPÍTULO 3

A LUZ COMO MATÉRIA-PRIMA DE PROJETO

3.1. Luz e Ser humano.

"Possivelmente o Homo erectus descobriu o fogo por acidente. O fogo era provavelmente dado ao homem como um 'presente dos céus', quando um raio atingia uma árvore ou arbusto. O fogo e a fogueira provavelmente se constituíram na primeira forma de utilização da iluminação 'artificial'. O homem assim ganhava pela primeira vez alguma liberdade e segurança da cegueira da noite e dos predadores invisíveis na escuridão. Já em 400.000 a.C. havia iluminação por fogo nas cavernas do homem de Pequim. A tocha foi a primeira lâmpada portátil. Um dos primeiros avanços foi a descoberta de que um feixe de gravetos amarrados em chamas produzia uma luz mais brilhante e mais duradoura. O homem finalmente aprendera a controlar o fogo e a raça humana seguiu o caminho para a civilização. O homem pré-histórico se utilizou de lâmpadas primitivas para iluminar a sua caverna. Estas

lâmpadas eram confeccionadas a partir de materiais encontrados nas proximidades, como pedras ocas (trabalhadas manualmente), conchas, chifres embebidos em graxa. Centenas destas lâmpadas foram encontradas nas famosas cavernas de Lascaux, na França datada de aproximadamente 15.000 anos atrás. A descoberta do fogo teve um efeito profundo sobre a humanidade, tanto que as primeiras sociedades comemoravam sua mitificação. Na Mitologia Grega, Prometeu era o portador do fogo". (WILLIAMS, 1999)

Assim que o homem primitivo conseguiu controlar o fogo ele passou a ter controle dessa importante fonte de luz artificial fundamental para a sua sobrevivência. Através do tempo o homem descobriu e desenvolveu diversas formas de produzir de luz artificial, entre elas o óleo de baleia, a parafina, a querosene, o gás até chegar à lâmpada elétrica.

Historicamente a iluminação por fontes artificiais de luz sempre foi um artigo caro e de difícil acesso para a grande maioria da população. Na Babilônia e no Egito somente os palácios eram iluminados por lamparinas à óleo. Obter parafina para uma vela, combustível para uma tocha ou lamparina para uma pessoa na Idade Média ou na Renascença era muito mais difícil e caro do que o fornecimento de energia elétrica hoje, e se o tamanho da população era menor a produção artesanal era também infinitamente menor. Atualmente, apesar do avançado estágio de desenvolvimento mundial, enfrentamos enormes problemas com a escassez de recursos, em função do crescimento desordenado das grandes cidades e da profunda desigualdade social, fazendo com que a sustentabilidade tenha-se transformado no grande paradigma da nossa sociedade.

Hoje dispomos de diversos tipos de lâmpadas, com maior eficiência do que as lâmpadas incandescentes, como por exemplo, as fluorescentes tubulares e compactas, outra fonte que está evoluindo rapidamente são os LEDs - *Light Emiting Light* (diodos emissores de luz) de baixo consumo, que futuramente poderão substituir quase que totalmente as lâmpadas comuns.

O grande desafio, para todos os cidadãos e em particular para os arquitetos, (através de consistentes estratégias de projeto) é o de criar condições e mecanismos de acesso às novas tecnologias para a maioria das pessoas com menor impacto ambiental e social. A avaliação dos benefícios e malefícios que as novas tecnologias podem trazer, deve ser feita de maneira isenta, analisando-se toda a cadeia de produção, vida útil e principalmente

os seus impactos ao meio ambiente, e não apenas a sua eficiência energética A arquitetura é feita para o homem, deve promover uma melhor qualidade no habitar. Desta forma a luz, sendo objeto da arquitetura nos ajuda a cultivar o espaço, a criar o ambiente, a viver melhor.

Para Hidegger, de acordo com o texto da sua famosa conferência, Construir, Habitar, Pensar, publicada em *VortägeundAusfsätze*em 1954, habitar é estar vivo, habitar é viver, é ser, é "estar sobre a terra e sob o céu, se colocando diante dos deuses"**, "**habitar é pensar", portanto é projetar, é cultivar o espaço é criar ambiente. Para Christian Norberg-Schulz (in Uma nova agenda para a arquitetura) "O propósito existencial do construir (arquitetura) é fazer um sítio tornar-se um lugar, isto é, revelar os significados presentes de modo latente no ambiente dado".

3.2. Luz, lugar e espaço.

No capítulo 2 – Luz e Percepção visual,foi apresentado o funcionamento dos mecanismos da nossa percepção e de como esses mecanismos constroem através dos nossos sentidos um banco de dados das nossas experiências. Filtramos as nossas sensações, boas ou más e, desde que relevantes, são armazenadas, desta forma podemos julgar o que nos é agradável, por isso nos sentimos melhor em determinados lugares em detrimento a outros. Nessa avaliação todos os elementos deste lugar são levados em conta como, cor, textura, dimensões, odores, temperatura, iluminação, dentre outros.

De acordo com Christian Norberg-Schulz (O fenômeno do lugar *in* Uma nova agenda para a arquitetura) "*Genius Loci* é um conceito romano. Na Roma antiga, acreditava-se que todo ser 'independente' possuía um *genius,* um espírito guardião. Esse espírito dá vida às pessoas e aos lugares, acompanha-os do nascimento à morte, e determina seu caráter ou essência" (...) "O propósito existencial do construir (arquitetura) é fazer um sítio tornar-se um lugar, isto é, revelar os significados presentes de modo latente no ambiente dado" (...) "Heidegger afirma o seguinte 'A poesia não voa acima e sobrepuja a terra a fim de escapar dela e pairar sobre ela. A poesia é o que primeiro traz o homem para a terra, fazendo-o

pertencer a ela, e assim trazendo-o à morada' Somente a poesia, em todas as suas formas (e também a 'arte de viver') dá sentido à vida humana, e o significado é a necessidade fundamental" (...) "A arquitetura pertence à poesia, e seu propósito é ajudar o homem a habitar. Mas é uma arte difícil. Fazer construções e cidades concretas não é suficiente. A arquitetura começa a existir quando faz 'visível todo um ambiente', para citar uma definição de Suzanne Langer. Isso significa concretizar o genius loci".

Figura 4

Forte na região de Gyantse, Tibet.

Fonte: Claudia ProushanFonte: João Primo

Tibet – no coração do Himalaia Terramar

Figura 5

Ilha do Cardoso, São Paulo.

O conceito de "Genius Loci" citado por Marieta Millet em seu livro " Light RevealingArchitecture", no capítulo "Luz revelando experiência ", diz respeito a importância da luz para o "espírito do lugar", refere-se a abordagem desse tema por Christian Norberg-Schulz em "Towards a PhenomelogyofArchitecture". A luz natural é uma referência do lugar, estando diretamente ligada a sua posição geográfica, de modo que é a mais importante determinante da compreensão da sua paisagem.

Para JuhaniPallasmaa (A geometria do sentimento: um olhar sobre a fenomenologia da arquitetura *in* Uma nova agenda para a arquitetura), "a experiência mais vasta e possivelmente mais importante que se pode ter da arquitetura é a sensação de estar em um lugar único. Uma parte dessa intensa sensação do lugar é sempre a impressão de algo sagrado: este lugar é

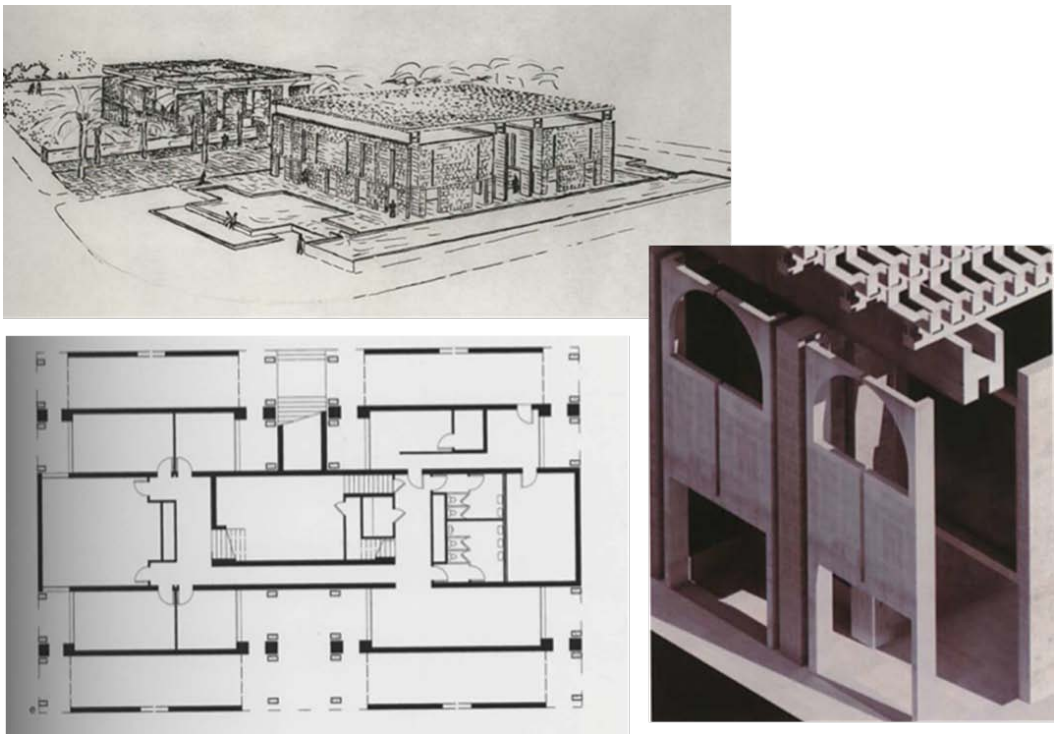
para seres superiores. (...) A arquitetura é sempre habitada por espíritos. (...) Na realidade, a arquitetura é sempre a casa dos espíritos, a morada de seres metafísicos“.

“O espaço, como conhecemos nos ambientes arquitetônicos, é resultado do nosso total sistema de percepção: "alguns veem o ambiente não somente com os olhos, mas com os outros sentidos." Andando em uma sala, nosso sistema de percepção visual nos informa tanto sobre a estrutura invariante do meio como também sobre nosso movimento em relação a ele. A luz é estruturada de acordo com sua fonte e também de acordo com as superfícies do ambiente: esta é a iluminação resultante. Uma mudança nas condições de luz significa uma mudança na nossa percepção sobre a sala. Nós observamos a estrutura física da sala como imutável até mesmo quando mudamos os padrões de luz”. (MILLET, 1996)

“Assim como o "ambiente" foi criado primeiramente pela presença do fogo, ambientes continuam sendo criados pela presença e arranjo de luz, quer seja luz do dia, fluorescente ou de vela. O modo que cada luz e forma interagem define o espaço que percebemos como habitável e confortável ou inabitável e desconfortável. Esta definição de conforto tem mudado através do tempo, variando de acordo com a cultura e circunstância. A luz revelando espaço tem mudado de acordo com o desenvolvimento das definições espaciais, mas na maioria dos exemplos mais "poderosos" a luz e o espaço trabalham juntos” (MILLET, 1996)

Entender o lugar é essencial para o desenvolvimento de uma arquitetura em sintonia com a natureza, a correta orientação do edifício e sua relação com a paisagem faz-se necessárias. “Uma das coisas que me impressionou demais durante minha estadia em Luanda foi o resplendor marcado na atmosfera...se você estivesse no interior de qualquer prédio, olhar para uma janela era insuportável por causa do brilho. As paredes escura que emolduravam a luz brilhante de fora faziam você se sentir muito desconfortável. A tendência era olhar para longe da janela. Outra coisa que me impressionou foi a importância da brisa...a importância da brisa ao levar para longe o ar quente que se acumulava em volta do prédio. E eu pensava se não seria bom que alguém pudesse expressar...encontrar uma expressão arquitetônica para os problemas do brilho sem adicionar artifícios a uma janela...mas, preferivelmente desenvolver uma arquitetura aconchegante...que de alguma forma contasse a história dos problemas da luminosidade. Alguns dos prédios usavam reforço, grade de madeira ou grade de alvenaria na frente das janelas. Isso era insatisfatório por conta do que causava...porque a própria parede

era escura contra a luz; somente lhes dava um variável padrão de brilho...pequenos pontinhos...pequenos pontos de brilho como diamantes contra as varetas escuras da grade. E aquilo tendia à insatisfação. Eu percebi que os prédios próximos às janelas eram muito agradáveis de olhar através delas. Eu também percebi que quando as pessoas trabalhavam ao sol – e muitos deles o faziam, a população nativa –, eles normalmente encaravam a parede, e não o campo aberto ou a rua. Internamente, eles virariam sua cadeira a favor da parede e faziam o que estavam com a luz indireta vindo da parede para seu trabalho. Aquilo me deu a ideia de colocar uma parede a uma pequena distância em frente de todas as janelas, baseado em um senso de arquitetura nativa. Agora, colocar uma parede em frente à janela cortaria a vista, e isso não é nada agradável. Uma pessoa não gosta que lhe cortem a vista, então eu pensei em fazer aberturas na parede, assim a parede se tornaria parte da janela. Quando aquela parede recebesse luz – mesmo que a luz direta do sol – ela modificaria o brilho". (KAHN, 2011)



Figuras 6, 7 e 8 – Consulado americano em Luanda – Angola – Louis Kahn

Fonte: architectureinthelightofday.blogspot.com.br/2011/02/ louis-i-kahn-finding-daylight-in-luanda.html, acessoemjunho/2012.

3.3. Luz e arquitetura.

”Alguém pode dizer que a arquitetura é a criação consciente de espaços. É, note, o preenchimento das áreas prescritas pelo cliente. É a criação dos espaços que evoca um sentimento de uso apropriado. Ao músico, uma pauta de música é vista a partir do que ele ouve. Uma planta de um prédio deveria ser vista como uma harmonia de espaços na luz. Até mesmo um espaço com pretensão de ser escuro deveria ter luz suficiente, vinda de alguma abertura misteriosa, para nos dizer o quanto ele realmente é escuro”. (KAHN, 2010)

“Chamamos de luz natural à luz proveniente do sol, ou seja, em forma direta, através dos raios solares, ou indireta devida à reflexão da atmosfera com ou sem nuvens (luz difusa), da vegetação, dos edifícios ou outros objetos existentes na superfície da terra (luz refletida).” (MASCARÓ, 1983) Da mesma forma, convencionamos chamar a luz emitida por fontes produzidas por mãos humanas de luz artificial. A associação dessas duas formas de produção de luz, integradas ao conceito do projeto de iluminação é essencial para uma adequada leitura e entendimento da arquitetura.

“A luz é uma coisa natural. Eu nunca presenciei luz artificial ou inatural. Eu tenho visto a luz do dia, do sol, do gás, da fogueira, do neon, e de outras fontes, e todas elas são reais, já que a percebemos. E isto ocorre porque a luz requer uma avaliação perceptiva pessoal”. (BRANDSTON, 2010) Independente de questões semânticas ou convencionais, a luz, mesmo aparentemente imaterial, é objeto da arquitetura que deve ser contemplada no processo projetual.

Considerando que sem a existência da luz nada poderia ser visto, é através da luz que as coisas ganham sua forma material. A presença da arquitetura como coisa visível depende da luz, e quanto mais os seus elementos essenciais estiverem “desvelados”, maior poderá ser o seu entendimento. A compreensão do espaço está dialeticamente relacionada à percepção desses elementos que o contém. Não há, portanto, como desassociar luz da arquitetura, uma vez que também a luz para ser vista necessita de objetos para a sua reflexão.

“A definição de espaço arquitetônico é a definição de fechamento, no qual a luz tem o papel principal. O sentido de espaço para nós depende do modo como a luz revela esse espaço fechado. Uma sala branca com uma parede de vidro apresenta-se aberta e espaçosa com a luz do dia; e misteriosa à noite com uma vela acessa, com os cantos da sala escuros e a imagem da vela refletida no vidro que cobre o infinito espaço negro. Coloque uma cortina branca em frente ao vidro e as condições mudarão. De dia, a luz fica difusa, de noite a cortina capta e difunde a suave luz da vela aconchegando a sala com sua superfície iluminada. Nós percebemos essas mudanças todos os dias em nossas casas e em nossos locais de trabalho ou lazer. Abrimos e fechamos cortinas, clareando ou escurecendo ambientes e consequentemente mudando a percepção natural da sala. Quando manipulamos a luz, manipulamos a nossa percepção de espaço arquitetônico.”. (MILLET, 1996)

“A luz define para nós a diferença entre interior e exterior. Nós esperamos que o interior nos abrigue da claridade ofuscante do sol e da escuridão da noite; e nos fornece uma experiência (sensação) diferente do exterior. Esperamos que isto crie um ambiente que favoreça a participação nas atividades que acontecem dentro dele. Mas a função de abrigar é complicada quando o assunto é iluminação. Os outros elementos, 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. Esta iluminação aumenta sua complexidade em função das paredes. Em alguns climas, como no quente e seco, isso não ocorre, pois a tendência é rejeitar o calor e a luz na maior parte do tempo. Essa necessidade geralmente leva a um estilo regional de massivas paredes com alta capacidade térmica e pequenas aberturas para passagem de luz e ar. O interior destas moradias é geralmente escuro e encontra-se totalmente separado do exterior. De qualquer modo, a maioria das regiões climáticas é caracterizada por pelo menos duas condições, e estas condições podem variar drasticamente do quente e úmido para o frio e seco. Criar um fechamento que forneça luminosidade suficiente e condições térmicas ao mesmo tempo é um desafio” (MILLET, 1996)

A luz natural sempre desempenhou um papel fundamental na arquitetura e a sua utilização está ligada tanto a critérios culturais quanto ambientais. Diversos povos tinham rituais nos quais idolatravam o Sol, a Lua e outros elementos da natureza, a relação entre o ser

humano e o Sol aparece de forma mais evidente na orientação das construções e na apropriação da luz para a iluminação dos interiores dos templos.

“O uso da luz no espaço reflete o espírito de um período, ficando isso muito claro nos edifícios góticos. A iluminação medieval teve a capacidade de criar um ambiente de solenidade suprema, que fazia parte importante do culto. Não se projetava a iluminação de seus espaços para atender às necessidades humanas, nem sequer no uso doméstico. A casa medieval era fria, mal iluminada e pobremente aquecida para os parâmetros atuais”. (MASCARÓ, 1990). No barroco, a luminosidade se torna o ponto central do projeto e tudo é idealizado em função da luz.

A luz, inicialmente utilizada de forma estritamente funcional, para atender as necessidades do dia a dia, com o passar do tempo assumiu um papel fundamental nas atividades e funções ligadas aos rituais e representações políticas e gradativamente os arquitetos perceberam a sua importância na composição do espaço como objeto intrínseco a arquitetura.

“No Panteão, templo romano encimado por uma cúpula, a iluminação provém de uma abertura circular no alto da construção, reflete nas paredes laterais e ganha uma qualidade difusa. Na igreja gótica, as paredes não são estruturais e o vão é convertido em elemento translúcido e colorido, tornando-se agente transformador da luz. A iluminação colorida desaparece na Renascença, que valoriza a luz branca, indireta”. (SZABO, 1998)

“A luz do dia altera-se constantemente. Os outros elementos de arquitetura que consideramos podem ser exatamente determinados. O arquiteto pode fixar dimensões de sólidos e cavidades, pode estabelecer a orientação de seu edifício, especificar os materiais e o modo como estes serão tratados; pode descrever precisamente as quantidades e qualidades que deseja em seu edifício antes de ser colocada a primeira pedra. Ele só não pode controlar a luz do dia”. (RASMUSSEN, 2002)

Na arquitetura moderna Frank Lloyd Wright, Le Corbusier , Mies van der Rohe, Louis Kahn, por exemplo, tiveram uma preocupação maior com a questão da luz natural e sua relação com o espaço arquitetônico, dando uma nova dimensão à sua utilização, essa apropriação da luz é a apropriação do espaço iluminado. No projeto do Museu Guggenheim (Figuras 9 e 10), Frank Lloyd Wright, pensou não apenas na iluminação do espaço interno do

museu, mas como sua silhueta luminosa seria inserida na paisagem da cidade, assim como Mies no projeto para a Galeria Nacional de Berlim. (Figura 11)

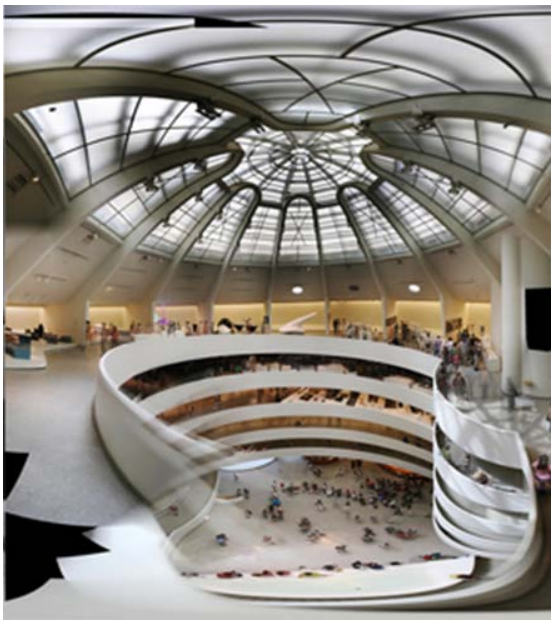


Figura 9 – Museu Guggenheim, Nova York – EUA – Frank Lloyd Wright

Fonte: micheleroohani.com, acesso em agosto/2012

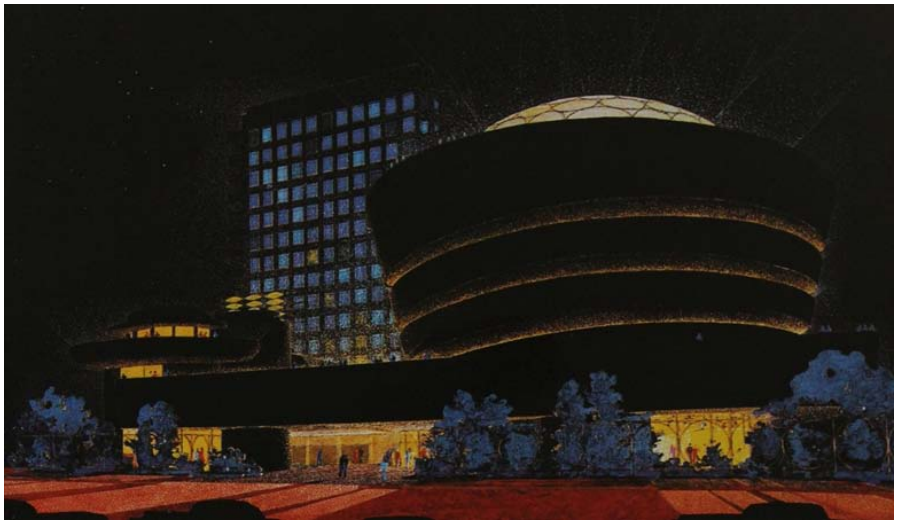


Figura 10 – Museu Guggenheim, Nova York – EUA – Frank Lloyd Wright (perspectiva noturna)

Coleção Folha grandes arquitetos, V1, pag. 14

Figura 11 – Galeria Nacional, Berlin – Alemanha – Mies van der Rohe

Coleção Folha grandes arquitetos, V12, pag. 59

"No início, o funcionalismo era mais uma questão de *slogans* do que de soluções definitivas para problemas de *design* e estrutura. Palavras como *livre, aberto e luz* eram as tônicas do novo estilo. Muitas vezes, porém, o que se procurava era mais a quantidade do que a qualidade da luz. Mas Le Corbusier, que é pintor e escultor, além de arquiteto, projetou desde o início aposentos em que a luz vem de um lado através de janelas que abrangem uma parede inteira. Isto podia dar uma luz tão boa à sala quanto numa antiga casa holandesa, mas as janelas de Le Corbusier, geralmente, não oferecem meios para regular a luz. A sala grande dos apartamentos de seu bloco de Marselha lembra as salas da *loggia* num palácio veneziano. O teto é muito alto e a abertura da janela abrange uma parede inteira. Onde as casas antigas tinham uma massa de finos detalhes de pedra, como colunas, arcos e rendilhados, a de Le Corbusier tem reixas de concreto. E ele procurou regular a luz para que uma quantidade comparativamente dela penetrasse até o fundo da sala. As paredes laterais estão bem iluminadas e tudo na sala apresenta aquela claridade cristalina que ele tanto admira". (RASMUSSEN, 2002)

Figura 12 – Unidade habitacional, Marselha – França – Le Corbusier

Fonte: Coleção Folha grandes arquitetos V5, pag.

"A arquitetura moderna promoveu uma revolução na iluminação. Até então, os ambientes eram pouco iluminados, com cantos escuros e sombrios, e a claridade era controlada por pesadas cortinas. Exemplos da explosão de luz na arquitetura moderna são encontrados em obras de Le Corbusier, Walter Gropius e Mies van der Rohe. No início do século, Gropius escreveu que os espaços deveriam ter o máximo de luz, sol e ar e que as janelas não seriam simples buracos na parede, mas panos de vidro para garantir a entrada da luz". (SZABO, 1998)

Le Corbusier se utilizou de elementos e formas que pudessem fazer esse controle da luz de maneira quantitativa e qualitativa, filtrando, impedindo e por vezes direcionando a luz para o interior do edifício, algumas vezes carregadas de dramaticidade, como na Capela Notre-Dame-du-Haut em Ronchamp (Figuras 13 e 14), geralmente esses elementos estão inseridos e integrados à arquitetura naturalmente, como *brise-soleil* (quebra-sol) e dos *pans-de-verre* (panos de vidro) e aparecem constantemente em suas obras.

Figuras 13 e 14 – Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp – França – Le Corbusier

Fonte: www.bc.eduacesso em 10/01/201

"A luz é de importância decisiva para sentirmos a arquitetura. A mesma sala pode ser organizada para dar diferentes impressões espaciais mediante o simples expediente de mudar as dimensões e a localização de suas aberturas. Transferir uma janela do centro para uma ponta de uma parede transformará profundamente todo o caráter da sala". (RASMUSSEN, 2002)

A luz natural tem sido utilizada não apenas como simples fonte de iluminação, mas possui também caráter estético e definidor do ambiente. A percepção da luz acontece na presença de elementos para a sua reflexão, assim como os volumes, texturas e formas se revelam na presença da luz. As alterações na forma e quantidade da luz que dispomos para a iluminação de um espaço podem mudar nossa compreensão e entendimento, pode também alterar a ambientação, tornando-o mais ou menos acolhedor. Apesar de a visão ser responsável pela maior parte das informações recebidas, as pessoas desprovidas desse sentido desenvolvem outras formas de percepção das coisas através do tato, olfato e audição. É possível perceber e compreender as dimensões do espaço através da acústica, também é possível sentir a textura e a temperatura de uma parede de pedra ou de um piso de madeira, assim a percepção de um ambiente ou espaço se dá através de estímulos que são interpretados por nossos sentidos.

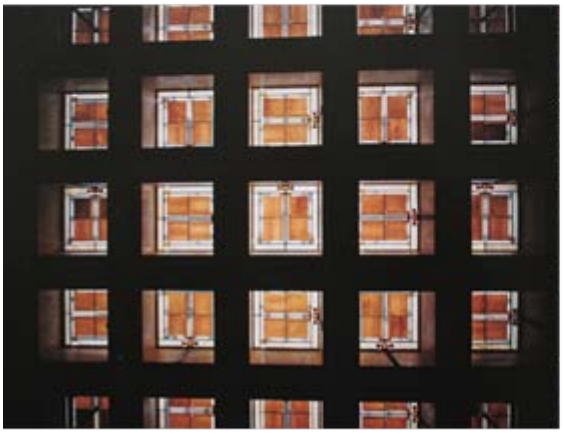
“Todos os sentidos, incluindo a visão, são extensões do tato; os sentidos são especializações do tecido cutâneo, e todas as experiências sensoriais são variantes do tato e, portanto, relacionadas à tatilidade. Nosso contato com o mundo se dá na linha divisória de nossas identidades pessoais, pelas partes especializadas de nossa membrana de revestimento”. (PALLASMAA, 2011)

“A ideia de luz significando conexão ou separação, assim como seu significado e interpretação, difere entre várias culturas e também através do tempo. Os materiais construtivos disponíveis no local, os métodos construtivos e as condições climáticas geralmente determinam o número, o tamanho e o tipo de aberturas. As habitações, em muitos climas frios, como o norte europeu, tendem a ter poucas aberturas em paredes massivas, resultando num interior escuro”. (MILLET, 1996) Portanto, a questão formal também é um parâmetro no qual a luz influencia enormemente, muito embora atualmente em muitos edifícios a iluminação funcional seja praticamente fornecida por fontes artificiais: “Em muitas edificações contemporâneas públicas ou comerciais, até mesmo em casas, tem sido quase que substituída a luz natural pela elétrica”. (MILLET, 1996)

Espaços religiosos geralmente requerem uma iluminação que privilegiem a introspecção e o recolhimento, essa premissa influencia frequentemente a composição e forma das aberturas desses edifícios. (Figuras 15 a 18)

Figuras 15 e 16 – Igreja da Luz, Ozaka - Japão Tadao Ando.

Fonte: Coleção Folha grandes arquitetos V9, pag. 34 e 37.



Figuras 17 e 18 – Detalhe da cobertura e vista interior – UnityTemple, Illinois - EUA, Frank Lloyd Wright.

Fonte: Coleção Folha grandes arquitetos V1, pag. 24 e 25

"A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada por Edison, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação." (LAMBERTS; DUTRA & PEREIRA, 1997)

"Se o dia proporciona ao arquiteto o ensejo de tanta versatilidade, a noite resulta não menos pródiga, sucedendo que, no litígio com a escuridão, se pode afirmar que ele reconstitui a tarefa do gênese ao estabelecer que, de uma lâmpada pendida, emergirão à existência em todos os olhos que aí se encontram, as superfícies, as formas, as cores confinadas, até o momento, em o não-ser noturno. Entregue ao seu descortino a missão de iluminar o ambiente, sentirá o criador que a arquitetura mesma se aparta em arquitetura do dia e arquitetura da noite; sendo tais as distinções em face da vista, que se pensa na dualidade com que o autor norteia a própria criação em busca de uma unidade que se preste para o dia e para a noite". (COUTINHO, 1977)

O que nos leva a achar um lugar mais agradável do que outro? Por vezes essas sensações de bem estar e de conforto estão ligadas à maneira como a iluminação destes

ambientes foi projetada. Certamente o projeto de arquitetura leva em conta outros aspectos que na composição do ambiente obviamente contribuem para essas sensações, mas uma grande parcela da percepção espacial está relacionada diretamente à iluminação. A percepção da luz só acontece na presença de elementos para a sua reflexão, assim como os volumes, texturas e formas só se revelam na presença da luz.

A nossa percepção em relação à iluminação de alguns ambientes faz com que algumas formas de iluminação sejam preferidas em relação a outras. Em algumas oportunidades, a iluminação indireta refletida por paredes ou tetos, se mostra mais “macia”, menos “dura” do que a iluminação direta e pontual. A difusão da luz rebatida ameniza sua intensidade, preenchendo ou “recheando” o espaço de uma forma mais homogênea. Em ambientes de estar ou lazer, espera-se encontrar uma iluminação acolhedora, suave e em quantidade suficiente para essa atividade, quando a circunstancia requer uma iluminação mais vibrante, o que se espera é uma iluminação capaz de motivar a participação das pessoas de forma mais ativa. As atividades laborativas, também requerem o atendimento de parâmetros quantitativos e qualitativos de iluminação, a norma NBR 5413 da ABNT faz menção apenas ao nível de iluminação recomendado (iluminâncias), deixando de lado questões como o brilho aparente das superfícies (luminâncias), ergonomia e conforto visual, e demais assuntos que tratam das questões óticas dos dispositivos que tratam a luz (luminárias).

“Uma luz mais ou menos concentrada – isto é, luz de uma ou mais fontes incidindo na mesma direção – é a melhor para se verem(sic) forma e textura. Ao mesmo tempo, esse tipo de iluminação enfatiza o caráter fechado de uma sala. A luz pode, por si só, criar o efeito de espaço fechado. Uma fogueira de acampamento numa noite escura forma uma caverna de luz circunscrita por uma muralha de escuridão. Aqueles que estão no interior do círculo luminoso têm a sensação de que se encontram juntos no mesmo recinto. No início de sua carreira, Frank Lloyd Wright reconheceu isso”. (RASMUSSEN, 2002)

O homem sempre teve a necessidade de contar histórias, os rituais religiosos a transmissão de conhecimento e toda a mitologia que envolvia as civilizações antigas tiveram alguma relação com a representação cênica. Os gregos construíram teatros ao ar livre, onde a iluminação preponderante era a natural, entretanto lanternas eram utilizadas para a iluminação noturna, demonstrando que cenas foram concebidas para essas situações. (WILLIAMS, 1999).

“Durante muitos séculos, o teatro foi realizado à luz do sol, sem necessidade de iluminação artificial. O espetáculo começava de manhã, percorria o dia todo e despedia-se quando o sol ia embora. Era como se uma luz natural governasse a cena lá do alto, de uma grande distância. Quando chegava o final da tarde, esta luz se recolhia e o espetáculo cessava”. (CAMARGO, 2000) Outras atividades, como o trabalho, também estavam limitadas aos horários do dia em que havia luz natural suficiente para o desempenho das tarefas e atendimento das necessidades da acuidade visual.

A iluminação teatral permitiu que se fizessem várias experiências a fim de se obter um maior proveito da iluminação, entre elas a criação de refletores para velas, luzes de ribalda e projeções. Os primeiros dispositivos óticos conhecidos e utilizados por gregos e romanos, por volta de 300 a.C., se constituíam em esferas de vidro cheias de água, que se comportavam como lentes, lentes estas que só apareceriam realmente no final do século XIII. (WILLIAMS, 1999) Muitas dessas experiências obtiveram êxito e foram efetivamente eficazes contribuindo para o desenvolvimento tecnológico da iluminação, sendo utilizadas de maneira geral e não apenas na iluminação dos espaços cênicos. Fresnel (1788-1827) desenvolveu em 1809, um sistema de lentes utilizado até hoje. Sir HumprhreyDavy, criou uma lâmpada que produzia luz através da queima de duas barras de carbono por meio de um arco voltaico. Em 1807 a iluminação a gás já iluminava as ruas de Londres, na Inglaterra e em 1879, Thomas Edison obteve êxito com sua lâmpada elétrica, conseguindo sua patente e iniciando sua produção em escala industrial.

A iluminação pública na cidade de São Paulo em 1830 era feita através de lampiões que utilizavam como combustível o azeite e já em 1873 a “São Paulo GazCompanyLtd.” já estabelecida, dispunha de 700 lampiões a gás de hulha (carvão mineral) para a iluminação pública. Em 1905 as primeiras lâmpadas elétricas de arco voltaico, são instaladas na rua Barão de Itapetininga, no centro da cidade pela companhia “The São Paulo Tramway, Light and Power CompanyLtd.”. No final da década de 1920, já estava consolidada a iluminação pública fornecida pela “Light” e as lâmpadas incandescentes foram substituindo as lâmpadas de arco voltaico.

A iluminação pode ser utilizada como fator de orientação, segurança, e hierarquia espacial, tanto em ambientes internos quanto em áreas externas, indicando referências e

possibilitando o entendimento dessas relações espaciais. O arquiteto de iluminação deve em seu projeto conseguir atender a esses parâmetros, corroborando com as intenções do projeto de arquitetura. (Figura 19)

Figura 19 – Glass Sculpture – Estocolmo, Suécia - Escultura: EdvinÖhrström, Iluminação: Michael Hallbert. Fonte: Lighting Design Europe (Foto Andrés Otero), pag. 227.

"Acontece, todavia que o sol tem as suas determinações particulares, obrigando-se o arquiteto a acomodar o seu desejo às diretrizes da grande luz (...) mas o artista vem a positivar melhor a sua privativa originalidade em outras horas, à noite quando, a expensas de recursos artificiais, ele se aprimora em situar tantas luzes quantas forem necessárias ao desígnio de sua criação. As existências que se dão à vista dos participantes da nave, existências emersas do seio noturno, e expostas de conformidade com a intenção do autor, se exibem mais caprichosamente puras, no sentido da criatividade, que as despertas ante o lume do sol; de maneira que, noturnais, as luzes se prestam a conferir ao espaço inteiro, no domínio da visão, um aspecto de restrita fábrica, um tanto símile daquela que, na arte pictórica , se institui sem ingredientes da realidade direta. O vão que à noite se franqueia a liturgias, que especiais, quer da mesma índole das que se empreendem à claridade do sol, mais que outro qualquer espaço

da arquitetura, abre-se a colaboração de terceiros que não o arquiteto propriamente dito; a nave barroca demonstrando, com nítida evidência, que a elaboração espacial, entendida de certo ângulo, vem a ser a tarefa de muitos, entre os quais se anota o acendedor das velas que, indo de altar a altar, sucessivamente desperta nos olhos testemunhantes o relevo, a existência de imagens até então invisíveis em sua treva"(COUTINHO, 1977).

Podemos estender o conceito de conforto a que se refere McCandless, como também o da referência e da orientação temporal, a relação de conexão interior/exterior pode ser reforçada através da iluminação. "As superfícies expostas da maneira que projetou o arquiteto, se observadas no transcurso das horas, apresentam-se como esculturas em confecção, tal a mutabilidade de aparência que o observador consigna, menos por sua mobilidade que em si mesma é alteradora de aspectos, e mais pelo movimento da luz, que no tocante à plástica em que diariamente incide, faz as vezes de um calendário que instrui, repetindo-o na regularidade dos cotidianos, o tempo normalizado assim pela arquitetura; a claridade do sol incluindo-se entre os valores que, em sua objetividade, procedem como artistas a quem o arquiteto delegou poderes de factura, a claridade do sol (e porque não das luzes artificiais, n.e) não consente que uma coisa se conserve em feição igual, única em seu prospecto, ao contrário, exibe-a desenvolta em aceitar as propostas mudanças... A realidade se desobjetiva existencialmente, e no próprio fenômeno da luz que incide agora em figuras que anteriormente eram apagadas, inexistentes à visão do observador, e que, se extinta a fonte luminosa (natural ou artificial, n.e.), regressam ao obscuro, ao inexistente na visualidade ainda disponível; no próprio fenômeno da luz tem-se a ilustração do teor com que se completa o ser de um indivíduo humano, assim equiparável à luz porque tudo se faz e se perfaz conquanto conhecido pelas faculdades deste que, absolutamente, de si para si, é, de modo incontestável, a instância última na multiplicidade de todos que também veem e entrementes passam à categoria de existenciais, de dependentes no acervo deste englobador e no final testemunhante". (COUTINHO, 1977)

A luz tem como função básica a visibilidade, como bem definiu McCandless, as suas outras funções, conforto, composição, e atmosfera são definidores e determinantes para o espaço arquitetônico. De acordo com Pallasmaa, vivemos em uma ditadura da visão sobre os outros sentidos na qual "a predileção pelos olhos nunca foi tão evidente na arte da arquitetura como nos últimos 30 anos". Grande parte do apelo visual que encontrou na arquitetura

contemporânea um repositório é resultado de diversos fatores, entre eles o aumento da quantidade de iluminação requerida para destaque de edifícios em meio de cidades cada vez mais iluminadas e a oferta de sistemas de iluminação com características meramente cenográficas, que além de desperdício de recursos resumem os projetos de iluminação em espetáculos visuais.

Em “Aprendiendo de Las Vegas”, Robert Venturi, Steven Izenour e Denise Scott Brown no final da década de 1970, demonstram como a iluminação utilizada nos cassinos da cidade promove a desorientação temporal dos usuários com a intenção de persuadi-los a permanecer nos ambientes. “La luz no se usa para definir elespacio. Muros y techos no sirven como superfícies reflectantes de la luz sino que sonabsorbentes y oscuros... La iluminación es antiarquitectónica”. Atualmente essa estratégia de marketing, muito utilizada nos shoppings centers do mundo todo, está perdendo força graças a um novo olhar sobre o exagerado consumo de energia e a “certificação verde” tão almejada por empreendedores e construtoras, infelizmente também com intenções mais mercadológicas do que ambientais e sociais.

Como já mencionado no capítulo 1 – Introdução, a luz é necessária para a manutenção da vida no nosso planeta, assim como uma das suas funções é a da visibilidade, mas mais do que isso a luz é indiscutivelmente necessária para nos ajudar a compreender os espaços e ambientes, sendo assim imprescindível para a arquitetura. “Luz é somente um dos vários aspectos da arquitetura. Mas a luz revela a edificação, suas intenções, seus espaços, suas formas e seus significados. Luz revela a arquitetura e, no melhor dos casos, arquitetura revela a luz”. (MILLET, 1996)

"De inúmeras maneiras, a luz excita nosso cérebro.
Mas primeiro precisamos transcender o olhar".

Howard Brandston

CAPÍTULO 4

IMAGENS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO DA PERCEPÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Introdução

Este capítulo apresenta possíveis caminhos para a aplicação de algumas técnicas que se utilizam de imagens fotográficas e alguns exemplos de softwares que através de simulação podem ser utilizados como ferramentas na construção da percepção do arquiteto ou designer de iluminação e também na apropriação da luz no processo de projeto de iluminação. Geralmente esses recursos, podem ser utilizados em simulações de iluminação artificial e natural, em modelos de escala reduzida ou em modelos digitais, permitindo uma melhor compreensão e possibilitando a utilização de sistemas que contemplem a associação dessas duas fontes.

A apresentação de diversas técnicas não tem a intenção de compará-las sobre o aspecto de qual seria a mais valiosa para o arquiteto, mas sim de demonstrar alguns caminhos que podem ser de grande utilidade, primeiro para uma maior compreensão da interação da luz com o espaço no processo de projeto, contribuindo na construção de referências e repertório no treinamento do olhar, e em segundo de se constituírem como possíveis ferramentas de avaliação da iluminação pós-ocupação.

De forma intencional para cada um dos estudos de caso apresentados no Capítulo 5, será utilizado apenas um desses métodos de maneira que cada um deles possa servir como opção para futuras utilizações, ficando a cargo do arquiteto de iluminação selecionar o que melhor atender suas necessidades de projeto. Atualmente existe uma grande diversidade de softwares que fazem a simulação da iluminação natural e artificial, porém, alguns não têm tanta precisão, ou não foram homologados por associações ou entidades normatizadoras, entretanto, isso não o invalida como ferramenta de treinamento do olhar, cabendo ao usuário fazer a seleção com o rigor necessário.

Para Lou Michel, um grande desafio para os designers de iluminação é prever qual a aparência das superfícies no espaço arquitetônico, após sua construção e instalação da iluminação e colocação do mobiliário, assim a utilização de recursos para o “treinamento do olhar”, como sugere Brandston, pode se tornar essencial.

“Porque luz e espaço são os fatores finais que determinam a aparência de um material, e porque o projeto arquitetônico de qualidade é dependente de uma harmoniosa e organizada composição das superfícies luminosas em um ambiente, é importante que durantea fase de projeto o designer seja capaz de para ser visualizar previamente como a cor e a textura dos materiais para revestimentos serão exibidos para o olho humano em vários níveis de brilho”. (MICHEL, 1996)

4.1.Sistema LBR (*LBR Sysytem)*

Em luminotécnica o brilho de uma fonte luminosa ou de uma superfície é chamada de luminância e sua grandeza é dada em candela (cd) por metro quadrado (m²), ou cd/ m². O brilho que vemos de uma superfície é relativo, ou seja, a sua luminância varia de acordo com a posição na qual nos encontramos, assim como os efeitos da reflexão da luz que banham uma superfície dependem de outros fatores como o coeficiente de reflexão do material, que está relacionado com sua cor e textura e também da qualidade e da quantidade da luz que é derramada sobre essa superfície, assim se alterarmos a posição e a intensidade de luz sobre uma superfície suaaparência também será alterada. (MICHEL, 1996)

O sistema *LBR System* foi aplicado ao design de iluminação pelo norte-americano Lou Michel e se utiliza de uma classificação de brilhos dos materiais de revestimento numa escala de cinza, e pode ser utilizado tanto pelo arquiteto para definir os acabamentos das superfícies, como pelo arquiteto de iluminação, para prever as luminâncias dessas superfícies, principalmente qualitativamente, através da leitura comparativa entre as superfícies, independentemente das cores utilizadas sobre elas. “O olho humano não vê o mundo total em preto, branco ou cinza, mas a escala de cinza fornece um meio para avaliar e controlar a aparência dos valores de cor em termos de brilho como visto no revestimento dos materiais quando submetidos à iluminação”. (MICHEL, 1996)

Uma das principais aplicações do sistema LBR diz respeito ao refinamento do cálculo de iluminação, pois permite o conhecimento exato da refletância de um determinado material de revestimento. Em edifícios corporativos, onde há uma padronização do revestimento de grandes áreas de circulação e escritórios essa informação é muito importante para o dimensionamento da iluminação, da mesma forma, o conhecimento do brilho aparente do revestimento pelo projetista também auxilia na seleção deste material.

De acordo com Lou Michel, o método da escala de cinzas, foi criado pelo fotógrafo Ansel Adams e desenvolvida pelos seus seguidores, entre eles, Minor White. O método, criado antes da fotografia digital, conhecido como sistema de zonas, é ainda muito utilizado por fotógrafos, “pela química da fotografia em preto e branco, as cores são convertidas para valores de cinza em zonas de brilho” e é necessário que os fotógrafos vejam “toda a cena

prestes a ser fotografada como uma composição total de diferentes tons de cinza. Para os fotógrafos profissionais a escala de cinza é uma ferramenta de trabalho do dia a dia e é um sistema realizado na memória, sendo facilitado seu registro na memória pela presença de uma zona intermediária, que é uma chave entre as duas extremidades da escala".

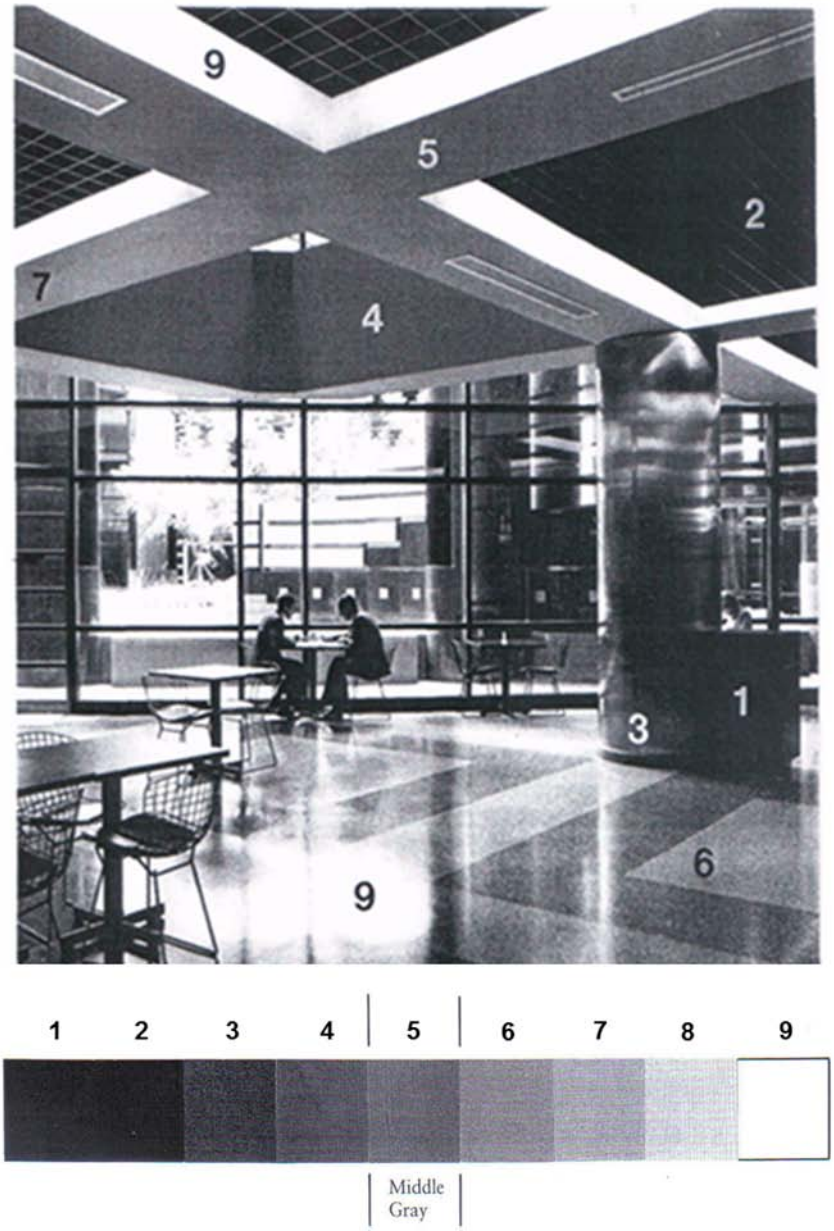


Figura 20. Zonas em escala de cinza medidas em uma fotografia.

Fonte: Lou Michel: Light: the shape of space, Pag. 71

O sistema de zonas utilizado por fotógrafos é mostrado na Figura 20, diversas vezes aparece ilustrando manuais sobre fotografia. A cafeteria mostrada na foto é uma composição de níveis de brilho percorrendo a escala completa de preto para branco. A iluminação no quarto é uma mistura de iluminação com lâmpadas fluorescentes e luz solar refletida de um terraço. Uma escala de cinzas foi atribuída de acordo com a orientação das superfícies (ângulo de inclinação) na direção das fontes de luz e do observador (câmera), medindo o brilho de cada superfície. Na parte inferior da estrutura do forro que simula uma viga, próxima da janela, encontra-se a zona 7, que recebe mais luz refletida do piso, enquanto que na parte mais distante aparece na zona 5 (cinza médio). Essa mudança na zona mostra como uma superfície responde à luz em função da sua posição. Deve ser também observado como brilho de algumas superfícies aumenta radicalmente, atingindo a zona 9 onde os detalhes das superfícies são praticamente apagados. De acordo com Michel, esse sistema é fundamental para uma pré-visualização de um espaço arquitetônico, pois a ordem dos tons de cinza significa uma sequencia lógica de aumento gradativo das superfícies menos brilhantes para as mais brilhantes, do preto ao branco: “Saber como, onde e qual o nível proporcional de brilho, é a essência do controle da composição de espaço e design da luz, independente da cor real das superfícies. Ver o ambiente projetado de acordo com uma escala de cinzas, analisando a quantidade, proporção e localização do brilho, confirma um padrão de prévisualização de como um espaço se tornará após a sua construção com a adição da luz e da cor”.

A escala LBR tem nove zonas para facilitar sua memorização uma vez que uma escala muito grande tornaria esse trabalho impraticável. Como na escala de cinzas de fotografia as duas zonas extremas são do preto (zona I) e do branco (zona IX) e entre elas, por motivos ergonômicos, baseado no sistema visual humano, que de acordo com cientistas de percepção visual, uma refletância de 30% é vista pelo olho humano como cinza-médio (zona V), justificando assim a adoção do cartão Munsell N6 como padrão, pois sua refletância é exatamente de 30%.

A escala LBR tem diferentes finalidades, uma delas é se tornar um dispositivo prático de comparação entre os brilhos das superfícies para o arquiteto ou ligting designer, para o primeiro na escolha dos acabamentos em função do seu brilho aparente e para o segundo na definição da quantidade, posicionamento e intensidade das fontes de luz. A indústria também

pode se beneficiar desse sistema, desenvolvendo produtos com especificações de refletâncias mais corretamente indicadas. “Na prática profissional, o sistema LBR reune o trabalho do arquiteto, do lighting designer e dos fabricantes de materiais de construção coordenando suas atividades e experiência individual para a realização do espeçao arquitetônico bem projetado”. (MICHEL, 1996)

Alguns fatores influenciam no brilho aparente dos revestimentos, entre eles estão a cor e textura do material, a quantidade e distanciamento entre o material e a luz, natural ou artificial, assim como o ângulo do observador. Segundo Lou Michel, são os “efeitos da luz” que determinam o que irá acontecer com os materiais no espaço iluminado, podendo: 1. aparentemente clarear ou escurecer em função da quantidade e qualidade da iluminação; 2. aparentemente escurecer, se o material tem uma superfície mais texturizada; 3. aparentemenrte clarear ou escurecer em função do seu ângulo de inclinação para as fontes de luz e 4. aparentemente clarear ou escurecer dependendo do ângulo de inclinação em relação ao observador, sendo que esta quarta determinante não está totalmente nas mãos do arquiteto ou do lighting designer.

“Como a luz e espaço são fatores que determinam a aparencia final de um determinado material, e como um projeto de arquitetura de qualidade depende de uma harmoniosa composição das superfícies luminosas de um ambiente, é fundamental que durante o desenvolvimento do projeto o arquiteto tenha a capacidade da prévisualização de como a cor e a textura dos materiais de revestimento serão vistos pelo olho humano nos diversos níveis de brilho” (MICHEL, 1996)

4.2. Imagens HDR

Constantemente o olho humano é comparado a câmeras fotográficas, entretanto essa comparação deve ser cuidadosa. Realmente as câmeras fotográficas se assemelham ao funcionamento do olho humano na construção de imagens, porém as câmeras fotográficas ainda estão longe de ter a mesma capacidade de captação de imagens como o olho humano.

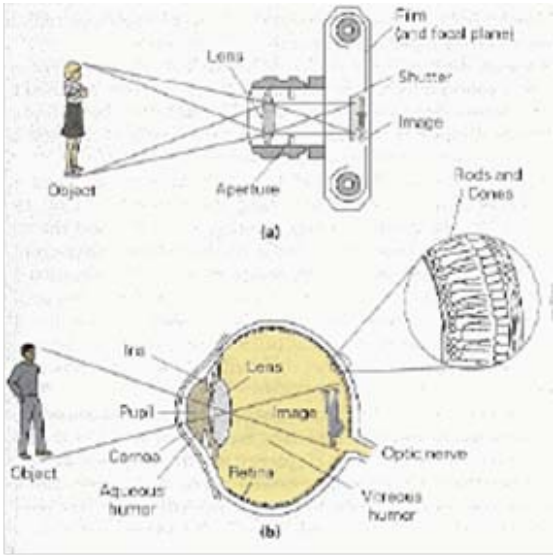


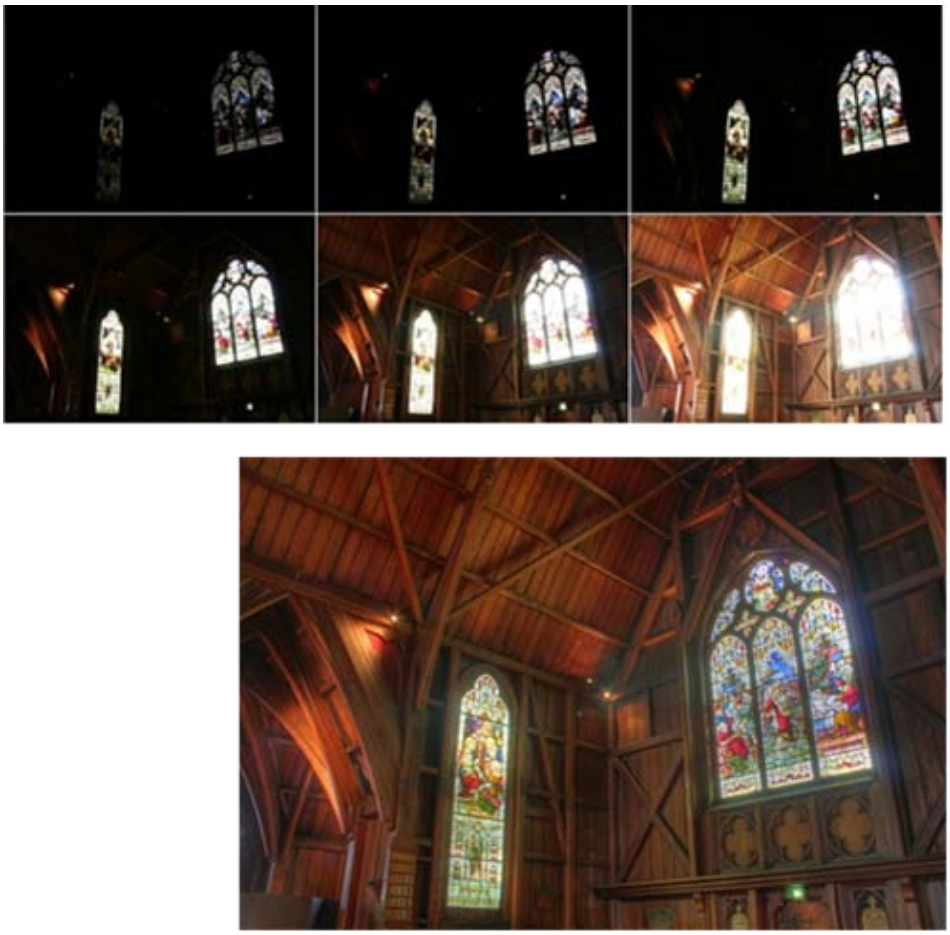
Figura 21. Formação das imagens pelo olho humano e câmera fotográfica.

Fonte:Mark Rea e Mariana Figueiró. Iluminação – Elementos científicos, pag. 3

O olho humano tem um alcance dinâmico de 10.000:1, ou seja, consegue distinguir objetos com grande diferença de brilho, enquanto que as câmeras digitais operam em uma faixa dinâmica abaixo de 1000:1. Isto quer dizer que enquanto presenciamos uma cena iluminada por uma luz intensa e percebemos e registramos um grande número de detalhes, as câmeras fotográficas estão limitadas a uma menor captação destes detalhes, dependendo da abertura do obturador para a entrada de luz ou da velocidade de exposição. Quando estamos no interior de um ambiente e a intensidade de luz do exterior é maior do que a do interior ao olharmos por uma janela, conseguimos enxergar na mesma imagem detalhes do interior e do exterior. Isso não acontece ao fotografarmos a mesma cena, pois temos que regular a entrada de luz para captar os detalhes do interior ou do exterior, um de cada vez, devido à limitação do alcance dinâmico das câmeras.

Em 1850, Gustave Le Gray utilizou a técnica de combinação de duas imagens, uma com maior e outra com uma menor exposição para compor uma única fotografia de uma cena marítima na qual, devido à diferença de intensidade de luz, a câmera não conseguia registrar todos os detalhes. Nas décadas de 1930 e 1940, Charles Wickoff desenvolveu uma técnica, misturando camadas de filme com diferentes exposições.

Ainda que de forma rudimentar esses procedimentos originaram a chamada técnica HDR, sigla em inglês para: *High Dynamic Range* (Grande Alcance Dinâmico), que consiste na fusão de no mínimo cinco fotos com níveis de exposição gradativos de luz para conseguir um registro maior de detalhes, antes não registrados, ou por excesso ou por falta de luz. Quando há excesso de luz os detalhes se perdem por estar velados pelo brilho, quando há falta de luz estão esmaecidos e obscurecidos, escondidos nas sombras. (Figuras 22 e 23)



Figuras 22 e 23: Seis fotografias com níveis de exposição gradativos de luz e imagem HDR composta.Old Saint Paul, Wwllington, Nova Zelândia

(Fonte: pt.wikipedia, acesso em 15/01/2012)

A técnica HDR para analise das condições de iluminação de ambientes internos tem se mostrado uma ferramenta confiável e acessível (SOUZA, 2010) e consiste basicamente na fusão de no mínimo cinco fotos de um ambiente com níveis de exposição gradativos de luz, através de um software, para este trabalho foi utilizado o software picturenaut. (Fig. 24 a 28).

Figuras 24 a 28: Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Cinco fotografias com níveis de exposição gradativos de luz. (Fonte arquivo pessoal)

A imagem fundida resultante deve ser “salva” com extensão de arquivo “.hdr”, para ficar compatível com outro programa e assim possibilitar o próximo passo no tratamento da imagem. (Fig. 29)

Figura 29. Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Imagem fundida pelo software“Picturenaut” (Fonte arquivo pessoal)

A partir da imagem gerada pelo “picturenaut”, com extensão “.hdr”, deverão ser criadas, através da utilização do software “raddisplay” a imagem com os níveis de luminâncias das superfícies (Fig. 30) , a imagem com as cores falsas – “false colors” (Fig. 31), bem como a legenda que permitirá “ler” nessa imagem “false colors” os níveis de luminância. (Fig.32)

Figura 30: Sala de Aula Universidade Cidade de São Paulo. Imagem com os níveis de luminâncias gerada pelo software “Raddisplay” (Fonte arquivo pessoal)

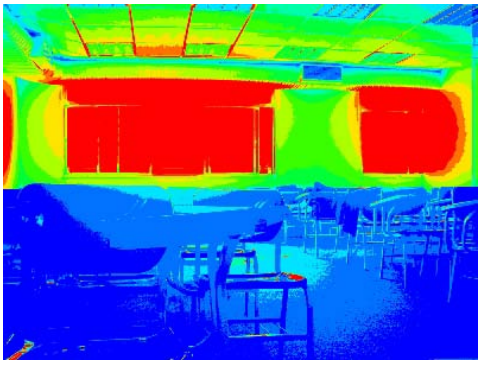


Figura 31: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem com as cores falsas, gerada pelo software “Raddisplay” (Fonte arquivo pessoal)

Threshold >=	% surface	average cd/m²	% lumi
296	0.0	0.00	0.0
263	0.0	0.00	0.0
230	2.4	254.29	8.3
197	1.3	212.61	3.7
164	5.4	177.86	13.2
132	16.6	146.95	32.9
99	11.7	117.33	17.3
66	12.7	80.70	12.6
33	24.0	45.69	11.9
0	26.0	23.33	0.0

Figura 32: Legenda relacionando as cores da imagem com os níveis de luminância gerada pelo software "Raddisplay" (Fonte arquivo pessoal)

Através da imagem das cores falsas, pode-se verificar a distribuição das luminâncias no ambiente. A legenda mostra as faixas quantitativas. Como o olho humano é mais sofisticado que as câmeras fotográficas, podemos a partir de imagens digitais treinar o olhar do arquiteto ou designer de iluminação?

4.3.Software DIALux.

Atualmente existe no mercado uma grande quantidade de softwares de cálculo e simulação luminotécnica à disposição dos arquitetos de iluminação. Alguns deles são gratuitos e estão disponíveis nos sites dos seus desenvolvedores, outros são comercializados também pela internet o que facilita sua aquisição..

O mais antigo desses softwares chamava-se LumenMicro, foi desenvolvido nos Estados Unidos, mas atualmente não é mais comercializado. Outro software americano é o AGi32, considerado o melhor software para cálculos e simulação luminotécnica, a empresa desenvolvedora fica no Colorado e é vendido por aproximadamente mil dólares. Há distribuidores e representantes no Brasil, que dá suporte técnico além de treinamento para os usuários O **Relux** é um software semelhante ao DIALux, que é financiado por diversas indústrias, fornecido gratuitamente.

Da mesma forma que existe uma grande quantidade de produtos disponíveis, suas origens também são as mais diversas, desde softwares que são desenvolvidos por universidades até alguns feitos por associações de fabricantes de luminárias, que através de institutos de pesquisas, fornecem produtos com grande qualidade e gama de informação.

Muitos desses softwares permitem a simulação conjunta de iluminação natural e artificial, atendendo recomendações feitas por instituições e entidades normatizadoras, entretanto, mesmo em produtos não homologados, a visualização de imagens “renderizadas”, ou seja, imagens modeladas digitalmente com os efeitos da luz no espaço, pode iludir o arquiteto por sua grande qualidade gráfica.

O software DIALux é desenvolvido pela, DIAL, que fica na Alemanha, e disponibilizado gratuitamente pelo site: www.dial.de, trata-se de outra ferramenta que possibilita além do simples cálculo de iluminação natural e artificial, uma verificação da imagem em 3D.

A DIAL é financiada por uma centena de indústrias de luminárias e lâmpadas de mundo todo, que disponibilizam um grande banco de dados dos produtos, facilitando a utilização e especificação em projetos.

O programa permite a importação de arquivos desenvolvidos em aplicativo CAD, ou a criação de um desenho do ambiente a ser estudado, permite também a inserção de diversos

materiais de acabamento, mobiliário e elementos arquitetônicos como janelas, portas, pilares, colunas, etc., já que possui uma extensa biblioteca com esses elementos. (Fig. 33)

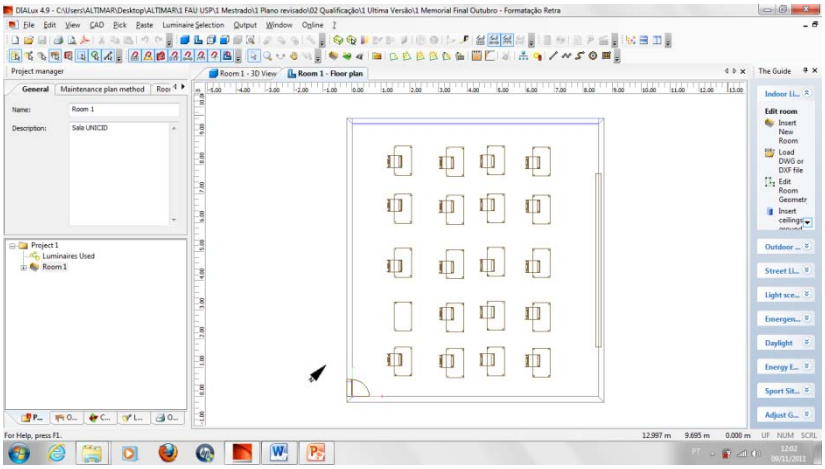


Figura 33: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Planta com baixa criada no programa "DIALux".

(Fonte arquivo pessoal do autor)

O programa realiza o cálculo da luz natural e artificial, assim deve-se observar a orientação do sol, inserindo a cidade onde está localizado o ambiente. (Fig.34)

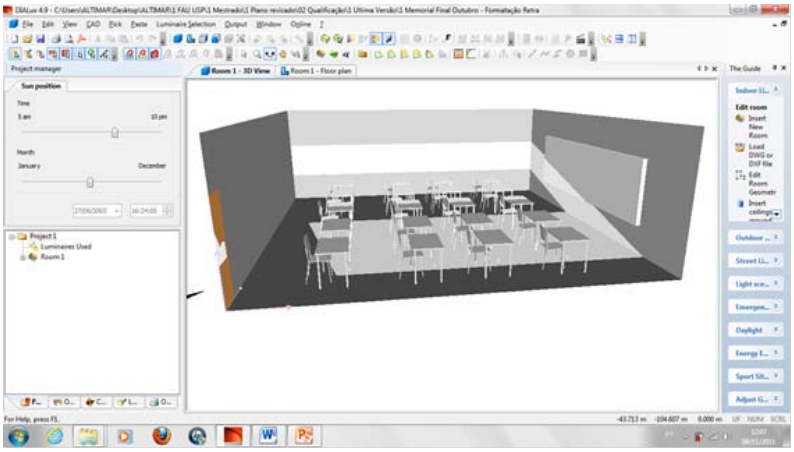


Figura 34: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D, a partir da planta, com a orientação, mobiliário e aberturas - "DIALux".

(Fonte arquivo pessoa do autor)

O software possui uma grande relação de cidades, com suas coordenadas, para uma maior precisão no cálculo e simulação da insolação, e possibilita a leitura de diversas posições em 3D nos dias e horários selecionados. (Figura 35). Para o cálculo da iluminação natural são necessárias as informações de latitude da cidade na qual o ambiente está situado, a data e o horário que se deseja.

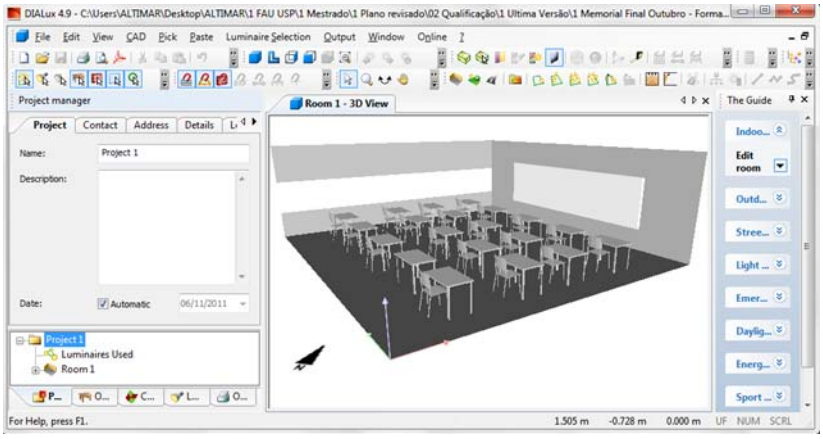


Figura 35: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D, com a projeção da insolação no interior do ambiente, aproximadamente as 15h no mês de junho, para a cidade de São Paulo - "DIALux".
(Fonte arquivo pessoal do autor)

Caso necessário o programa possibilita uma simulação permitindo o ajuste ou a introdução de elementos selecionados como janelas, brises, marquises ou anteparos para o controle da iluminação natural.

Para a visualização e cálculo da iluminação artificial é necessário que seja feita a especificação das luminárias e lâmpadas, neste caso, fabricantes de vários países disponibilizam as informações técnicas necessárias para o cálculo de iluminação artificial.

Após a seleção do modelo da luminária e do tipo de lâmpada, a inserção e o posicionamento desse conjunto pode ser feita individualmente ou em grupo, dependendo do conceito do projeto. (Fig. 36)

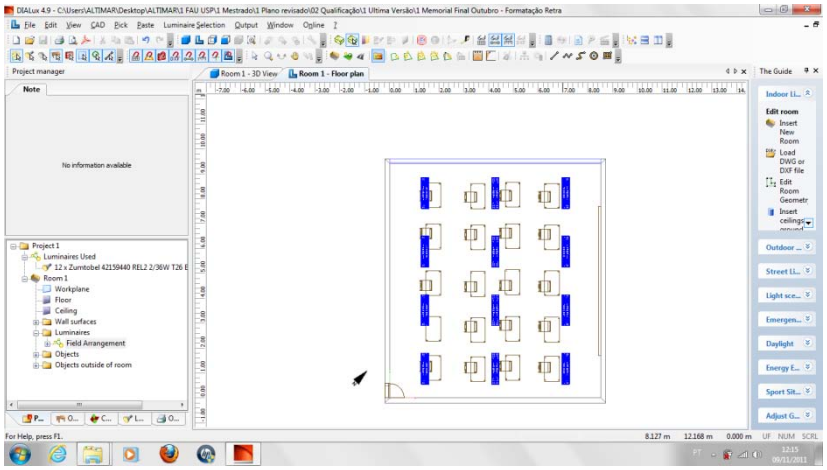


Figura 36: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Planta com a distribuição das luminárias – DIALux.

(Fonte arquivo pessoal)

Para o exemplo apresentado neste capítulo, uma sala de aula, a recomendação do nível de iluminamento no plano de trabalho, pela norma brasileira (NBR 5413) é de 500 lux. Neste caso foi sugerido um modelo de luminária bastante comum, com refletor e aletas pintados na cor branca, para duas lâmpadas fluorescentes de 32 W, com reatores eletrônicos. O software faz o cálculo e possibilita a visualização em vista 3D com a distribuição da luz no ambiente. (Fig. 37)

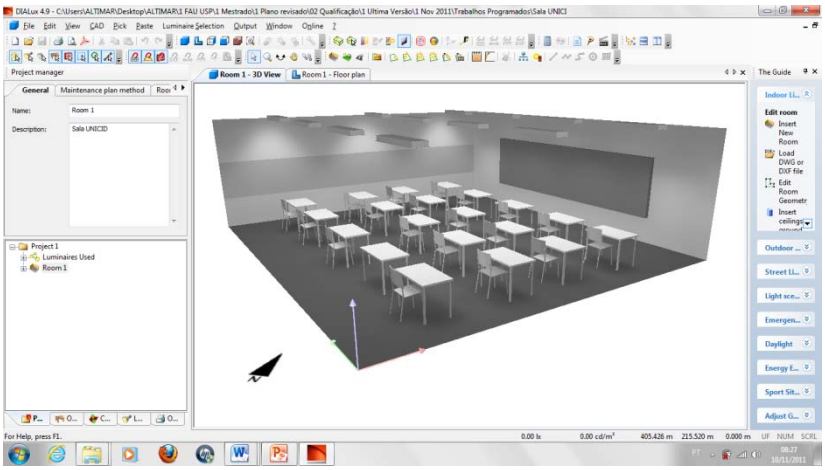


Figura 37: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D da distribuição as luminárias, com os fachos de luz e a distribuição da luz no plano de trabalho – DIALux.

(Fonte arquivo pessoal do autor)

O software permite a associação da iluminação natural e artificial na mesma imagem, possibilitando uma análise dessa interação e possíveis adequações ou estratégias de redução de consumo de energia através de sistemas de controle dos níveis de iluminação, quando a oferta de luz natural suprir as necessidades. (Fig. 38)

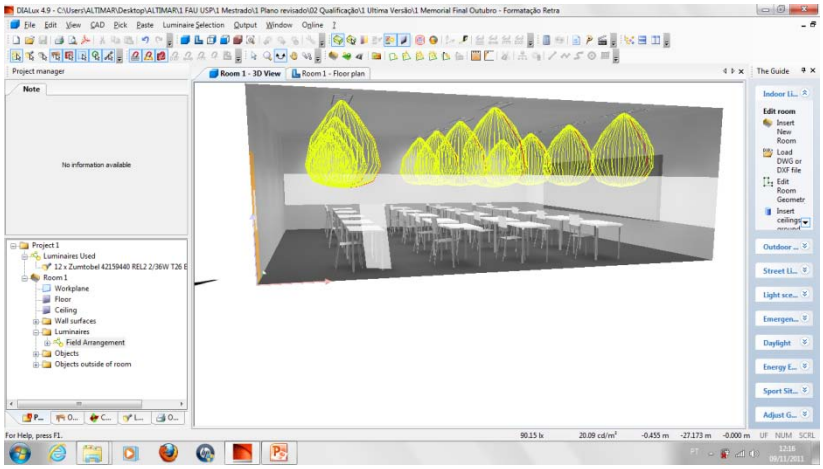


Figura 38: Sala de Aula- Universidade Cidade de São Paulo. Vista em 3D resultado da associação da iluminação natural e artificial – DIALux.

(Fonte: arquivo pessoal do autor)

Através do DIALux, também a exemplo do “RadDisplay”, pode-se obter uma imagem com as cores falsas e uma legenda com os níveis obtidos no cálculo, tanto somente para a iluminação artificial (Fig. 39) como também para a associação entre a iluminação natural e artificial. (Fig. 40)

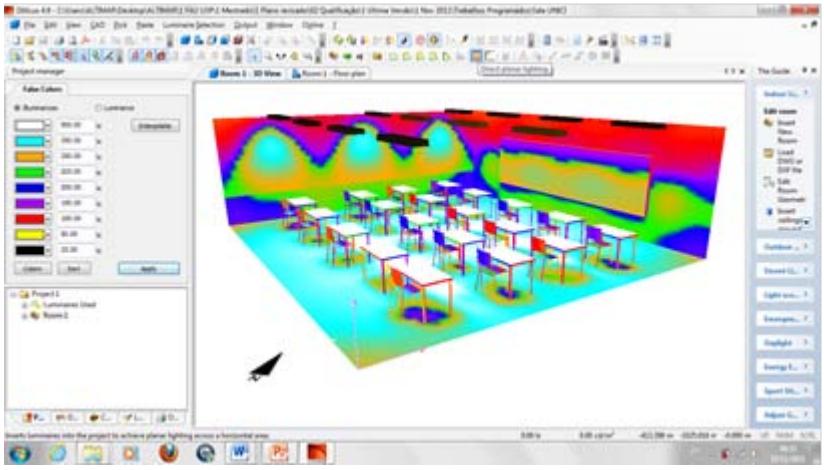


Figura 39: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem em 3D, com cores falsas e legenda dos níveis de iluminação artificial – DIALux.

(Fonte arquivo pessoal do autor)

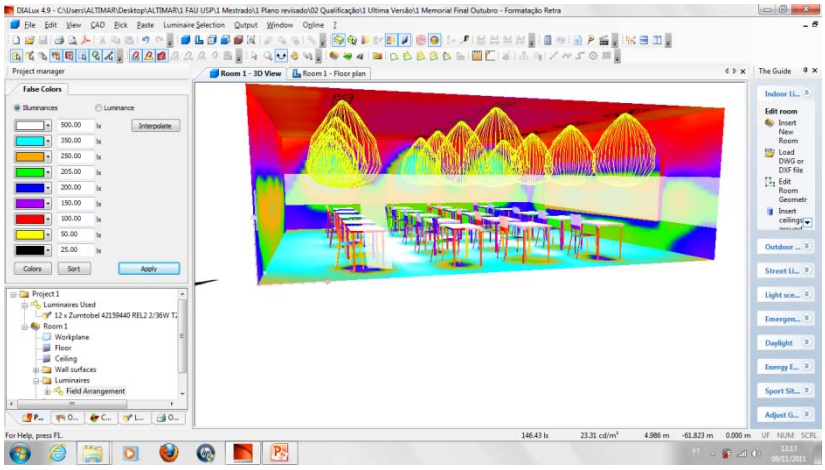


Figura 40: Sala de Aula – Universidade Cidade de São Paulo. Imagem em 3D, comcores falsas e legenda dos níveis associando iluminação natural e artificial – DIALux.

(Fonte arquivo pessoal do autor)

Em uma primeira análise, podemos verificar que há um excesso de luz natural sobre a lousa, o que poderia sugerir um ofuscamento, podendo desabilitar o usuário nesta posição, também poderia causar uma veladura do texto escrito sobre o plano da lousa, uma solução seria a adoção de algum elemento que controlasse a entrada excessiva de luz neste período do ano.

Para o caso da iluminação artificial, podemos verificar através da legenda na figura 40, que os níveis obtidos no plano de trabalho atendem a recomendação das normas brasileiras (NBR 5413).

"A iluminação é uma parte tão importante das artes visuais e acima de tudo da arquitetura, que eu tenho certeza que ainda que fizermos o melhor projeto de iluminação hoje, amanhã poderá ser inadequado"

Richard Kelly

CAPÍTULO 5

ESTUDOS DE CASOS

Introdução – Um breve relato sobre o movimento moderno na arquitetura brasileira.

De acordo com Kenneth Frampton em "História crítica da arquitetura moderna",são as evoluções culturais e técnicas que antecederam e propiciaram o ambiente necessário para o surgimento da arquitetura moderna, entretanto para ele, "quanto mais rigorosamente se procura a origem da modernidade, mais atrás ela parece estar. Tende-se a recuá-la, se não à Renascença, pelo menos àquele momento de meados do século XVIII em que uma nova visão da história levou os arquitetos a questionar os cânones clássicos de Vitrúvio e a documentar os vestígios do mundo antigo a fim de estabelecer uma base mais objetiva sobre a qual trabalhar. Isso, junto com as extraordinárias mudanças técnicas que se sucederam ao longo do século, sugere que as condições necessárias da arquitetura moderna aparecerem em algum momento entre o desafio, feito pelo médico, físico e arquiteto Claude

Perrault no fim do século XVII, à validade universal das proporções de Vitrúvio e a cisão definitiva entre engenharia e arquitetura, um momento que se costuma remontar à fundação, em Paris, da 'ÉcoledesPonts et Chaussées', a primeira escola de engenharia, em 1747". As transformações culturais, territoriais e técnicas que Frampton sugere como ambiente no qual "emergiu a arquitetura moderna" acontecem entre os anos de 1750 e 1939.

"A arquitetura religiosa católica também começou a se beneficiar das novas técnicas. Embora tenha demorado – especialmente no Brasil – um pouco mais a encontrar os seus caminhos, notadamente no que tange à decodificação de uma linguagem arquitetônica moderna para uma comunidade cristã influenciada pelos ditames de um processo de industrialização da sociedade, a arquitetura religiosa acabou por encontrar a sua nova forma de expressão. Emblema da busca de uma nova linguagem arquitetônica que antecede à arquitetura modernista religiosa subsequente é a igreja da Sagrada Família, na cidade espanhola de Barcelona. Na época, os chamados estilos históricos influenciavam sobremaneira na arquitetura religiosa. Quando se tratava da escolha do estilo da construção de uma igreja, normalmente não havia muita hesitação: eram construídas nos estilos neogótico ou neorromânico. A igreja da Sagrada Família supera a inflexibilidade dessa linguagem ligada ao passado histórico propondo de modo singular a mescla de vários estilos, quase como uma forma de exasperação, mas com genialidade e criatividade sem par"(...) No Brasil, como é notório, a arquitetura moderna chega no inicio do século XX e se desenvolve rapidamente, até atingir um grau de reconhecimento internacional. Essa mesma arquitetura acaba também por, de algum modo, influenciar a arquitetura religiosa católica brasileira. Embora seja necessário salientar que as mudanças em âmbito de arquitetura religiosa moderna no Brasil tenham sido mais lentas e em menor escala, já que, ao contrario do que acontecia em algumas regiões da Europa, a prestigiada arquitetura moderna brasileira não teve uma adequada compreensão e, por consequência, uma recepção pacífica por parte de alguns setores da Igreja no Brasil. Nesses setores, imperava mais a desconfiança e a falta de diálogo por parte da Igreja local do que o acolhimento e a percepção de novidade e renovação em matéria de arquitetura religiosa". (FRADE, 2007)

No Brasil a arquitetura moderna aconteceu nas principais capitais e em São Paulo e no Rio de Janeiro de forma mais veemente, onde as manifestações culturais e artísticas aconteciam com mais frequência, assim como a influência europeiatambém se fazia notar.

A participação do arquiteto Antônio Garcia Moya na Semana de Arte Moderna de 1922, mesmo que de forma tímida,pode ser considerada a primeira manifestação do movimento moderno na arquitetura no Brasil, e com a chegada em São Paulo do arquiteto russo Gregori Warchavchik em 1923, a tendência dessa nova arquitetura caminha definitivamente para a sua consolidação, assim como sua influência no que se convencionou chamar de “escola paulista”. Segundo Santos (2006) “causa estranheza” o fato de Dubugras, que utiliza “técnicas construtivas e linguagem vinculadas ao repertório modernista, não ter participado da Semana de 22”.

São Paulo apresenta entre as décadas de 1930 e 1960 um grande processo de metropolização com grande influencia europeia, quer seja através de arquitetos brasileiros com formação na Europa, quer seja através dos imigrantes que aqui se radicaram. “A década de 1930 inaugura um período de transformação radical da paisagem de São Paulo que se estende até os anos 1960, e é impulsionada pela industrialização. Do ponto de vista urbanístico e arquitetônico, essa transformação se caracteriza pelo adensamento vertical das áreas centrais e pela expansão horizontal da periferia. Foi nesse momento de crescente urbanização que a cidade recebeu um novo fluxo imigratório formado por investidores, profissionais liberais e trabalhadores urbanos que deixaram a Europa em busca de melhores oportunidades de vida e trabalho, fugindo em sua grande maioria das perseguições político-raciais que culminaram na II Guerra Mundial. Entre estes imigrantes estavam fotógrafos, artistas, engenheiros e arquitetos que se fixaram na cidade e contribuíram para a sua metropolização e modernização. Nota-se que esse processo de metropolização ocorre em dois momentos bem marcados, e que a atuação dos arquitetos estrangeiros em cada um desses momentos é diversa, seja em função do contexto político, econômico, social e cultural que encontraram ao aportar em São Paulo, seja em função de sua formação e atuação pregressa na Europa. São justamente essas diferenças e especificidades, que pretendemos elucidar a partir da trajetória e da produção de dois arquitetos que se destacam no mercado da construção civil paulistano nesse período: o arquiteto francês Jacques Émile Paul Pilon (Le Havre França 1905 – São Paulo SP 1962) e o

arquiteto alemão Adolf Franz Heep (1902, Fachbach, Alemanha - 1978 Paris, França)" (SILVA, 2008)

No Rio de Janeiro, apenas após o projeto do Ministério da Educação e Saúde - MIES, é que esse processo se dá, pois até então havia na antiga capital brasileira uma grande influencia do neocolonial. Cavalcanti (2005) considera como sendo o grande marco da arquitetura moderna brasileira o edifício construído no Rio de Janeiro, concluído em 1943, hoje Palácio GustavoCapanema, projeto de responsabilidade de Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, com consultoria de Le Corbusier e participação de Affonso Eduardo Reidy, Jorge Moreira, Carlos Leão e Ernani Vasconcellos, contando ainda com a participação de Roberto Burle Marx para a realização do projeto de paisagismo. Ainda de acordo com Cavalcanti (2005), outros dois projetos foram decisivos para "a impulsão da arquitetura moderna brasileira", o Pavilhão do Brasil na Feira Mundial de Nova York, projeto de Oscar Niemeyer e Lúcio Costa de 1939 – 40 e o projeto do Conjunto da Pampulha de Niemeyer na capital mineira de 1943. Embora já em 1930, Lúcio Costa demonstra ter sido irreversivelmente influenciado por esse movimento e ao assumir a direção da Escola de Belas Artes do Rio de Janeiro e entre outras ações leva como professor Gregori Warchavchik.

A inserção de elementos da arquitetura colonial brasileira é uma característica comum, que aparece nos projetos nesse período e SANTOS (2006) destaca três correntes no campo da arquitetura brasileira, quando do concurso para a elaboração do projeto do MIES: "eclética" – favorável a referências do passado dentro de um ponto de vista internacional; a "neocolonial" – adepta do retorno às formas do passado colonial e a "moderna" – adepta do movimento moderno de caráter internacional.

"Os quatro edifícios elaborados por Niemeyer para a Pampulha voltados para atividades de lazer e turismo foram implantados ao redor de um lago artificial e marcaram definitivamente sua obra na arquitetura brasileira. Seguindo a ideia da caixa elevada, associada a paredes curvas, princípio que norteou a elaboração do edifício do Pavilhão do Brasil na Feira de Nova Iorque, em 1939, Niemeyer acrescentou formas e marquises orgânicas, para desenvolver os projetos do Yacth Club, do Cassino, do Restaurante e Casa de Baile e da Capela de São Francisco de Assis". (SANTOS, 2006)

Figura 41. Fachada - painel de azulejos de Candido Portinari.

(Fonte:estudio4tecnologia.blogspot.com.br)

O engenheiro Joaquim Cardozo, calculista que trabalhou para Oscar Niemeyer, comparou a leveza dos elementos formais da igreja da Pampulha a de “invólucros de balões de dirigíveis” e que se opunham a imposição verticalista da tradição clássica da e geometria euclidiana. (WISNIK, 2011)

“Na Pampulha esses dois conceitos (forma e função), se misturaram de forma harmoniosa anunciando a ousadia estrutural e o formalismo que passaram a dominar a obra do arquiteto, a partir da construção de Brasília, (...) Mas o principal edifício do conjunto é sem dúvida a Capela de São Francisco de Assis, considerada uma obra-prima. O projeto revela ao mesmo tempo o afastamento dos princípios cartesianos do movimento moderno, e uma provável aproximação com a liberdade das curvas do barroco, e a exploração das possibilidades estruturais do concreto armado, nas cascas paraboloides que compõem a cobertura. A riqueza da obra está na composição, nos contrastes, entre um exterior de concreto e*brisesoleil* e um interior, de madeira; entre o moderno *brisesoleil* de uma das fachadas e o tradicional painel de azulejos da outra; a riqueza da obra está no apuro técnico e

nos detalhes, como na claraboia situada acima da parábola da nave para iluminar o altar, a riqueza da obra está, enfim, na escala humana, na qual foi concebida". (SANTOS, 2006)

"Le Corbusier, que até então trabalhara com aposentos inundados de luz diurna, tão adequada para formas precisas e cores puras, criou um interior de igreja em Romchamps que possui o apelo emocional de se basear na penumbra da iluminação indireta, na qual a forma só é obscuramente revelada". (RASMUSSEN, 2002) "um dos problemas com que os arquitetos modernos frequentemente se defrontam consiste em obter luz boa e uniforme para muitas partes diferentes de um vasto recinto. O uso de claraboias não é tão eficaz porque a luz vinda dela é difusa demais para produzir sombras necessárias que permitam ver clara e facilmente forma e textura. Tampouco somente a luz lateral é satisfatória – embora muito melhor – porque não penetra com profundidade suficiente". (RASMUSSEN, 2002).

Figura 42. Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp - França.

Le Corbusier

(Fonte:greatbuildings.com)

Figura 43. Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp - França.

Le Corbusier

(Fonte: blogdoalencastro.blogspot.com)

A vinda de Le Corbusier ao Brasil influenciou inexoravelmente os arquitetos participantes da equipe que desenvolveria o projeto para o edifício do Ministério da Educação e Saúde. Cavalcanti (2005) considera como sendo o grande marco da arquitetura moderna brasileira o edifício construído no Rio de Janeiro, concluído em 1943 do Ministério da Educação e Saúde, hoje PalácioGustavo Capanema, projeto de responsabilidade de Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, com consultoria de Le Corbusier e participação de Affonso Eduardo Reidy, Jorge Moreira, Carlos Leão e Ernani Vasconcellos. Ainda de acordo com Cavalcanti, outros dois projetos foram decisivos para “a impulsão da arquitetura moderna brasileira”, o Pavilhão do Brasil na Feira Mundial de Nova York, projeto de Oscar Niemeyer e Lúcio Costa de 1939-40 e o projeto do Conjunto da Pampulha de Niemeyer na capital mineira de 1943. Este Conjunto projetado por Oscar Niemeyer foi construído no entorno de uma lagoa artificial por solicitação de Juscelino Kubitschek então prefeito de Belo Horizonte.

Quatro igrejas modernistas foram selecionadas como estudos de caso, sendo três na capital paulista: igreja da Santíssima Trindade projeto de 1950 do arquiteto Jacob Mauricio Ruchti, igreja São Domingos, de 1953, projeto do arquiteto Adolf Franz Heep e igreja São Bonifácio, concluída em 1966, projeto do arquiteto Hans Bross. Como quarto estudo de caso foi selecionado a igreja de São Francisco de Assis, projetada por Oscar Niemeyer na Capital Mineira em 1940 e inaugurada em 43. Entretanto apenas no final da década de 1950 foi consagrada pela Igreja. Em 2006 passou por processo de restauro.

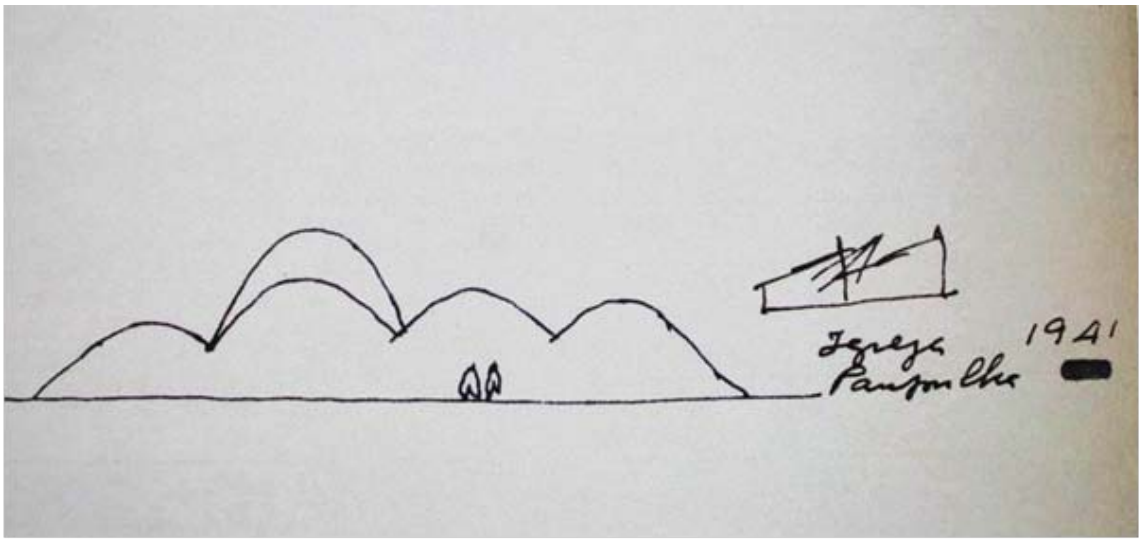


Figura 44. Croqui da igreja de São Francisco de Assis.

(Fonte: Oscar Niemeyer, Pag.72)

Em todas as quatro igrejas nota-se a presença da luz natural como elemento definidor do espaço e de uma proposta da exacerbação de sensações provocadas através da luz como elemento de ligação com o sagrado. Entretanto a contribuição da iluminação artificial com esse propósito, ou a sua incorporação como elemento arquitetônico é muito pequena, por diversos motivos, entre eles a tecnologia disponível não muito avançada, outra razão pode ser a importância dada aos elementos arquitetônicos puros, o que impediria a inserção de artifícios para o alojamento de lâmpadas e equipamentos até então muito volumosos. Das quatro igrejas selecionadas, todas cristãs, apenas uma é anglicana, a igreja da Santíssima Trindade, entretanto a ocupação espacial em função das atividades religiosas segue basicamente a mesma lógica.

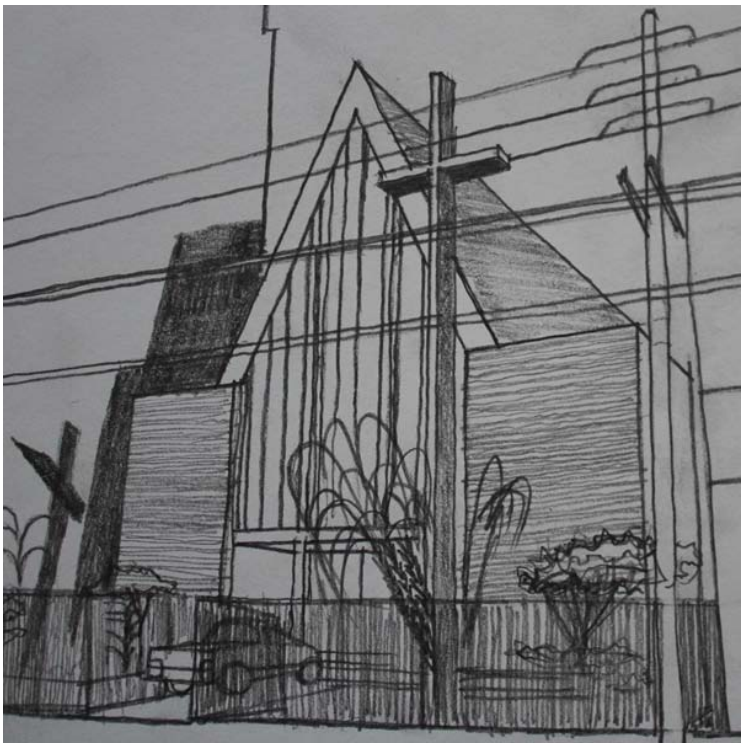


Figura 45. Igreja Santíssima Trindade.

Grafite sobre canson.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Neste trabalho será feita uma analise geral das condições de iluminação e não crítica da arquitetura, entretanto a contextualização desses edifícios e seus autores, muitas vezes impelem ao comentário crítico e de valor, sem a intenção final de comparação. Como o tema central é a iluminação, e todos esses arquitetos souberam trata-lo dentro do conceito do seu projeto, também essa comparação algumas vezes é inevitável.

A religiosidade dos quatro arquitetos é bem diversa, embora isso não tenha importância para a qualidade da arquitetura produzida, embora muitos projetos não foram adiante por questões religiosas.JuhaniPallasmaa (*in* Uma nova agenda para a arquitetura - A geometria do sentimento: um olhar sobre a fenomenologia da arquitetura, Cap. 9 – pag.482), deu o seguinte depoimento: “Conversei certa vez com uma autoridade da Igreja sobre projetos para igrejas. Ela ressaltou a importância de conhecer a liturgia, iconografia e outros regulamentos internos da Igreja. E deu mostras de grande aborrecimento quando eu disse que só um pagão pode desenhar uma igreja realmente expressiva. A meu ver, apenas uma pessoa recém-chegada às dimensões da fé pode converter o símbolo da fé em pedra. Uma pessoa para quem o projeto de uma igreja é mera organização de determinadas formas só pode criar um sentimento vazio”.

Figura 46. Igreja São Bonifácio.

Nanquim e aquarela sobre canson.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Os edifícios apresentam soluções formais diversas, e seus autores se apropriaram da luz natural de acordo com o conceito e as necessidades do projeto. Os quatro edifícios são considerados ícones da arquitetura moderna brasileira.

Os três edifícios localizados na capital paulista e que ainda são utilizados em cerimonias religiosas, sofreram algumas intervenções ao longo do tempo, basicamente nas áreas internas, no revestimento, mobiliário ou iluminação. Algumas resultado de adaptações às normas vigentes de acessibilidade ou de segurança, outras em virtude de solicitações dos seus fiéis ou sacerdotes.

Entretanto, essas adaptações deveriam ser feitas de maneira mais adequada aos elementos arquitetônicos procurando não descaracterizá-los. Na igreja de São Domingos, por exemplo, para melhorar as condições de acústica, devido as suas dimensões, as empenas que suportam a cobertura foram tratadas com um revestimento acústico, uma das escadas laterais de acesso ao altar foi encoberta por uma rampa metálica, para atender as normas de

segurança, também foram instalados hidrantes, iluminação de emergência e alarmes, toda a iluminação artificial foi adaptada e inserida sem que se respeitasse o desenho do edifício,

Na igreja de São Bonifácio, a cruz original desenho do autor foi substituída, e na igreja Santíssima trindade, as lâmpadas dos projetores para iluminação do jardim interno são de cor verde, para realçar a cor da vegetação.

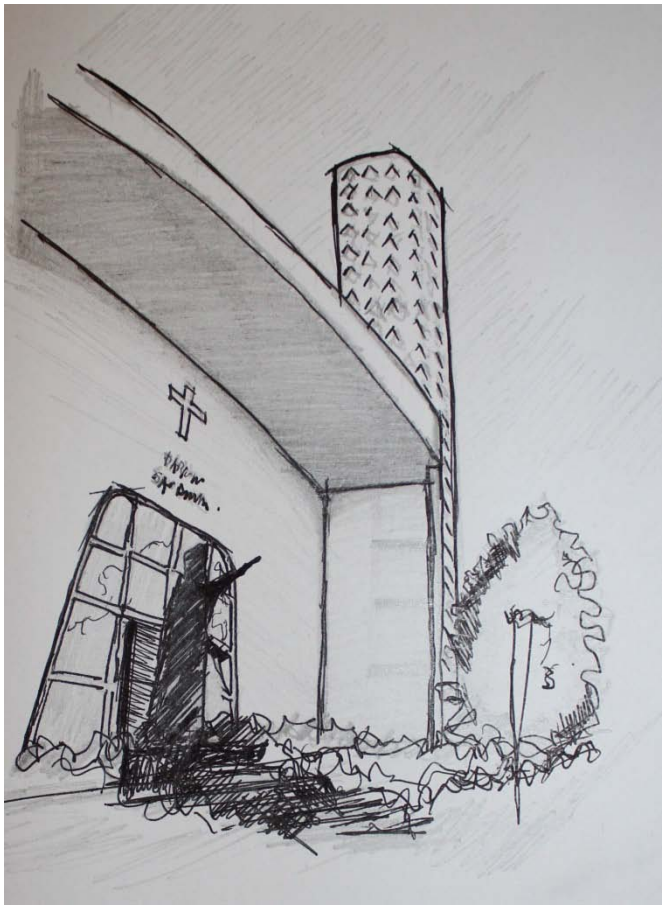


Figura 47. Igreja São Domingos.

Grafite e hidrográfica sobre sulfite.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 48. Igreja Santíssima Trindade fachada principal e entorno.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

"A história da arquitetura é a luta pela luz, pela janela".

Mies van der Rohe

5.1. IGREJA SANTÍSSIMA TRINDADE – São Paulo, SP

Projeto de arquitetura: Arq. Jacob Maurício Ruchti
Construção: 1950

5.1.1. O arquiteto.

Jacob Maurício Ruchti estudou arquitetura na Universidade Mackenzie, então chamada Escola de Engenharia do Mackenzie College, entre 1935 e 1940. Seus trabalhos revelam uma grande influência de Frank Lloyd Wright. Participou da equipe que desenvolveu o projeto da sede do IAB – São Paulo, foi professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP.

"Com ampla formação cultural, esteve entre os fundadores do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB), do Museu de Arte Moderna (MAM) e do Instituto de Arte Contemporânea (IAC), a primeira escola de design do Brasil, ao lado de Lina e Pietro Maria Bardi (1951). Articulador no movimento artístico paulista atuou nas primeiras bienais de São Paulo, nas montagens ou como membro do júri internacional. Como professor da FAU/USP, de Composição Decorativa

(1954-1961), desenvolveu conceitos bauhausianos fundidos à idéia do design moderno brasileiro, o que significou um avanço, também no nome da Cadeira, que passou a chamar-se Desenho Industrial, em 1962. Ao questionar os valores modernistas, antes de seus colegas, combinou a fluência orgânica de Frank Lloyd Wright com a contemporaneidade industrial de Richard Neutra e Marcel Breuer, que aplicou em projetos de arquitetura". (RUCHTI, 2011)

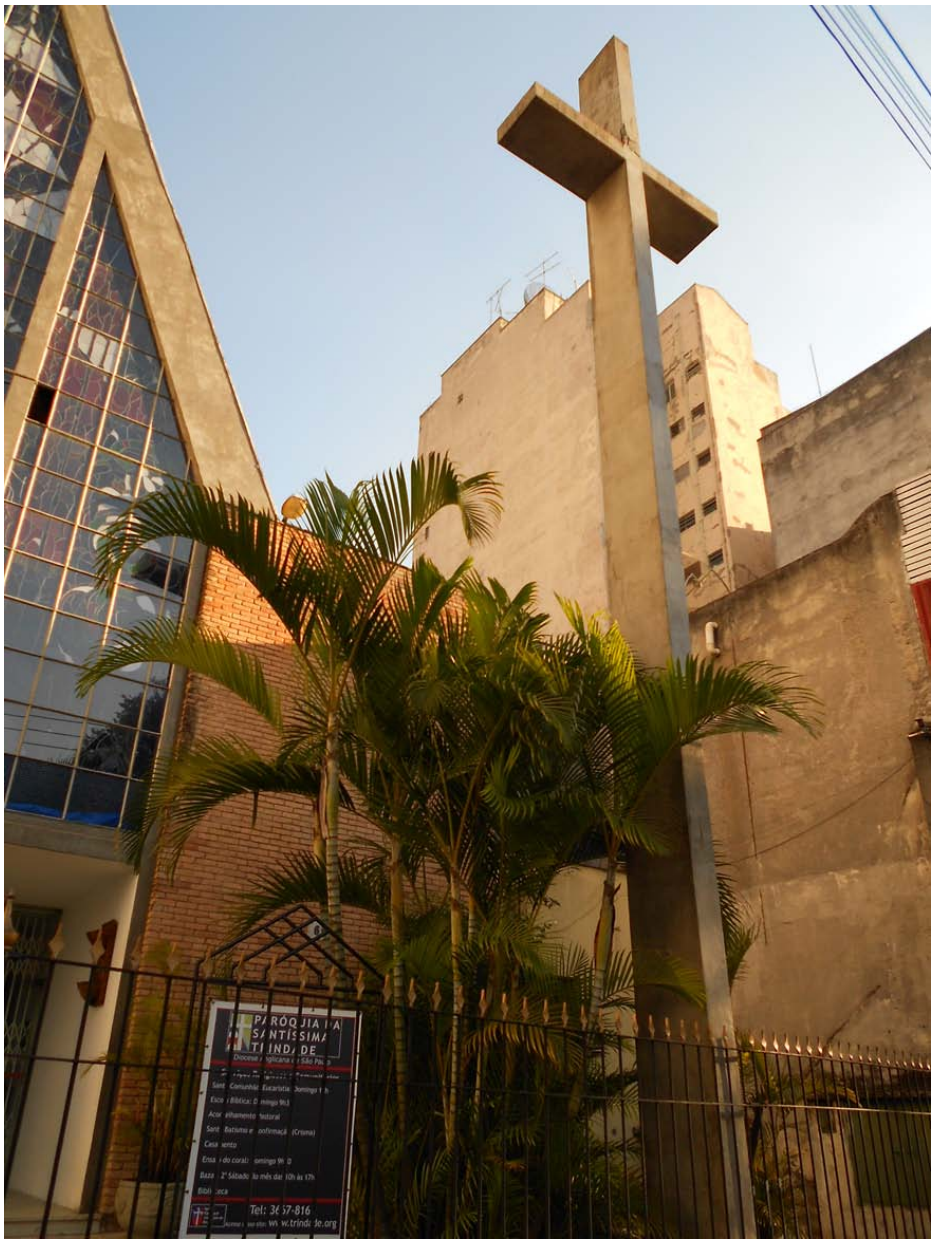


Figura 49. Fachada principal – em destaque a cruz.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.1.2. O edifício.

A igreja Santíssima Trindade está localizada no bairro de Santa Cecília, em São Paulo, na Praça Olavo Bilac, número 63, ao norte do elevado Costa e Silva conhecido vulgarmente como “minhocão”.

“O templo da Paróquia Santíssima Trindade é considerado um dos primeiros templos da arquitetura moderna de São Paulo. Foi idealizado pelo arquiteto e professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, Dr. Jacob Maurício Ruchti, em 1950. Para que gosta de apreciar, a estrutura de concreto armado concebida é ao mesmo tempo simples e bela. Entende-se facilmente sua lógica estrutural; suas proporções e elevação conduzem à espiritualidade, lembrando duas mãos juntas em atitude de oração”. (Reverendo Artur Cavalcante in Dissertação Valéria Ruchti)

Figura 50. Situação Igreja Santíssima Trindade.

(Fonte: Google Earth)

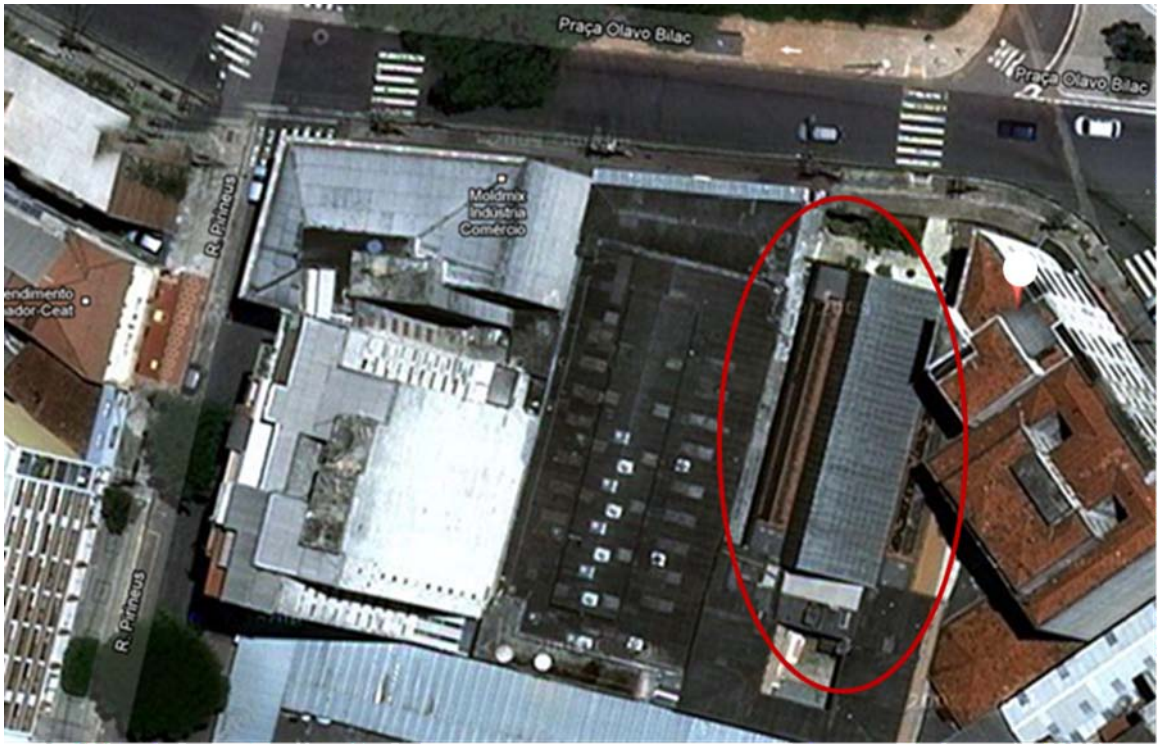


Figura 51. Situação Igreja Santíssima Trindade (entorno)

(Fonte: Google Earth)

Figura 52. Perspectiva da Igreja, desenho Jacob e Irene Ruchti, 1950.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

Figura 53. Fachada principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

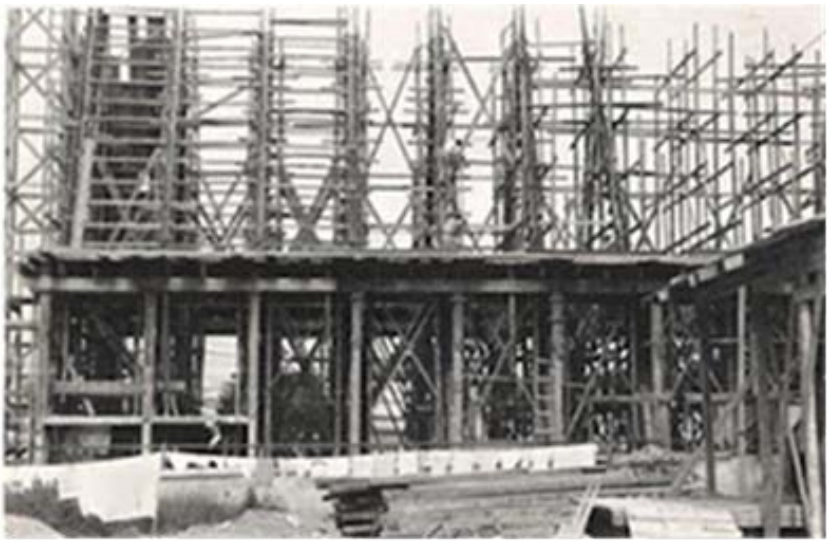


Figura 54. Obras iniciadas em 15 de Novembro de 1952

(Fonte: www.trindade.org)

5.1.3. Análise do edifício – síntese.

"A planta límpida e a presença da geometria pura do triângulo formando o corpo da igreja, com sua estrutura de concreto pintado se sobressaindo, confere a modernidade creditada a essa obra. Próprio do ideário humanista da obra wrightiana, convivem o terreno e o espiritual na utilização do tijolo aparente, material de que é feito todo o fechamento da nave, suas divisões e jardins internos, sobre os quais incide luz zenital". (RUCHTI, 2011)

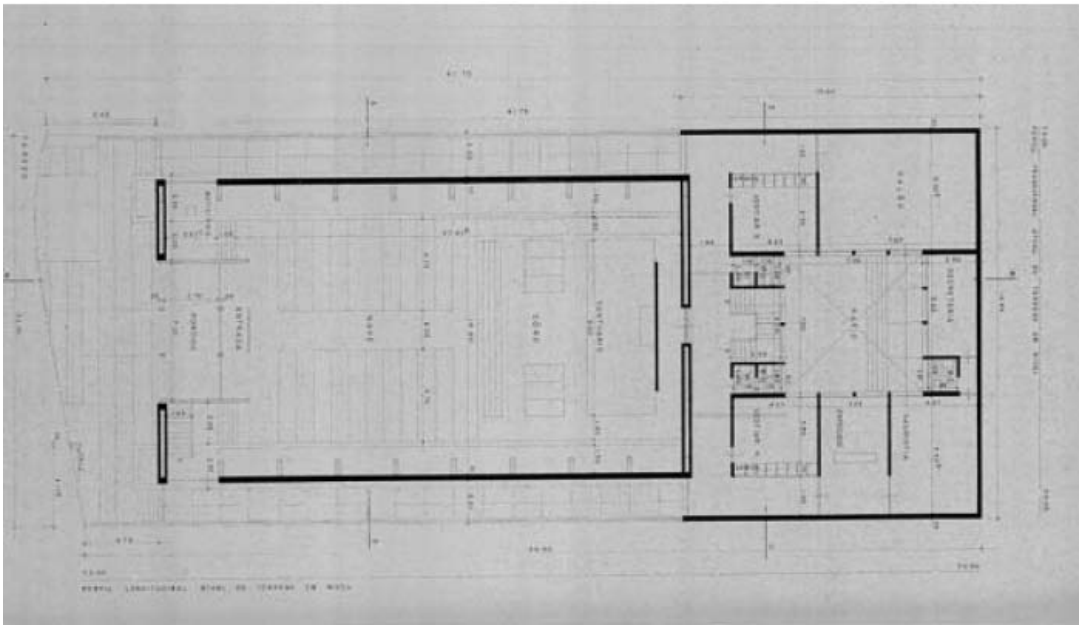


Figura 55. Projeto de Prefeitura – Planta pavimento térreo.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

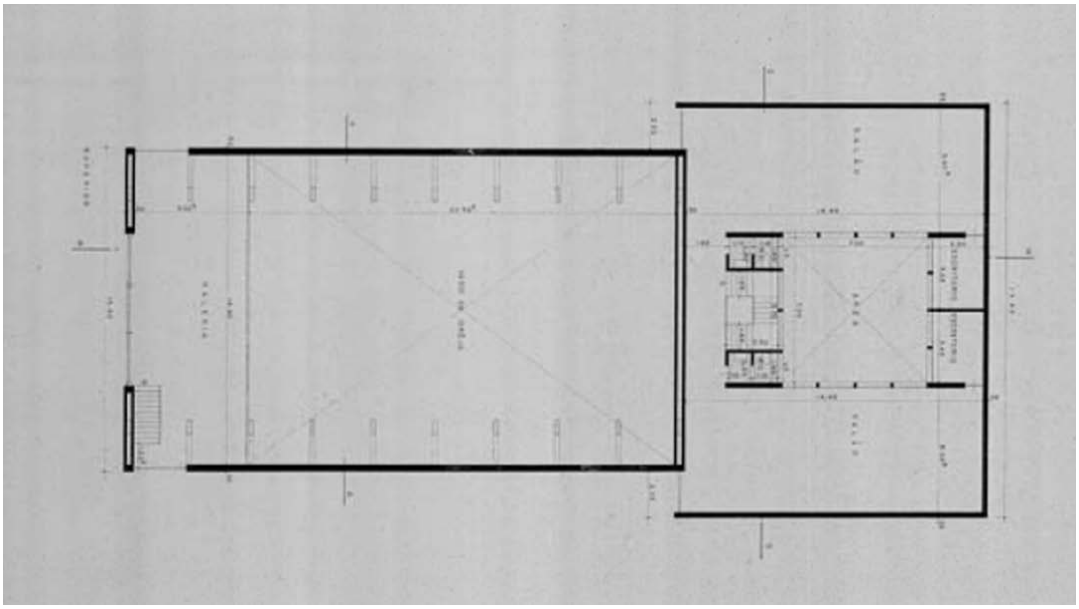


Figura 56. Projeto de Prefeitura – Planta mezanino.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

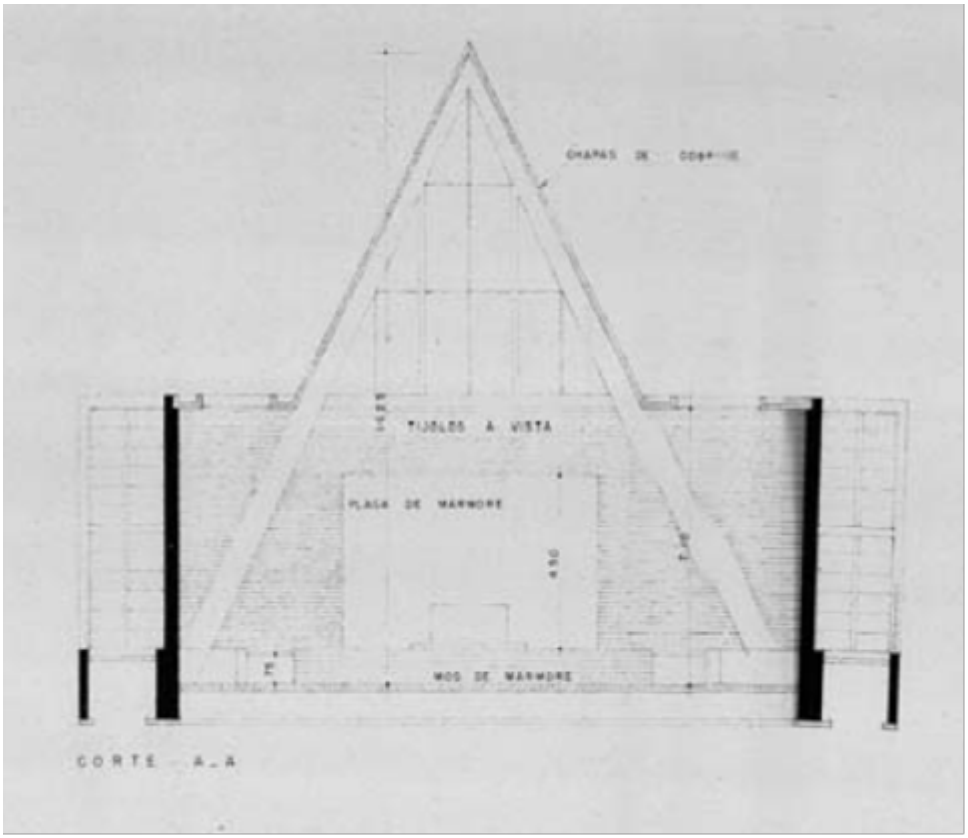


Figura 57. Projeto de Prefeitura – Corte transversal.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

A aparente simplicidade formal confere a obra um caráter bastante singular, pois apesar de permitir um fácil entendimento espacial, provoca reflexões de possíveis intenções subjetivas. Nas palavras do Reverendo Arthur Cavalcante (apud Ruchti, 2010), percebe-se a intenção da forma: “Entende-se facilmente a sua lógica estrutural; suas proporções e elevação conduzem à espiritualidade, lembrando duas mãos juntas em atitude de oração”.

A geometria pura da forma do edifício que tem sua cobertura em duas águas é estruturada por oito vigas de concreto paralelas equidistantes, que criam um angulo com o plano vertical das paredes em tijolo aparente, um plano horizontal de cobertura ladeia todo o edifício fazendo a junção das paredes horizontais com o vigamento de concreto.

Nas duas laterais, nos espaços que resultam do encontro das vigas com a parede foram criados dois jardins internos que determinam a circulação lateral. O espaço destinado ao coro fica no mezanino localizado sobre a entrada principal da igreja.

Figura 58. Perspectiva da Igreja, desenho Jacob e Irene Ruchti, 1950.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

Figura 59. Jardim interno - encontro das vigas com plano vertical das paredes.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Na fachada principal acima da porta de entrada, assim como na fachada posterior acima do altar há como fechamento das aberturas dois grandes vitrais da artista plástica Maria Leontina, indicada especialmente por Ruchti para esse trabalho (Figuras 60, 61 e 65). Apesar de estarem previstos pelo arquiteto desde o inicio do projeto, somente em 1966 esses dois elementos foram incorporados ao edifício.

Figura 60. Detalhe dos vitrais.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

Figura 61. Croquis dos vitrais de Maria Leontina, cedidos a Igreja, 1966

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

Ruchti projetou todo o mobiliário da igreja, incluindo as luminárias pendentes, que posteriormente foi redesenhada e adaptada para ser utilizada como peça da loja Branco& Preto, sociedade que teve com os arquitetos, Roberto Aflalo, Plínio Croce, Miguel Forte, Carlos Milan e Chen Hwa, após a sua saída da sociedade, Ruchti desenvolveu diversos estudos de móveis para a indústria Teperman.

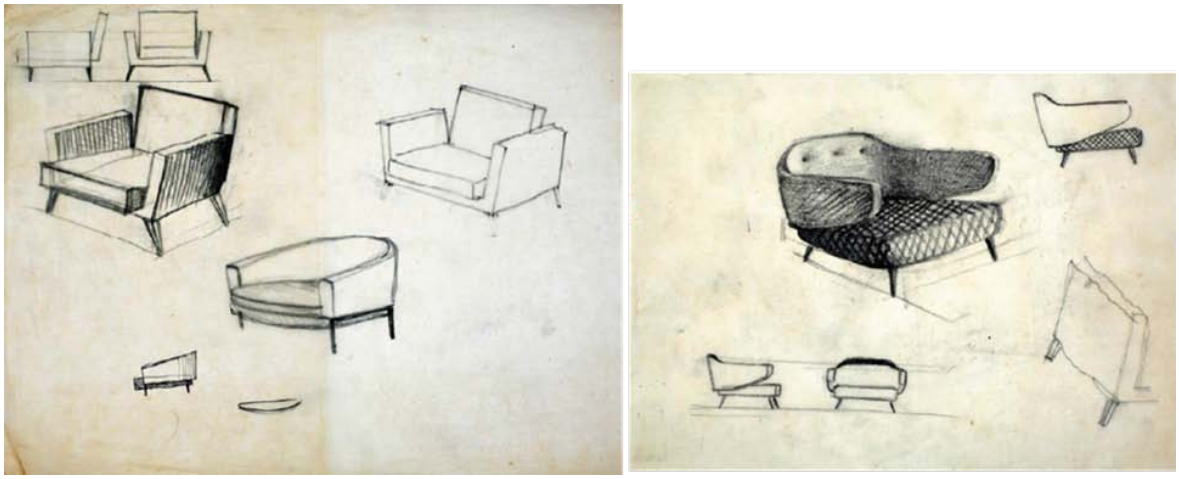


Figura 62. Estudos poltronas, Jacob Ruchti.

(Fonte: Dissertação Valéria Ruchti)

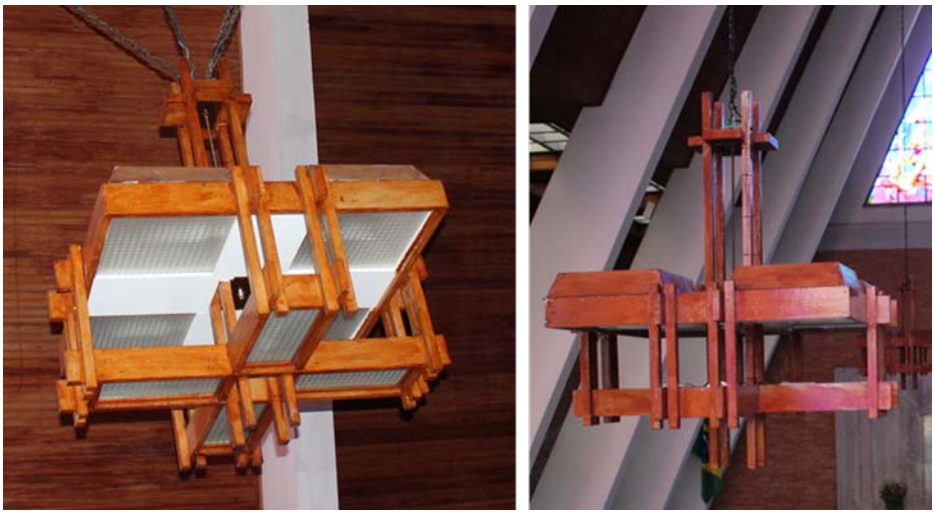


Figura 63. Montagem de fotos - luminária pendente, Jacob Ruchti

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.1.4. A iluminação natural.

A cobertura do edifício em duas águas favorece a penetração da luz natural através das aberturas existentes no plano horizontal que ladeiam todo o edifico, o resultado é uma iluminação refletida pelas paredes, indireta e difusa que “recheia” o ambiente. A iluminação levemente colorida proveniente da luz filtrada pelos vitrais se mistura a refletida das paredes, contribuindo com a atmosfera religiosa.

Alguns brilhos e possíveis ofuscamentos resultantes da incidência direta da luz solar sobre os vitrais das fachadas, sobretudo o da fachada principal voltada para o norte, são aparentemente propositais, reforçando a iluminação do coro e do altar ao fundo.

Figura 64. Iluminação geral resultante da luz difusa lateral associada a proveniente dos vitrais.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Os vitrais, que estão sendo restaurados, são elementos de grande importância na iluminação natural, pois é através deles que penetra no interior da nave central a maior intensidade de luz, uma vez que esta se faz de forma direta.

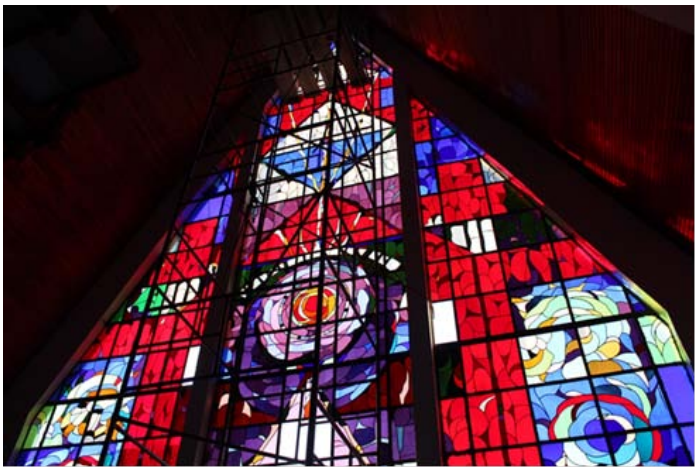


Figura 65. Vitral da fachada principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Alguns brilhos, reflexos e possíveis ofuscamentos resultantes da incidência direta da luz solar sobre os vitrais das fachadas, sobretudo o da fachada principal voltada para o norte, são aparentemente propositais, reforçando a iluminação do coro e do altar ao fundo.

Figura 66. Altar – reflexos na parede de pedra

e brilho do vitral acima.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.1.5. A iluminação artificial.

A iluminação artificial geral é fornecida basicamente através de seis luminárias pendentes (Figuras 63, 67 e 68), desenvolvidas especialmente para este projeto. A luz difusa que preenche de forma homogênea a nave central é em quantidade suficiente para o desempenho das atividades ali desenvolvidas.

Figura 67. Nave central

(Fonte:Fundação Armando Alvares Penteado)

A luminária pendente, que inicialmente utilizava lâmpadas incandescentes, foi confeccionada em madeira e possui difusores de vidro martelado e apresenta, nas palavras de Valéria Ruchti, “princípio construtivo referenciado na Bauhaus”, revela-se como um elemento perfeitamente integrado ao espaço.

Figura 68. Luminária pendente

(Fonte:Fundação Armando Alvares Penteado)

5.1.6. Imagens digitais utilizadas para a análise da iluminação.

Como descrito no capítulo 4 – Imagens digitais na construção da percepção da iluminação – diversas ferramentas estão à disposição para o estudo da iluminação, quer seja a iluminação natural quer seja a artificial. Para este estudo de caso foi adotado o sistema LBR, sigla em inglês para “brilho de luminância” dos materiais ou superfícies de revestimento, descrito no item 4.1.do referido capítulo.

Como já explanado o cinza-médio representa percebido pelo olho humano em refletâncias da ordem de 30%, estando dentro da zona 5 intermediando as duas zonas extremas do preto (zona 1) ao branco (zona 9).

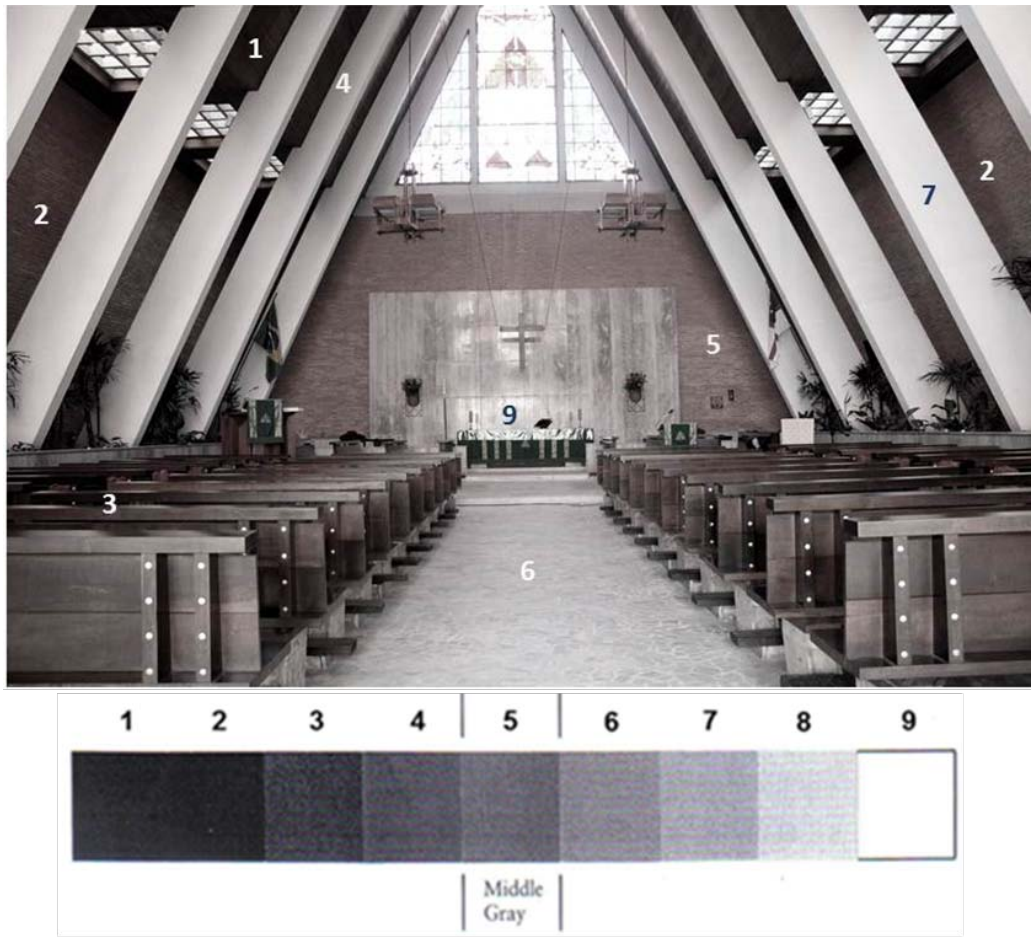


Figura 69. Nave central, vitral acima do altar – zonas em escala de cinza.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Pode-se verificar na Figura 69, que contempla toda a nave central e na Figura 70, que abrange a região do coral e de um jardim lateral, que as áreas extremas, com brilho excessivo, no altar (9) que causa uma “veladura” ou com pouca iluminação, entre vigas (1), esmaecendo as características das texturas, impedem por excesso ou falta de luminosidade a leitura correta dos acabamentos.

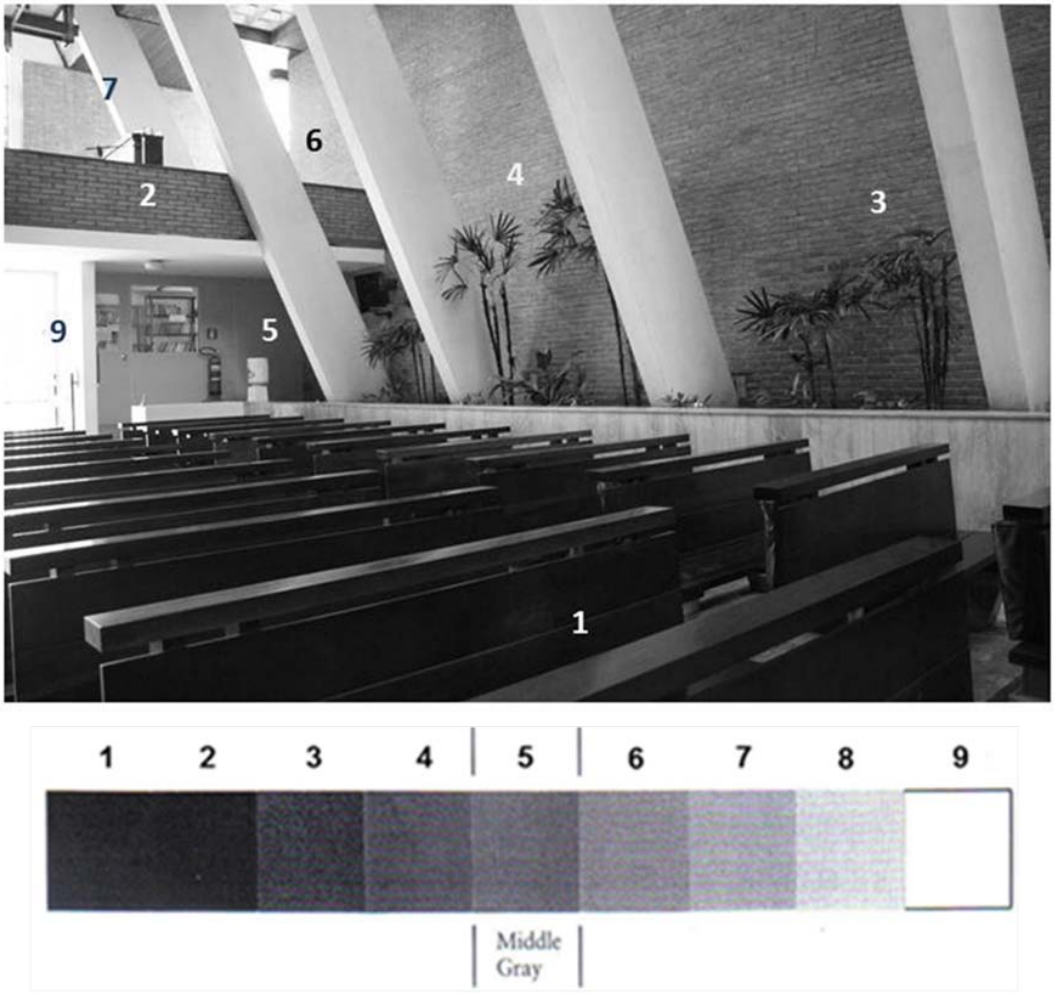


Figura 70. Área sob o coro e jardim lateral interno – zonas em escala de cinza.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Semelhante à situação da Igreja de São Francisco de Assis, na Pampulha, em que a lagoa funciona como um enorme refletor da luz solar, aqui a praça existente de fronte a igreja também proporciona, embora de maneira significativamente reduzida, a reflexão da luz do sol, contribuindo para a iluminação no interior da nave central.

Percebe-se através da Figura 71, voltada para o acesso principal da Igreja que devido a sua orientação e a maior área envidraçada que as intensidades registradas são algumas vezes superiores àquelas da fachada posterior (Figura 72), onde está situado o altar.

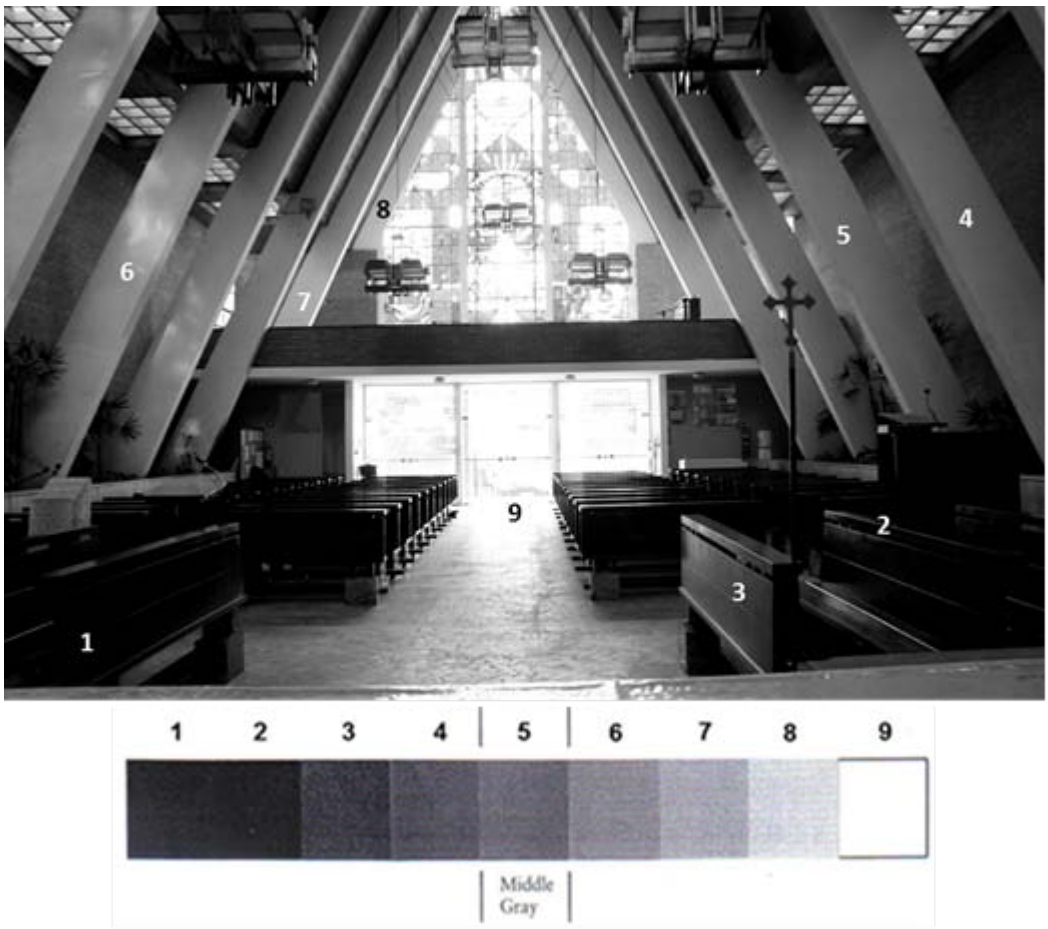


Figura 71. Nave central, vitral acima da entrada principal (iluminação natural) – zonas em escala de cinza. (Fonte: Acervo pessoal do autor)

Os excessos de brilho decorrentes da grande intensidade luminosa que causam ofuscamento, assim como a baixa quantidade de luz, muitas vezes podem desabilitar os usuários de suas atividades, como por exemplo, ler um folheto ou reconhecer a fisionomia das pessoas. Grande parte desses efeitos causados pela iluminação natural é previsto pelo arquiteto quando da elaboração do projeto, entretanto as alterações da configuração volumétrica do entorno podem comprometer aumentando, diminuindo ou mudando a percepção desse espaço.

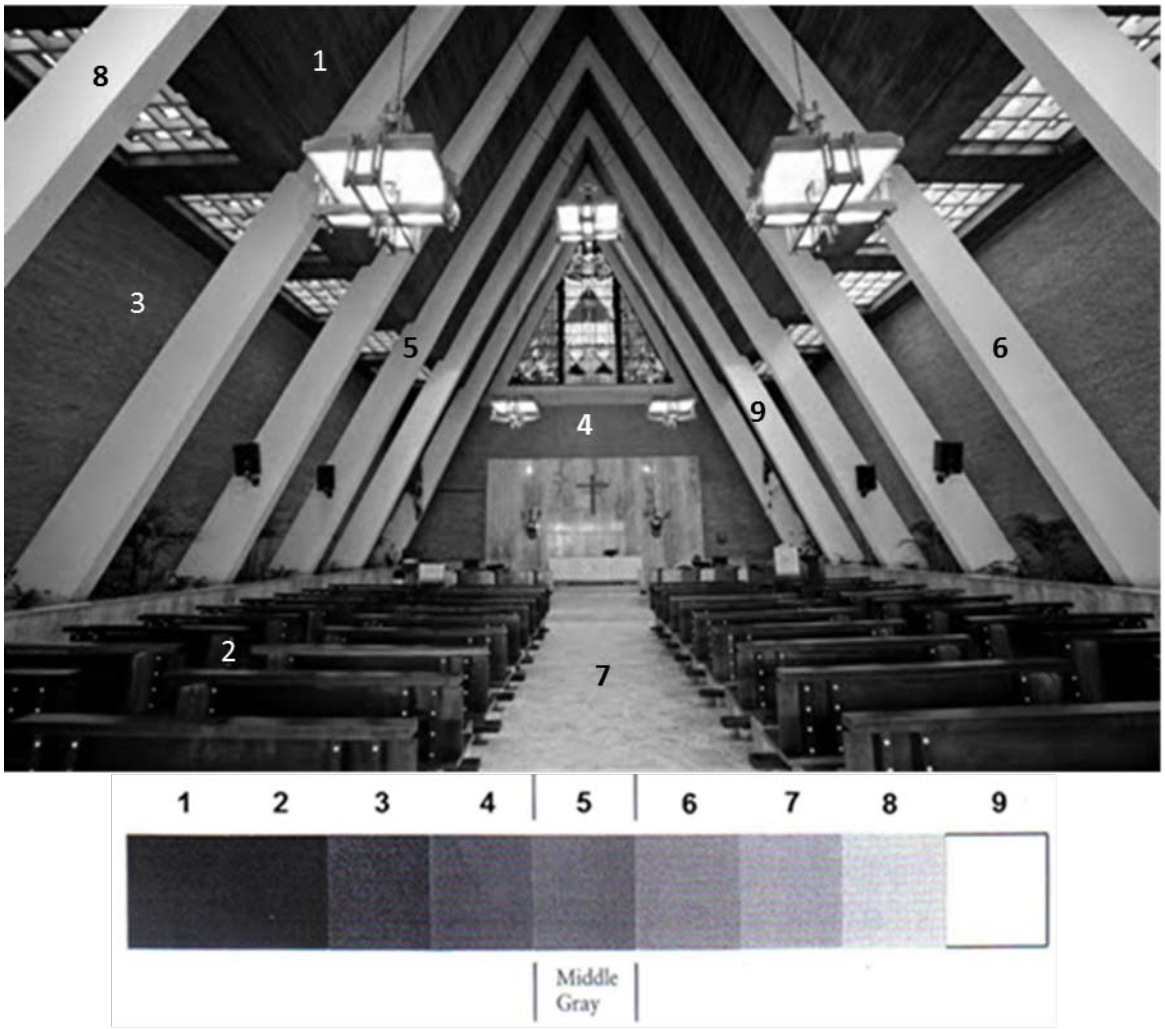


Figura 72. Nave central com iluminação artificial.

zonas em escala de cinza.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Como mostrado na Figura 67, a iluminação artificial geral difusa, que aparentemente está distribuída de forma homogênea, é produzida pelas luminárias pendentes que originalmente utilizavam lâmpadas incandescentes e hoje estão abastecidas por lâmpadas fluorescentes compactas eletrônicas de 23W, que possuem um fluxo luminoso maior do que as lâmpadas incandescentes comuns de aproximadamente 20%. Apesar de considerarmos esta distribuição da luz bastante homogênea, através da escala de cinzas, podemos notar as diferenças das luminâncias das superfícies distribuídos no espaço, analisando a Figura 72.

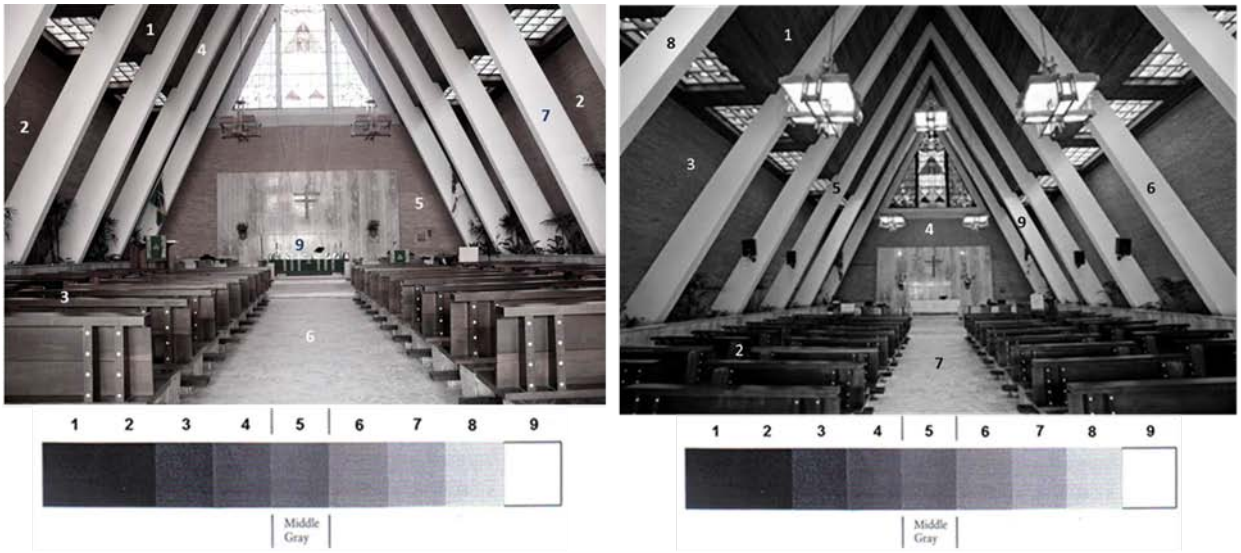


Figura 73. Montagem de fotos – nave central comparação entre iluminação natural e artificial.

zonas em escala de cinza.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Ao compararmos as classificações das distribuições de luminâncias entre as imagens produzidas com iluminação natural e artificial (Figura 73), percebemos algumas inversões das zonas de cinza em função da proximidade da fonte de luz. Entretanto mesmo com o deslocamento das zonas de cinza verificado nessas superfícies mais brilhantes, ás áreas no extremo oposto, próximas do preto, onde a ausência da luz prejudica o reconhecimento da textura do material de revestimento permanecem praticamente inalteradas.

Através dessa comparação percebemos que a iluminação artificial, mesmo não tendo sido objeto de um projeto específico, foi pensada como parte integrante da arquitetura,atuando de forma positiva para o entendimento do espaço, não prejudicando, descaracterizando ou impedindo que os elementos arquitetônicos se mostrassem de forma diferentes de quando vistos através da iluminação natural.

igura 74. Igreja São Domingos

fachada principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

“Unhombreconun libro vahaciala luz.

Asícomienza una biblioteca”.

Louis Kahn

5.2. IGREJA SÃO DOMINGOS – São Paulo, SP

Projeto de arquitetura: Arq. Adolf Franz Heep
Construção: 1953

5.2.1. O arquiteto.

Adolf Franz Heep, arquiteto alemão, formou-se arquitetura na Escola de Artes e Ofícios de Frankfurt em 1926, trabalhou com Adolf Meyer no Departamento Municipal de Construções de Frankfurt. Em 1928 muda-se para Paris, foi colaborador de Le Corbusier e sócio do arquiteto polonês Jean Ginsber, com quem desenvolve diversos projetos consagrados. Imigra para São Paulo em 1947 e emprega-se no escritório do arquiteto francês radicado no Brasil Jacques Pilon, posteriormente emprega-se no escritório de Henrique Mindlin e em 1952 abre seu próprio escritório. Foi professor na Faculdade de Arquitetura da Universidade Presbiteriana Mackenzie entre os anos de 1958 e 1965.

Em sua formação Franz Heep recebe inegável influencia da arquitetura moderna, em função do contexto em que se encontrava a Europa: “Nascido na cidade de Fachbach, Alemanha, no ano de 1902, Heep forma a sua personalidade arquitetônica num

momento histórico em que as discussões sobre os conceitos de moradia mínima e de racionalização eram recorrentes". (LUCCHINI JR, 2010)"A formação de Heep na Europa está vinculada à arquitetura moderna, seja porque na Alemanha ele se aproximou de Adolf Meyer (1881 – 1929), seu professor na Escola de Artes e Ofícios de Frankfurt e chefe no Departamento Municipal de Construções de Frankfurt, seja porque, na França, Heep estudou na ÉcoleSpéciale d'Architecture, onde se aproximou de André Lurçat (1894 – 1970) e de Le Corbusier (1887 - 1965), em cujo escritório trabalhou entre 1928 e 1932". (SILVA, 2008)

Figura 75. Fachada principal – em destaque o campanário.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.2.2. O edifício.

A Igreja de São Domingos, está localizada na ruaCaiubi, no bairro das Perdizes, objeto de um concurso de ideias promovido pelos freis dominicanos e teria sido construída a partir de um projeto do arquiteto Sergio Bernardes, não fosse o veto da Comissão de Arte Sacra da cúria, o que procrastinou a sua construção no lugar onde já havia em 1938 um convento dominicano instalado.

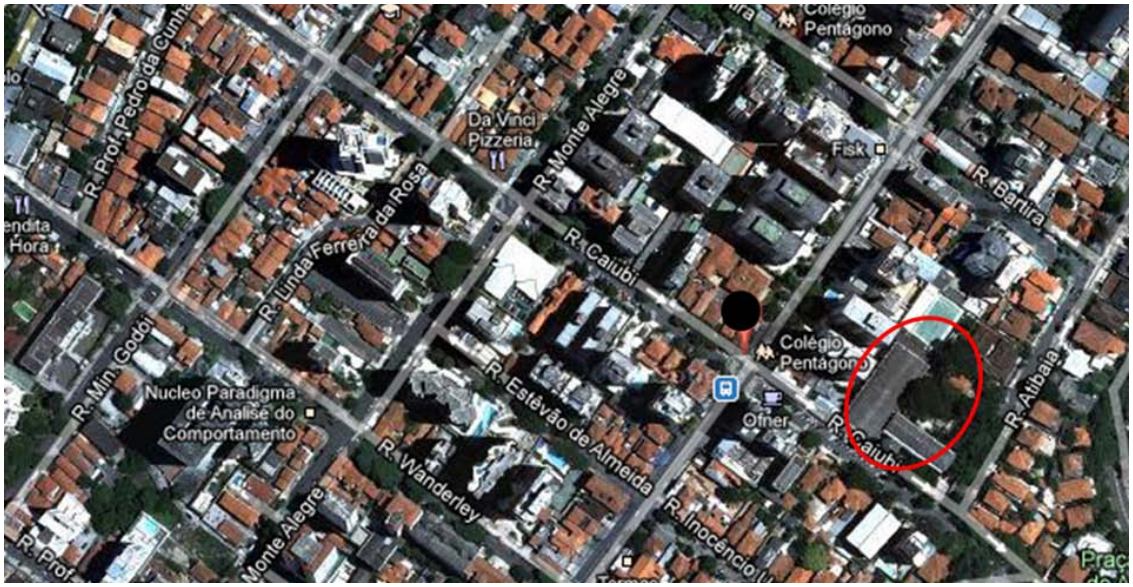


Figura 76. Situação Igreja de São Domingos.

(Fonte: Google Earth)

Figura 77. Situação Igreja de São Domingos (entorno)

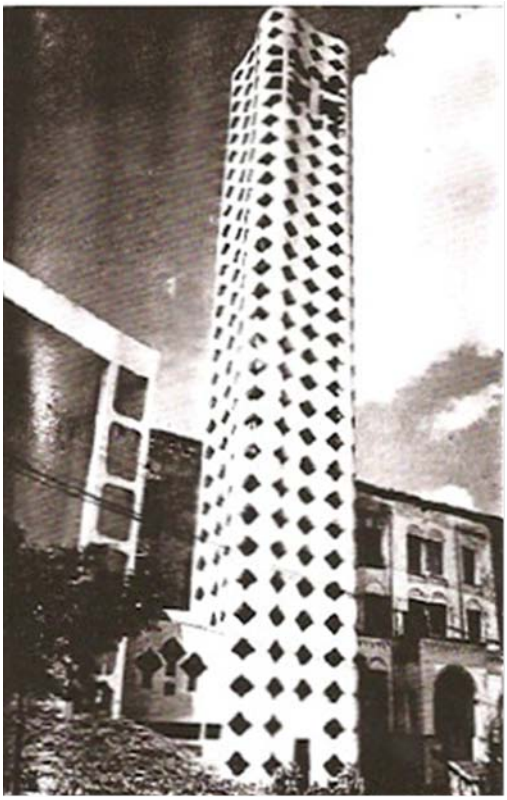
(Fonte: Google Earth)

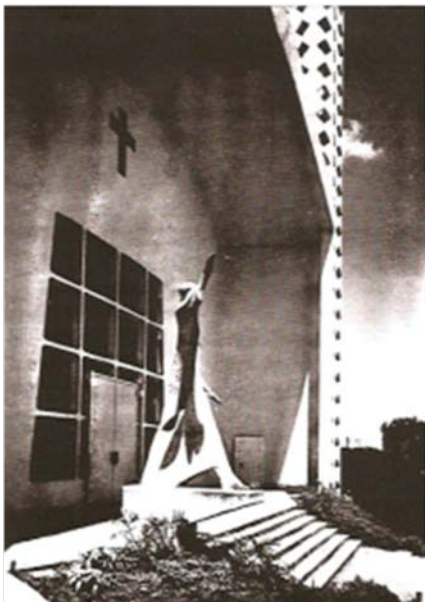
Figura 78. Acesso principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 79. Acesso principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)





Figuras 80 e 81. Ácesso principal e campanário – 1953.

(Fonte: Revista Acrópole, 325, 1965 p.41 e 43)

5.2.3. Análise do edifício – síntese.

O edifício, todo construído em concreto armado tem a laje de cobertura levemente abobadada. Nas inflexões nas suas paredes laterais aparecem aberturas do piso ao teto que permitem uma grande entrada de luz natural em direção ao altar. O campanário fica a direta do corpo principal da igreja e a sua superfície é toda vazada. O vestíbulo e a porta de acesso principal da igreja ficam um pouco acima do nível da rua, já o altar localizado na outra extremidade da nave está levemente abaixo do nível da entrada. Todo o piso da nave central é inclinado de forma que ao se adentrar na igreja o caminho na direção ao altar é descendente, entretanto para o acesso ao altar, há originalmente duas escadas laterais, uma das quais, atualmente está encoberta com uma rampa de estrutura metálica.

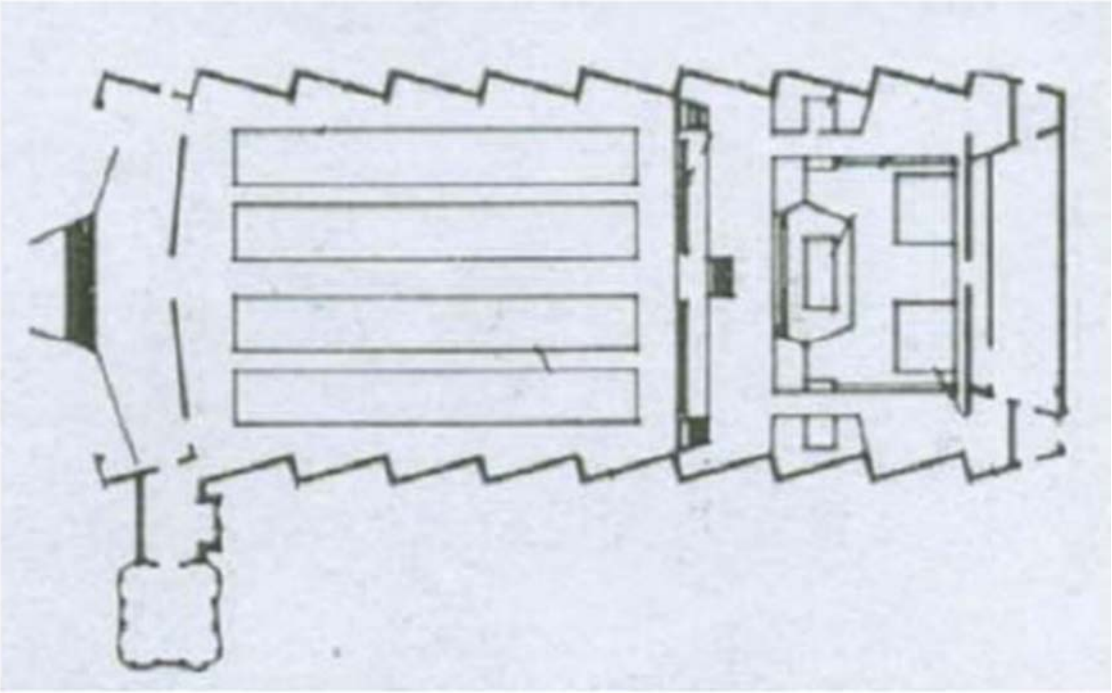


Figura 82. Planta (sem escala).

(Fonte: CatharineGati)

“A volumetria baseia-se no conceito da nave única, onde um teto de casca de concreto abobadada, apoia-se em paredes estruturais em zigue-zague alternando empenas cegas e vazadas, sendo que as aberturas voltadas para as faces de maior insolação projetam uma luz natural intensa no sentido do altar proporcionando uma sensação de amplitude e leveza no espaço interior”. (BARBOSA, 2002)

A escultura de São Domingos (Figura 83), no vestíbulo é de autoria de Giuliano Vangi e a artista Liuba Wolf, é a autora da obra “Nossa Senhora Mãe dos homens” (Figura 84)

Figura 83. São Domingos – obra de Giuliano Vangi.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 84. Nossa Senhora Mãe dos homes – obra de Liuba Wolf.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

O acesso ao campanário se dá pelo interior da igreja à direita da entrada. Neste acesso, inserido nos “vazados” projetados por Heep estão delicados vitrais da artista húngara Yolanda Mohalyi (Figuras 85 e 86). Através da Figura 80, pode-se ver como se dá esse acesso, entretanto a “leitura” desse elemento de ligação da nave central com o campanário atualmente é dificultada pelo natural crescimento da vegetação e pela instalação de um gradil.

Figura 85. Acesso ao campanário – vitrais de Yolanda Mohalyi..

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 86. Detalhe dos vitrais.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.2.4. A iluminação natural.

Em seus projetos Heep demonstra uma grande preocupação com o controle da luz natural, foi o pioneiro na utilização do “brise-soleil” já em seu primeiro trabalho no escritório de Jacques Pilon, no projeto da sede do jornal “O Estado de São Paulo”, no centro da Capital, atual Hotel Jaraguá, desenvolvido em conjunto com os arquitetos Herbert Duschenes e Gian Carlo Gasperini. Para a igreja de São Domingos, Franz Heep adotou empenas cegas que impedem a entrada direta da luz solar, entremeadas com grandes aberturas perpendiculares a essas, apropriando-se de uma generosa luz indireta.

A maior parte da luz natural que adentra ao edifício é feita quase que exclusivamente pelas generosas aberturas laterais, voltadas para a parede do altar. A iluminação no interior da nave central é derivada das reflexões das áreas do entorno, atualmente muito prejudicada pela ocupação dos lotes vizinhos.

Figura 87. Nave central – vista para o acesso principal.

(Fonte: CatharineGati)

Figura 88. Grandes aberturas para iluminação natural.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figuras 89 e 90. Área do altar – iluminação natural.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Ladeando a porta de acesso principal, que está localizada ao centro da parede da fachada voltada para o sudeste, há algumas aberturas envidraçadas que permitem uma pequena entrada de luz natural. O piso desse vestíbulo criado pelo avanço da laje de cobertura está ligeiramente acima do plano do altar, localizado na parede oposta à entrada. A luz incidente nessas aberturas contribui de forma sutil para a iluminação do altar, devido a sua distancia, apesar de estarem em um plano acima deste.

1 e 92. Acesso principal – vistas externa e interna.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

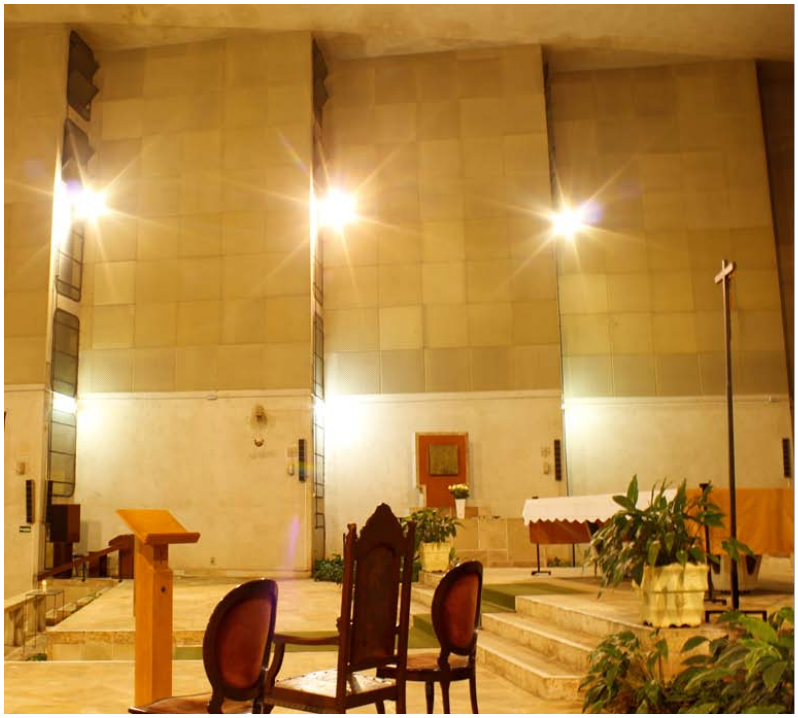
5.2.5. A iluminação artificial.

No interior da igreja, para a iluminação da área da entrada, foram instalados dois projetores para lâmpada multivapor metálico de 400W, que causam grande ofuscamento, principalmente ao se caminhar para fora do espaço. (Figuras 93 e 94)

Figuras 93 e 94. Projetores para a iluminação do acesso principal.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Para o altar também foi adotada a solução de projetores para lâmpadas vapores metálicos, associados a luminárias em forma de prima triangular com difusor translúcido, dotadas de três lâmpadas fluorescentes compactas de 23 W com temperatura de cor de 4000K



Figuras 95 a 97. Altar – iluminação com projetores de 400 W e luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A iluminação geral da nave é feita basicamente com as luminárias para três lâmpadas fluorescentes compactas de 23 W e com a contribuição da reflexão da luz dos projetores da entrada e do altar.

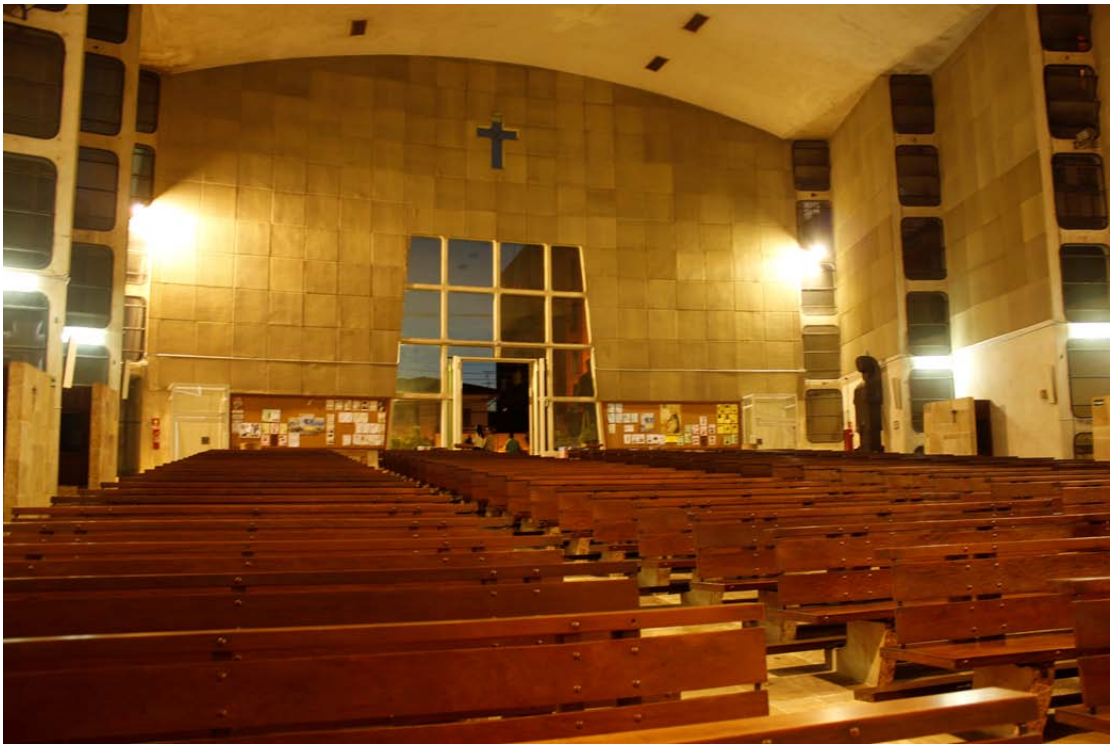
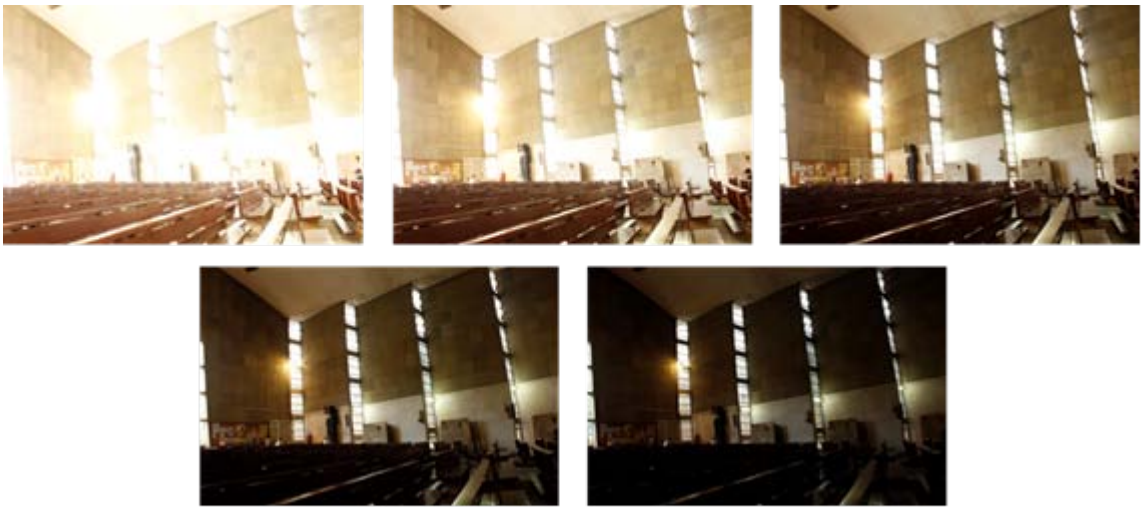


Figura 98 – Nave central - iluminação luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas e luz refletida dos projetores.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.2.6. Imagens digitais utilizadas para a análise da iluminação.

Para este estudo de caso, foi adotada a técnica HDR, descrita no capítulo 4. Foram selecionadas quatro perspectivas para análise, a primeira área estudada, parte da nave central próxima do acesso principal da igreja, conta com a associação da iluminação natural e artificial, essa condição foi escolhida, pois, apesar da "contaminação" da iluminação artificial, a intenção é a percepção real da iluminação. A segunda trata-se do acesso principal, a terceira é a área oposta, voltada para o altar e a quarta é a área do próprio altar.



Figuras 99 a 103. Nave central, diferentes níveis de exposição.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 104. Nave central, imagem HDR.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Pela imagem com as cores falsas nota-se nitidamente que as grandes aberturas verticais e as luminárias são as áreas com as maiores intensidades (representadas no gráfico pela cor vermelha), e que as reflexões das paredes são baixas e, portanto há uma grande diferença de gradiente.

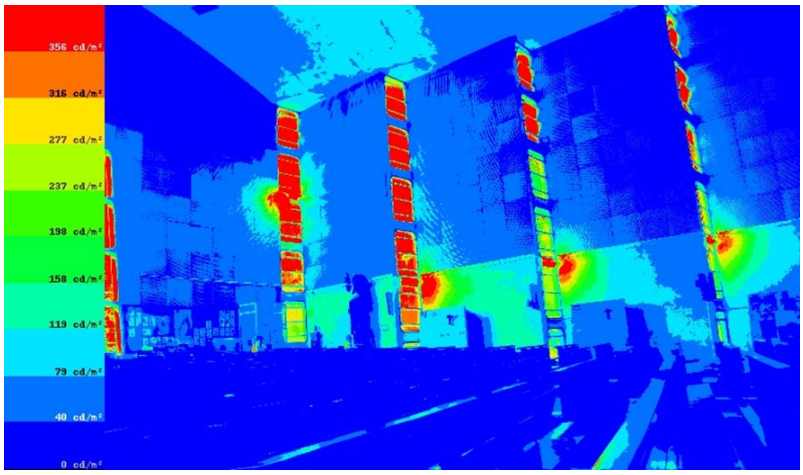


Figura 105. Nave central, cores falsas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Nesta segunda área estudada, os projetores supridos com lâmpadas vapor metálico, fixados no alinhamento superior da abertura envidraçada do acesso principal, provocam um ofuscamento maior do que visto na primeira imagem, pois estão orientados na direção do altar.

Figuras 106 a 110. Nave central - acesso, diferentes níveis de exposição.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 111. Nave central - acesso, imagem HDR.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

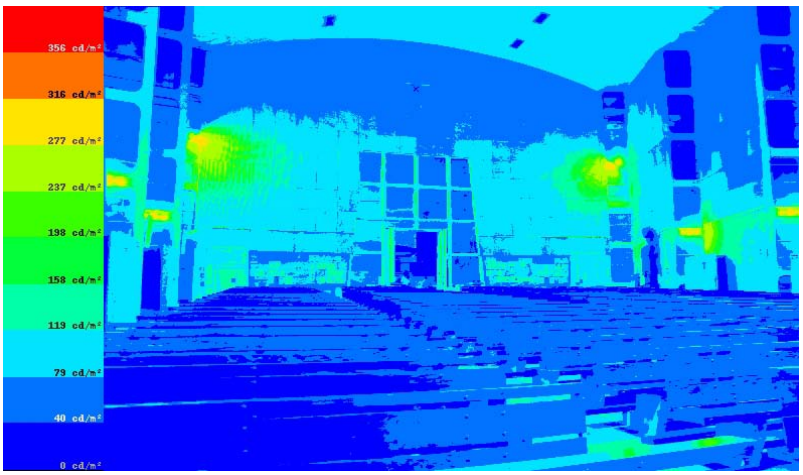


Figura 112. Nave central – acesso, cores falsas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Por esta imagem de cores falsas (Figura 112), percebe-se que as intensidades são menores do que as registradas na imagem anterior, apesar de uma menor iluminação, há uma maior homogeneidade na distribuição da luz.

A nave central em direção ao altar é a terceira área analisada, a iluminação geral é baixa mesmo na região do altar, que apresenta uma maior intensidade promovida com o acréscimo de projetores para lâmpada vapor metálico de 400 W. Na parede de pedra do altar foi criada pelo arquiteto uma reentrância com o desenho de uma cruz sendo o fundo pintado na cor branca, que recebe iluminação por meio de uma linha de tubos de neon embutida nesse nicho na parede, dando destaque à cruz por contraste.

Figuras 113 a 117. Nave central em direção ao altar, diferentes níveis de exposição.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 118. Nave central em direção ao altar, imagem HDR

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Na imagem HDR (Figura 118) o registro da maior intensidade é exatamente a produzida pela iluminação embutida na cruz, o que é confirmado pela imagem das cores falsas (Figura 119), que apresenta o contraste entre a cruz e a parede de pedra.

Figura 119. Nave central em direção ao altar, cores falsas

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A área do altar é a quarta a ser analisada e apresenta as maiores intensidades luminosas de toda a igreja.Oito projetores dotados de lâmpadas vapores metálicos de 400 W de potência associados a luminárias para três lâmpadas fluorescentes compactas de 23 W de potência fazem a iluminação desta área. A iluminação está basicamente orientada na direção do piso, direcionada para as áreas onde as atividades desenvolvidas pelos sacerdotes e fiéis, como a leitura, necessitam de maiores níveis de iluminancias.

Figuras 120 a 124. Altar, diferentes níveis de exposição.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 125. Altar, imagem HDR.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

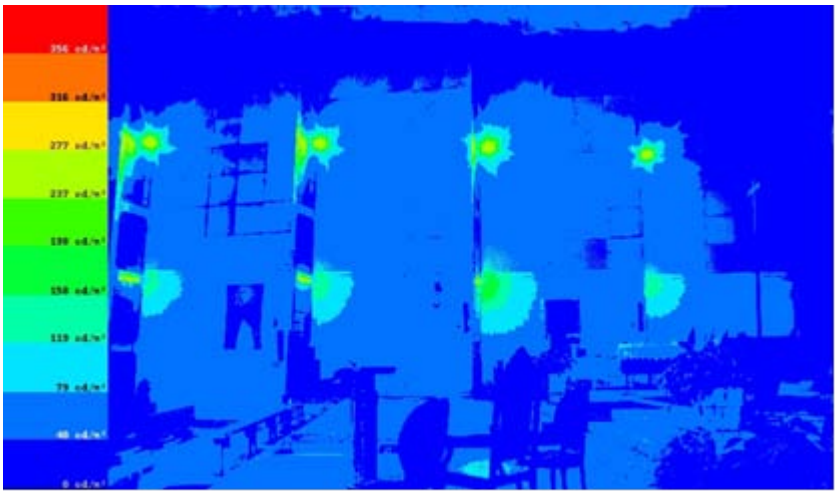


Figura 126. Altar, cores falsas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Na imagem HDR (Figura 125) e na imagem das cores falsas (Figura 53), está evidenciado o brilho causado pelos projetores e luminárias, podendo eventualmente causar algum ofuscamento que desabilite momentaneamente o usuário. Nota-se também que o direcionamento dos fachos dos projetores para o piso resulta em uma intensidade igual e até superior na parte central do altar, como mostra a Figura 126.

De modo geral notam-se grandes contrastes de intensidades, longe do ideal para uma adequada percepção espacial, essa condição não é aconselhável, podendo resultar em desconforto visual, ofuscamentos, deslumbramento e veladuras, por exemplo.

Figura 127. Igreja São Bonifácio

fachada principal e entorno.

(Fonte: Paula Mastrocola)

"Luz é matéria,

e toda matéria é luz".

Lous Kahn

5.3. IGREJA SÂO BONIFÁCIO – São Paulo, SP

Projeto de arquitetura: Arq. Hans Broos
Construção: 1964/66

5.3.1. O arquiteto.

Hans Broos, nascido na Áustria em 1921, estudou arquitetura na Universidade de Praga e graduou-se na Alemanha em Brunswick no ano de 1948, transferindo-se para Blumenau, Santa Catarina em 1957."Por uma leve ironia do destino, no primeiro grande trabalho que é chamado a realizar no Brasil – por conta da revalidação do diploma, pela então Faculdade Nacional de Arquitetura da Universidade do Brasil, no Rio de Janeiro – Hans Broos (1921-2011) efetua um levantamento das construções dos colonizadores açorianos presentes no litoral de Santa Catarina, Estado que escolheu como sua primeira morada na nova pátria.

Para tanto, realiza uma verdadeira incursão pelo estado, tarefa que lhe custou um ano, entre 1956 e 1957. O jovem arquiteto que deixara a Alemanha em reconstrução em fins de 1952 com esperanças de realizar o "novo" – em um tempo em que a divulgação internacional da arquitetura brasileira da escola carioca atinge seu ápice, e muitos outros arquitetos deixam o território europeu – com o espírito ávido de recém-formado, vê-se às voltas no novo país justamente com um trabalho teórico onde a história é protagonista. Naquele estudo, editado em

2002 sob o título Construções antigas em Santa Catarina o arquiteto faz levantamento e análise dos tipos residenciais, materiais e das técnicas construtivas de edificações açorianas pertencentes predominantemente do século XVII ao XIX. Com afinco, esmiúça detalhes construtivos e técnicas populares em muitas fotos e belos croquis". (DAUFENBACH, 2011)

Broos teve uma formação permeada pelo tradicionalismo formal e a necessidade que a arquitetura moderna nos anos pós-guerra tinha de encontrar novos caminhos, sofrendo grande influência dos arquitetos alemães Friedrich Wilhelm Kraemer e EgonEiermann. Nesse mosaico Broos "consolidou uma formação teórica e prática complexa e variada, que mescla diversos elementos e posturas até mesmo contrárias. Além destes fatores, junta-se a ideia de proporção e harmonia advinda da arquitetura clássica de seu mestre Kraemer (...) e o forte apelo à tradição e a procura de um caminho sensato entre a nova arquitetura e as construções históricas em Braunschweig, Alemanha" (DAUFENBACH, 2011).

Foi em Blumenau que Broos desenvolveu a maioria de seus projetos, e a partir da década de 1960, também em São Paulo tem alguns trabalhos executados. "Mas se em Blumenau sua obra disseminou-se por quase toda a parte, em São Paulo ela permanece com exemplos mais pontuais de uma obra de primeira grandeza, em que revela afinidades existentes e aproximações intencionais com o brutalismo paulista, com destaque para Abadia de Santa Maria, a Casa do Arquiteto, e a Igreja São Bonifácio". (DAUFENBACH, 2011)

Figura 128. Fachada principal da igreja.

(Fonte: Cristiano Mascaro)

5.3.2. O edifício.

O edifício que abriga a igreja e o centro paroquial São Bonifácio, está localizado na Rua Humberto I, entre as ruas Vergueiro e Conselheiro Rodrigues Alves, no bairro de Vila Mariana, reúne características do brutalismo paulista.

A Igreja é uma caixa de concreto erguida sobre quatro pilares acima do nível da rua Humberto I, permitindo não apenas a perfeita integração da rua com o pátio coberto, como também, outrora, uma boa visualização do parque do Ibirapuera. Atualmente cercada por um gradil, que apesar de permitir o entendimento da intenção do arquiteto de elevar o edifício, prejudica essa integração. Broos utilizou a grande inclinação do terreno para implantar o Centro Paroquial, que se distribui abaixo do nível da rua.

Figura 129. Situação Igreja São Bonifácio.

(Fonte: Google Earth)

Figura 130. Situação Igreja São Bonifácio (entorno)

(Fonte: Google Earth)

Figura 131. Montagem de fotos fachada principal da igreja.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 132. Igreja e centro paroquial.

(Fonte: Cristiano Mascaro)

Figura 133. Fachada posterior da igreja – pátio coberto.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.3.3. Análisedo edifício – síntese.

"Broos no memorial do projeto assinala a situação urbana como 'desfavorável' – rua residencial, estreita, 'monótona', com espírito comercial; terrenos semelhantes nas dimensões e o alinhamento estrito das construções. 'Não existe praça, nem alargamento, nem área de descanso para o transeunte(...)'. Broos parece querer recriar, através deste projeto, a tradicional visão da igreja localizada em um largo, e seu posicionamento distante da rua possibilita a distancia indispensável para apreciá-la em sua 'majestosidade necessária' (...) A solução remete irremediavelmente ao anteriormente construído MASP de Lina Bo Bardi, tanto em sua fachada voltada para a Avenida Paulista quanto a posterior. É inegável a aproximação entre os dois prédios e a solução de caixa suspensa por apenas quatro pilares (com soluções estruturais bastante diferentes num caso e noutro)". (DAUFENBACH, 2011).

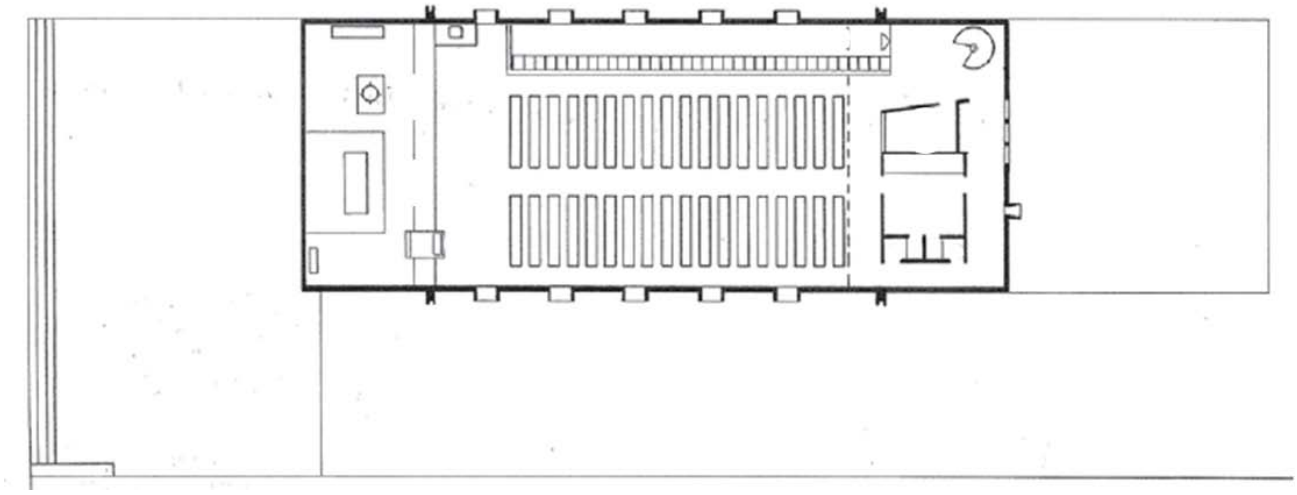


Figura 134. Planta igreja (sem escala).

(Fonte: Tese Karine Daufenbach)

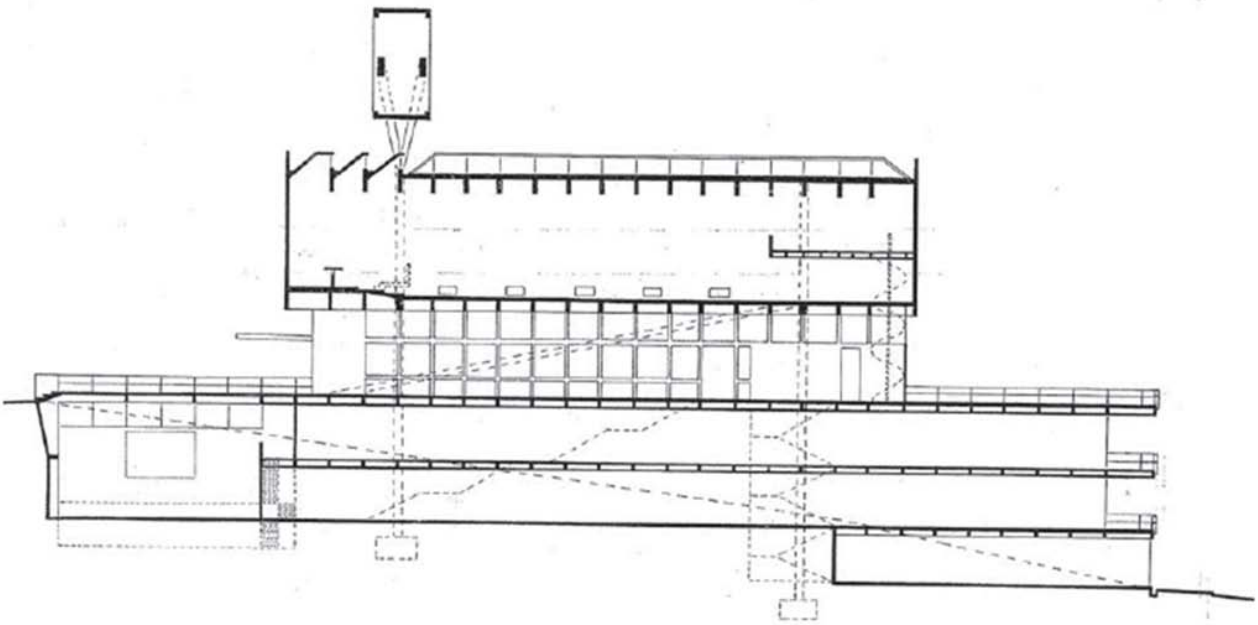


Figura135. Corte longitudinal – igreja e centro paroquial.

(Fonte: Tese Karine Daufenbach)

Broos projetou a igreja apoiada em quatro pilares definindo um pátio coberto que traz a rua para dentro do lote, numa tentativa de eliminação do limite imposto pela acomodação e composição urbana, redesenhando a rua, criando uma praça, que infelizmente hoje é cercada por gradis, como muitos parques da Cidade. Broos utilizou a posição do terreno em cota próxima do espigão da Paulista, assim como de sua inclinação, criando adequadamente esse espaço sobre a cobertura do centro paroquial, que permite o olhar para o parque do Ibirapuera, convidando as pessoas para dele usufruir.

A caixa fechada revela intenções subjetivas de criação de um espaço recluso propício à oração e ao recolhimento. Assim como a pureza formal e o despojamento encontram na força do desenho repositório conceitual bem definido pelo arquiteto.

O acesso à igreja é feito através de uma rampa lateral de 1,80 m de largura, com uma escada nela incrustrada. O fechamento da rampa é feito por caixilhos junto à face interior e por vitrais seguindo a mesma modulação dos caixilhos mediam sua face exterior, vitrais estes pintados pelo artista alemão Lorenz JohannesHeimair. (Figuras 136, 137 e 138)

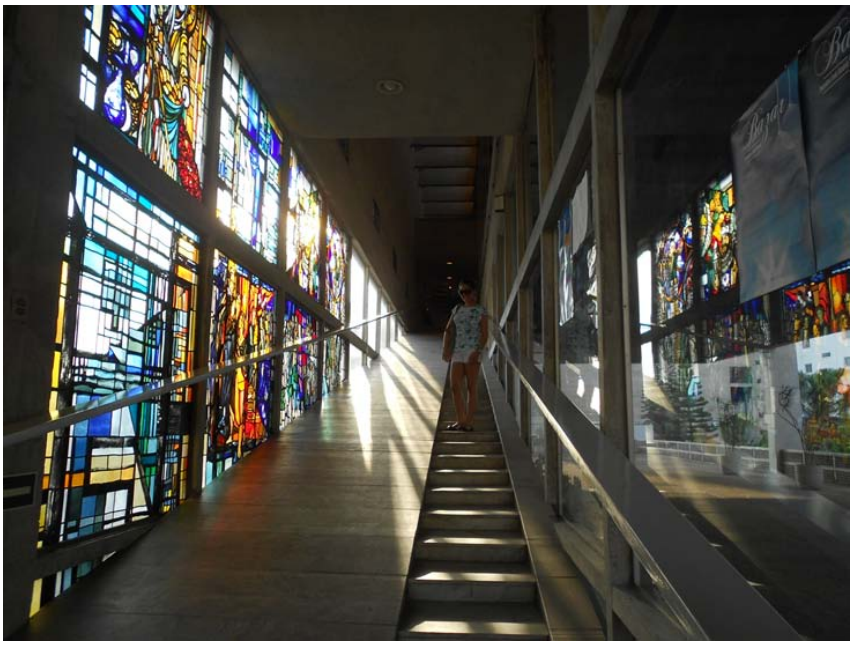


Figura 136. Rampa de acesso à igreja, vista para o interior – ladeada por caixilhos e vitrais.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

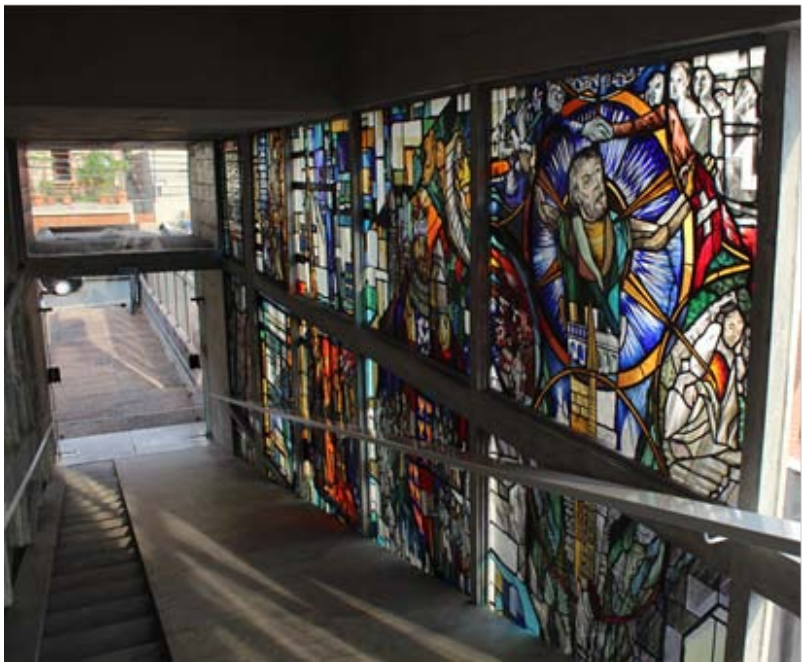


Figura 137. Rampa de acesso à igreja, vista para o exterior – ladeada por caixilhos e vitrais.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

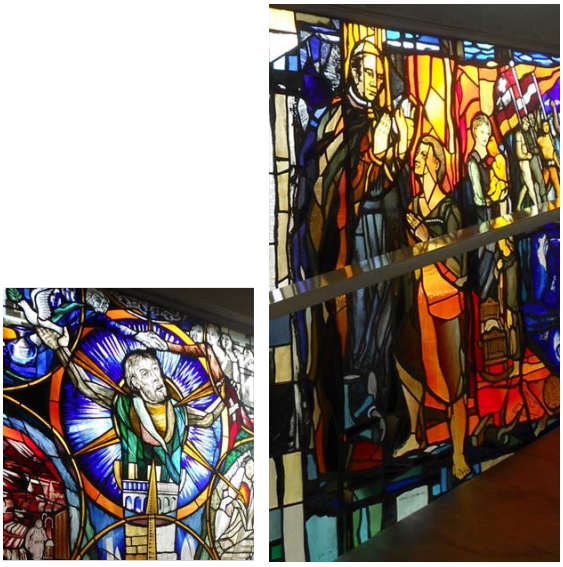


Figura 138. Montagem – detalhes dos vitrais.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

No final da rampa, há um pequeno vestíbulo, coberto pela laje do coro, sob esta laje há um bloco central com salas de apoio e confessionários, que permanecem quase sempre fechadas para o centro da nave, e ao fundo a circulação vertical, que dá acesso ao coro acima e às demais dependências do centro paroquial abaixo. O piso da igreja é em mosaico português acinzentado e a rampa / escada em granito claro.

Figura 139. Nave central, acima coro e abaixo salas de apoio e confessionários.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.3.4. A iluminação natural.

A iluminação indireta, proveniente da luz natural, penetra através de clerestórios localizados no sentido longitudinal, nos dois lados da nave central, “lavando” com luz as paredes e inundando o espaço. A rampa serve de rebatedor da luz, aumentando levemente a intensidade da luz.

Figura 140. Iluminação geral resultante da luz refletida pelas paredes.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Há também ao longo das duas paredes laterais, 20 cm acima do piso, pequenas janelas com venezianas para o controle da entrada de luz.

Figura 141. Montagem – iluminação proveniente do clerestório.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Figura 142. Montagem – janelas próximas ao piso, acima detalhe da proteção vista do exterior.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Solução semelhante foi adotada para toda a região do altar, porem ali três claraboias sucessivas transversais à nave permitem que uma generosa quantidade de luz natural seja projetada nesse espaço.

Figura 143. Altar.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

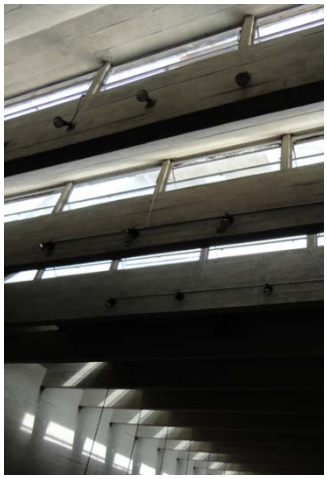


Figura 144. Altar – detalhe da iluminação natural.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.3.5. A iluminação artificial.

A iluminação artificial da igreja é composta por luz direta e indireta. Na laje de cobertura da nave central há, entre as vigas de concreto, duas linhas de quatro nichos, anteriormente munidos com lâmpadas incandescentes e que hoje se utilizam de lâmpadas halógenas PAR 38 com 100 W de potencia. A luz indireta que complementa a iluminação do espaço advém de lâmpadas fluorescentes tubulares com potencia de 32 W, fixadas na lateral das vigas de concreto, abaixo dos clerestórios.

Figura 145. Nave central.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A distribuição dos nichos que abrigam as lâmpadas para a iluminação geral direta foi feita de forma a proporcionar uma boa homogeneidade na distribuição da luz por toda a nave. Uma espécie de halo, bastante pronunciado, que se forma nas vigas de concreto, é resultante da projeção do facho de luz preciso das lâmpadas PAR nas bordas dos nichos.

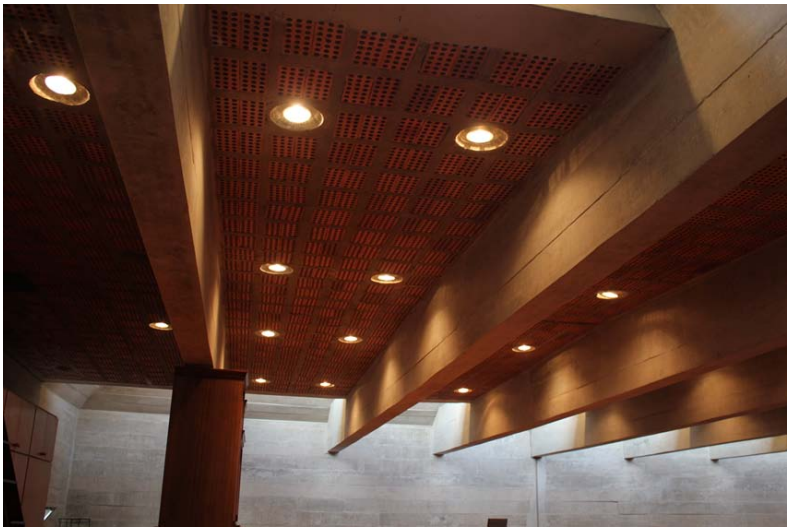


Figura 146. Nichos na laje para lâmpadas PAR.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Bem no centro da laje, entre os nichos para a iluminação de forma intercalada, há aberturas para ventilação, por onde praticamente não entra luz natural.

Figura 147. Ao centro, abertura na laje para ventilação.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A lâmpada fluorescente fixadas na lateral das vigas além de contribuir para a iluminação geral de forma indireta também faz às vezes da luz natural, quando da ausência desta.

Figura 148. Lâmpadas fluorescentes fixadas na lateral das vigas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Para o altar foi adotado um conjunto de projetores orientáveis, para lâmpada PAR 38 com 100 W de potencia fixados à viga, no alinhamento das aberturas para iluminação natural. Os fachos desses projetores, além de atender ao nível de iluminação necessário para a tarefa ali realizada, também produzem uma iluminação de destaque para os diversos objetos que ali estão, além do crucifixo na parede atrás do altar.

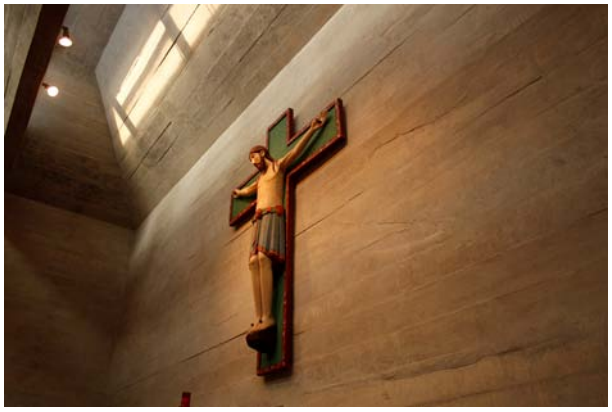


Figura 149. Projetores para iluminação de destaque, fixados na lateral das vigas.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Sob a laje do coro, embutidas na laje, luminárias cilíndricas para lâmpada PAR 30 com potência de 75 W, auxiliam na determinação da circulação e da área do vestíbulo.

Figura 150. Nave central – vista para o coro.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

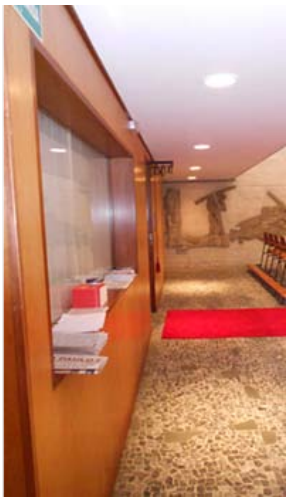


Figura 151. Luminárias embutidas na laje sob o coro.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

5.3.6. Imagens digitais utilizadas para a analise da iluminação.

O DIALux foi o software utilizado para a analise da iluminação deste edifício. A partir dos desenhos existentesna tese de doutorado de KanineDaufenbach e levantamentos “in loco” foi desenvolvida no aplicativo AutoCAD uma planta que posteriormente foi importada para o DIALux, e neste programa foram elaborados os cortes e imagens em 3D.

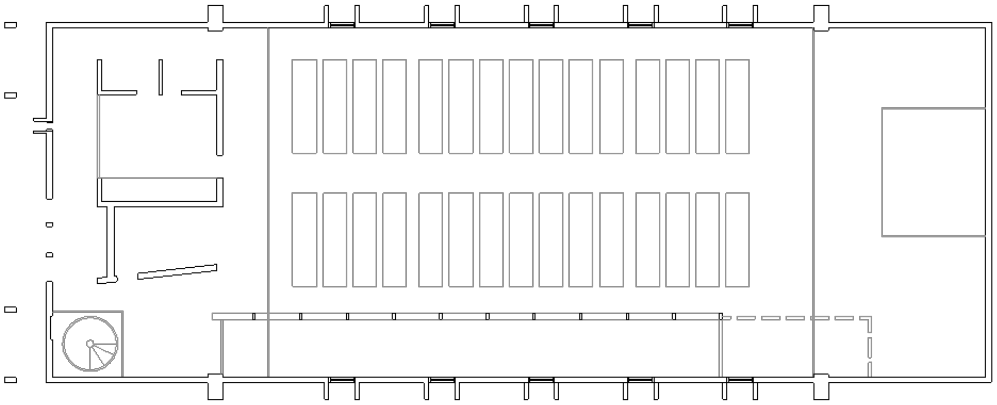


Figura 152. Planta igreja desenvolvida em AutoCAD.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

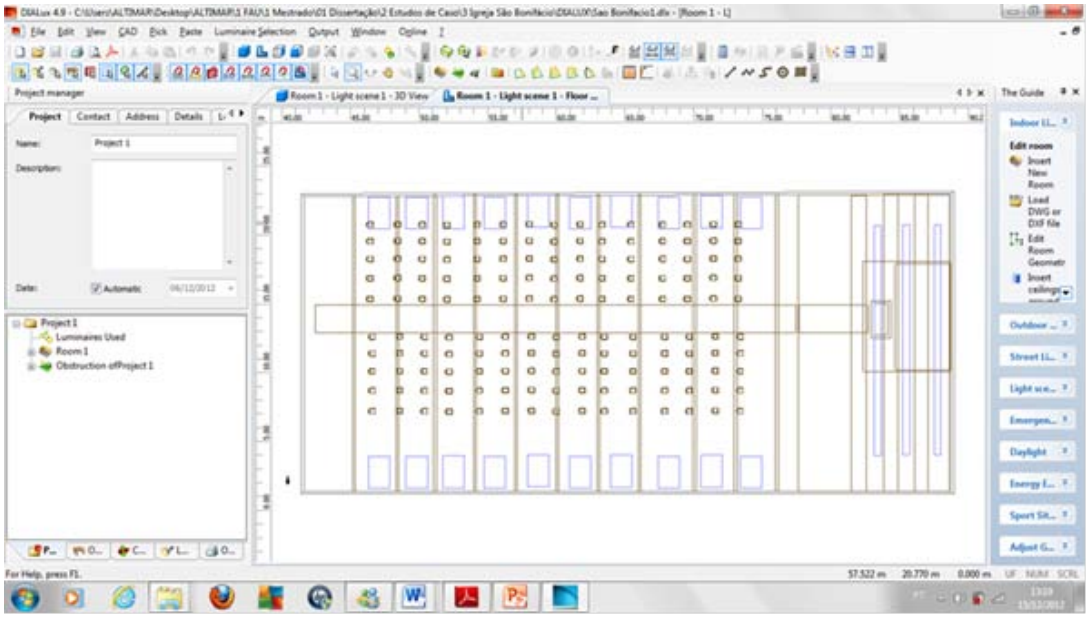


Figura 153. Planta igreja importada para o programa DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

No programa DIALux foram elaborados os cortes transversal e longitudinal e gerada a imagem 3D, também foram incluídos o mobiliário, as cores dos revestimentos e as coordenadas geográficas, objetivando a maior aproximação possível com o ambiente real e consequentemente maior fidelidade nos resultados esperados.

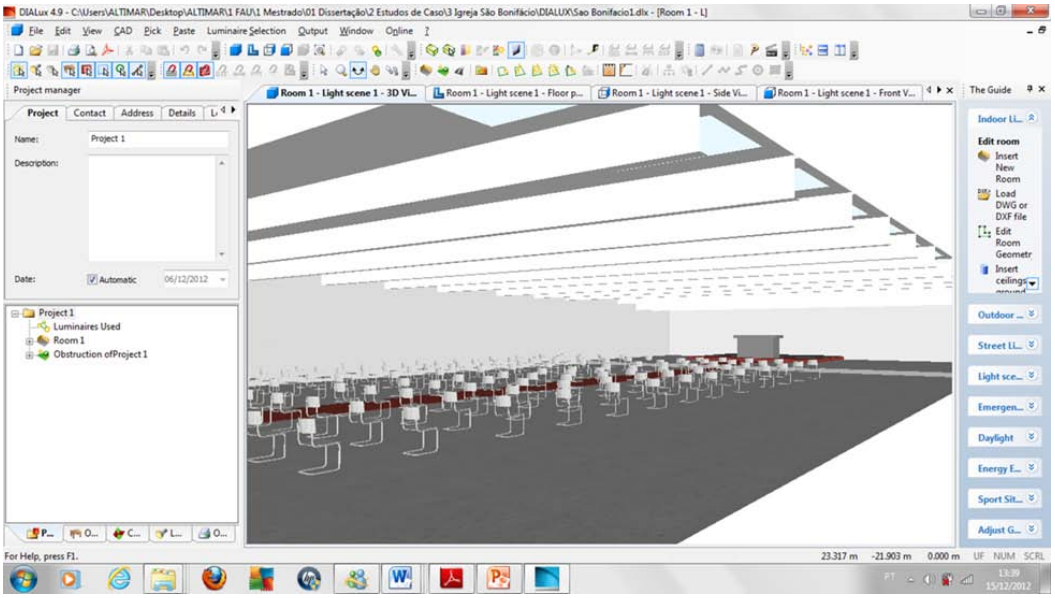


Figura 154. Vista 3D nave, gerada a partir da planta e cortes, já com o mobiliário – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

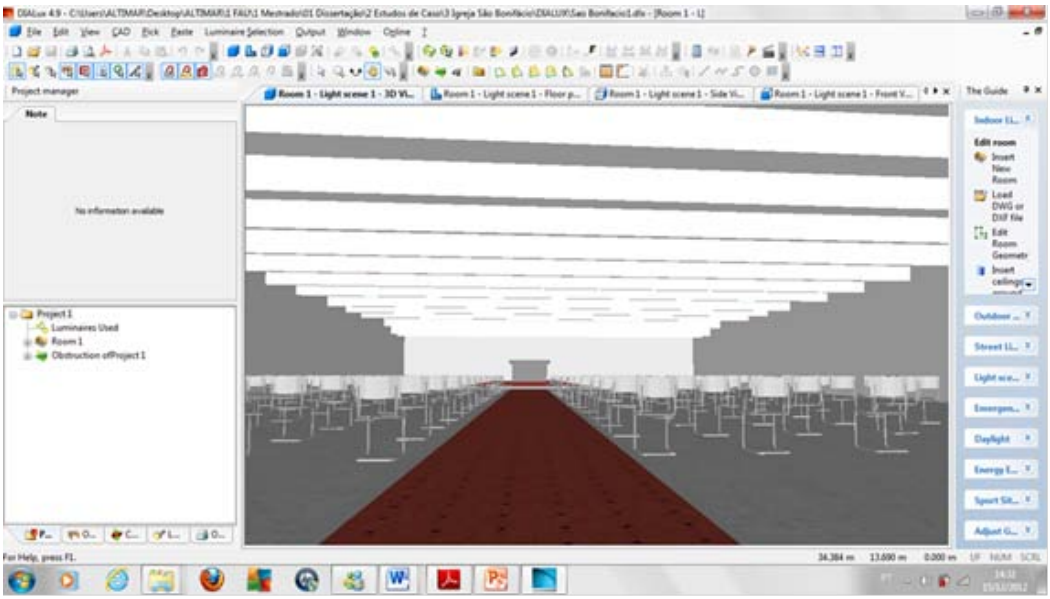


Figura 155. Vista 3D centro da nave – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

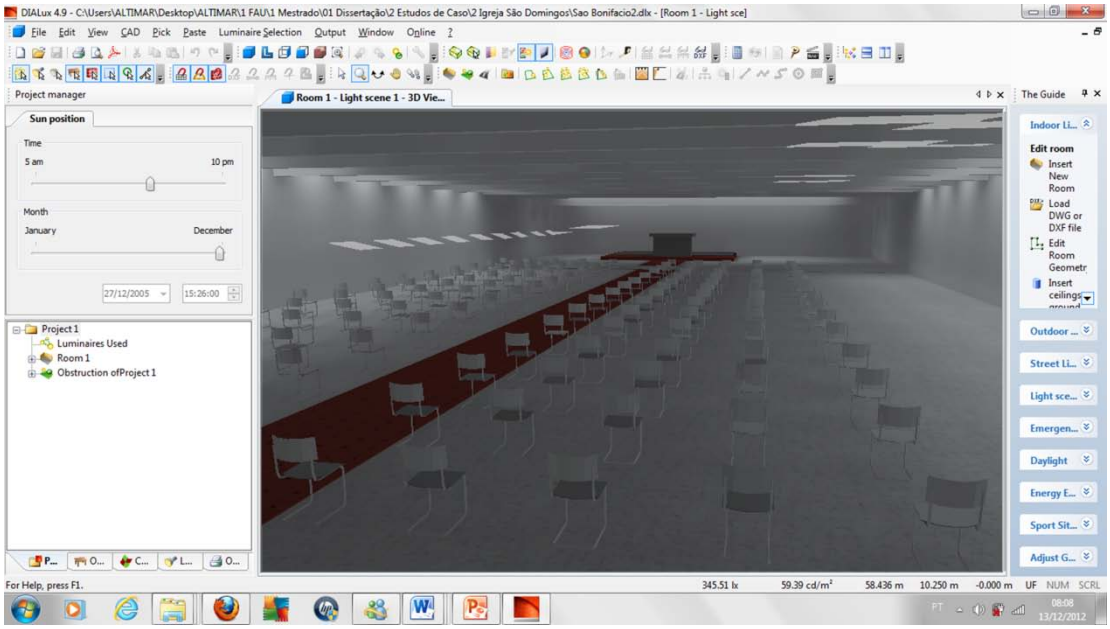


Figura 156. Vista 3D, nave com iluminação natural – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

As informações levantadas relativas às quantidades, tipos e potência das lâmpadas também foram introduzidas no desenho, para a realização dos cálculos e geração das imagens em 3D, possibilitando a leitura e interpretação da distribuição das intensidades luminosas.

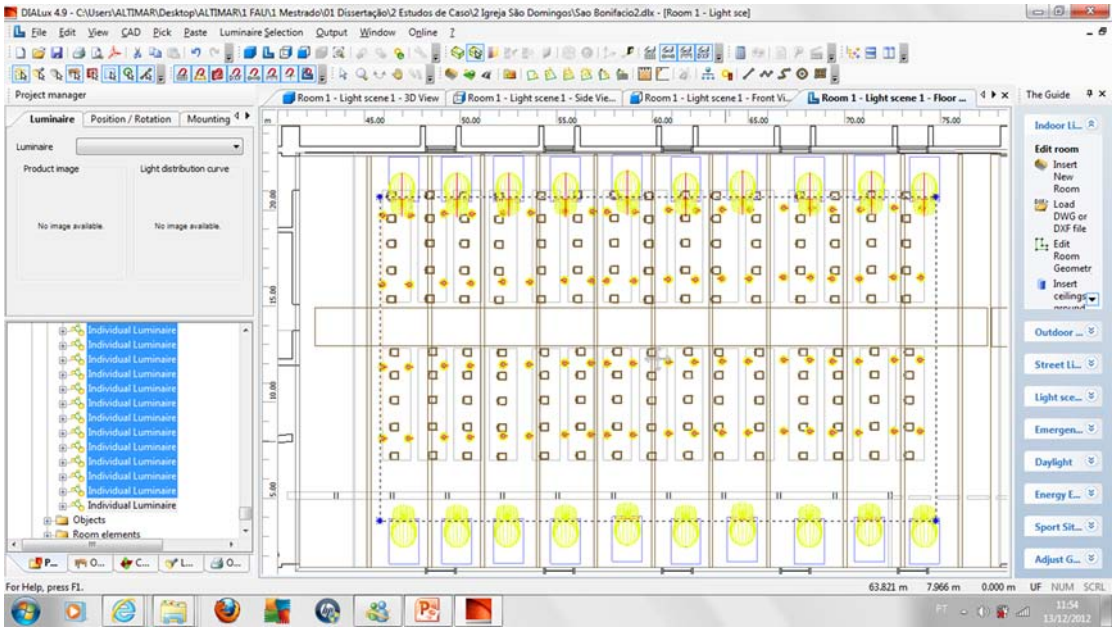


Figura 157. Planta – locação das luminárias e lâmpadas – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

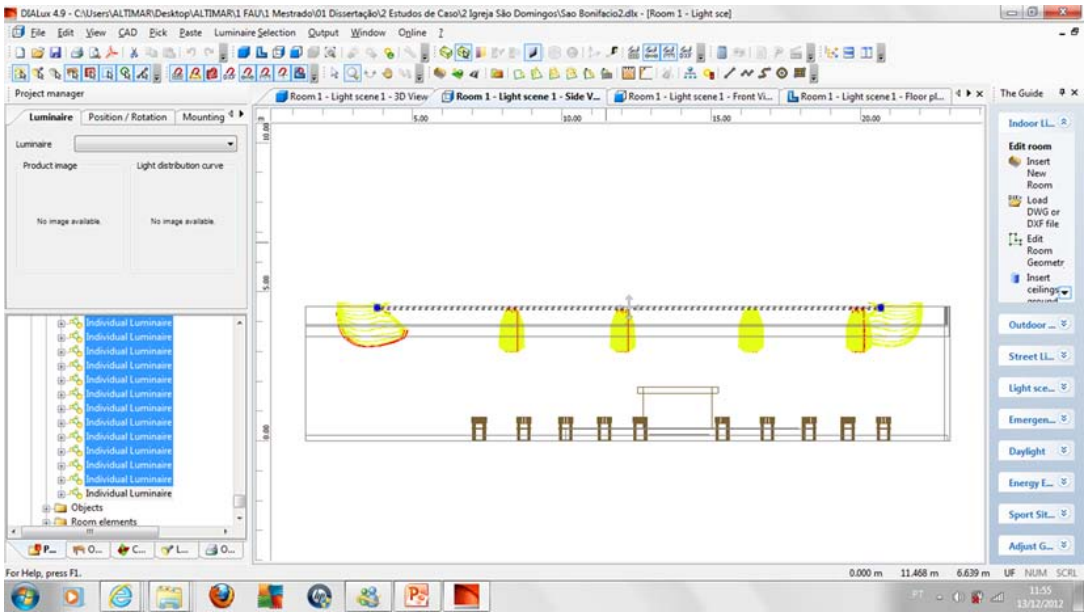


Figura 158. Corte transversal – locação das luminárias e lâmpadas com fachos de luz – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A iluminação geral das igrejas e templos não é tratada pelas Normas Brasileiras, NBR 5413 – Iluminâncias de Interiores, como áreas de trabalho, sendo recomendados níveis não superiores a 200 lux em virtude do tempo e acuidade visuais destinados às tarefas como leitura, por exemplo, já nas áreas destinadas aos ofícios como altar e púlpitos são recomendados níveis maiores, e geralmente para esses casos são incorporadas peças adicionais para a iluminação pontual, como projetores com fachos direcionados para os pontos de maior necessidade.

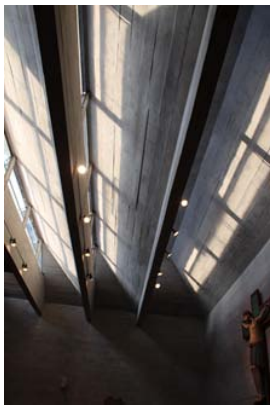
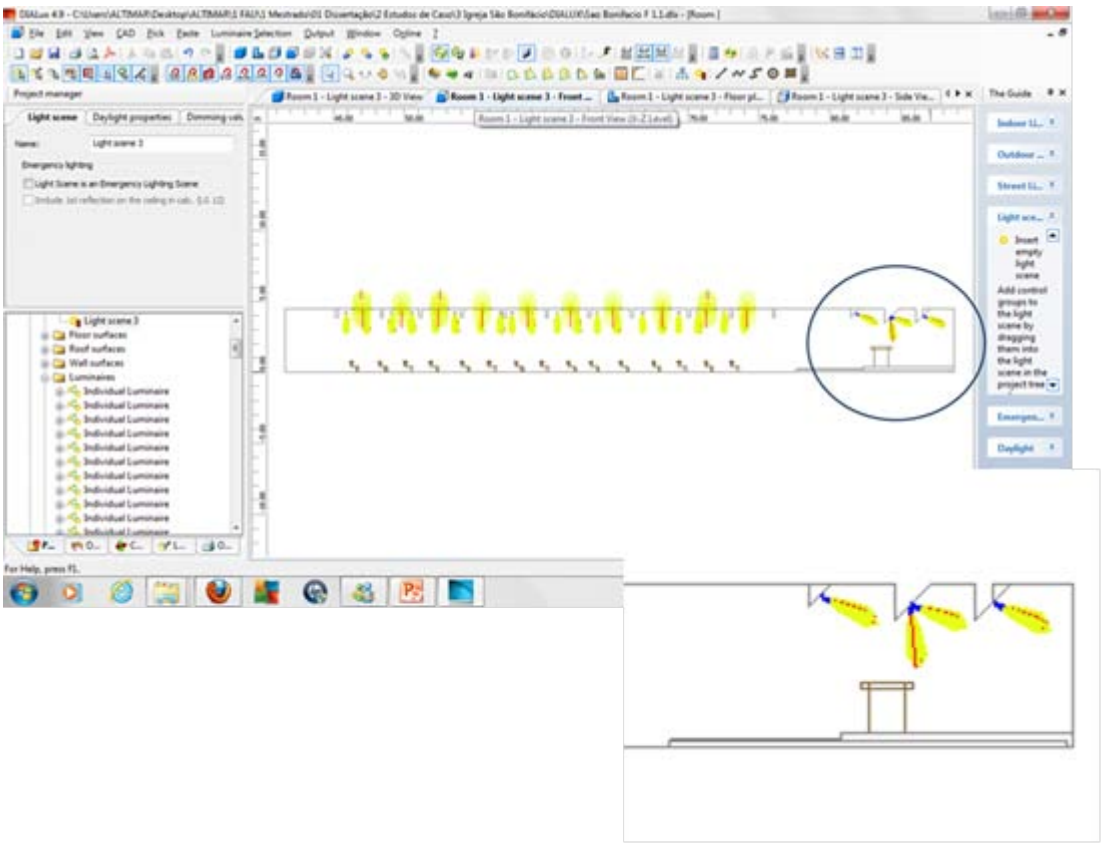


Figura 159. Projetores direcionados para altar e crucifixo.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)



Figuras 160 e 161. Corte longitudinal, abaixo destaque para os projetores direcionados para a área do altar – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

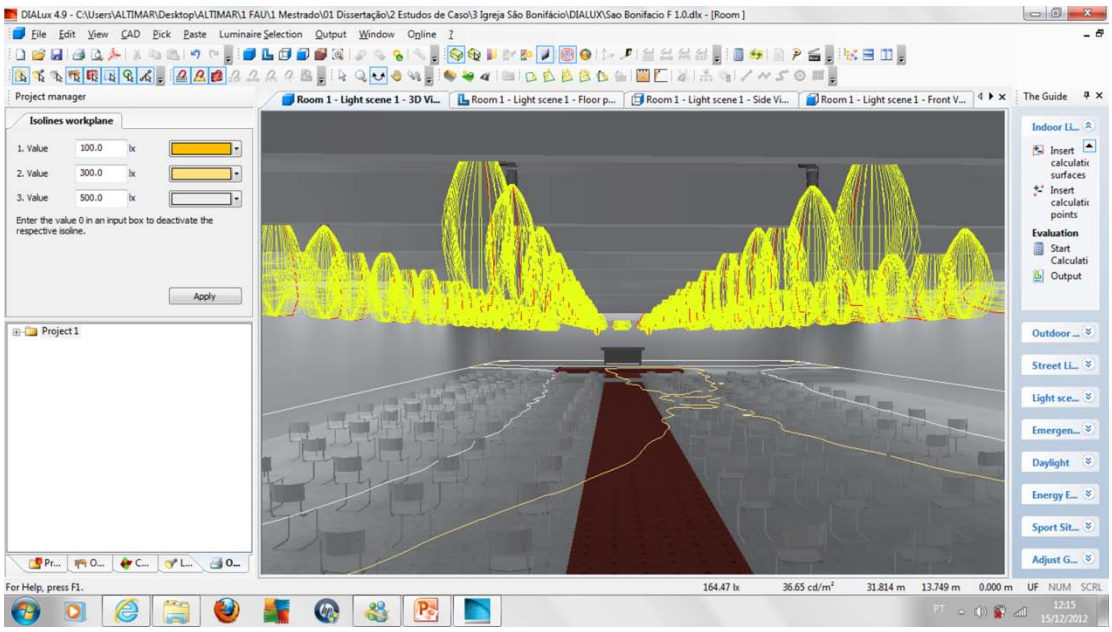


Figura 162. Imagem 3D – fachos com distribuição da luz – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

As imagens com as cores falsas também possibilitam uma maior compreensão da distribuição e comportamento da luz no espaço. O programa fornece, de acordo com o que foi selecionado, uma legenda tanto com as quantidades de iluminâncias, quanto com as de luminâncias, o que auxilia na associação dos parâmetros quantitativos com os qualitativos ou perceptivos registrados nas visitas ao local.

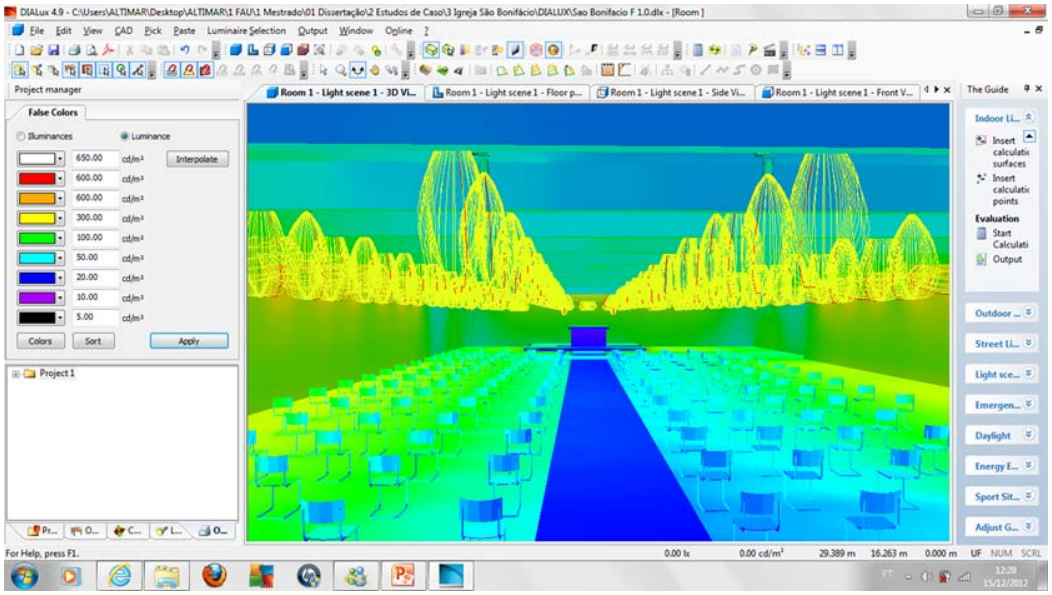


Figura 163. Imagem 3D – cores falsas e legenda com níveis de luminâncias – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

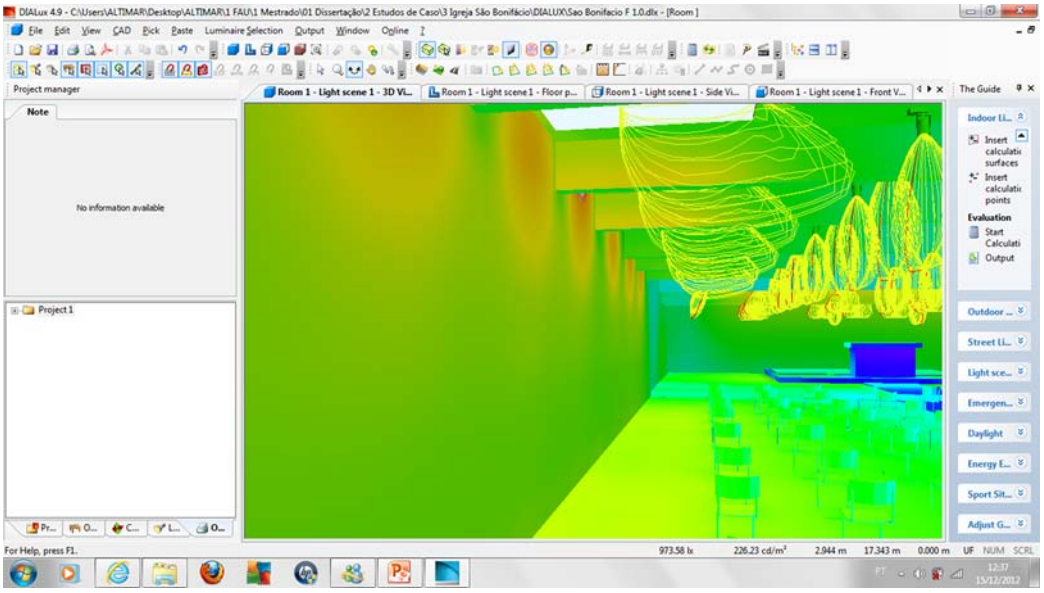


Figura 164. Imagem 3D – cores falsas – regiões próximas às paredes - maior incidência de luz. – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

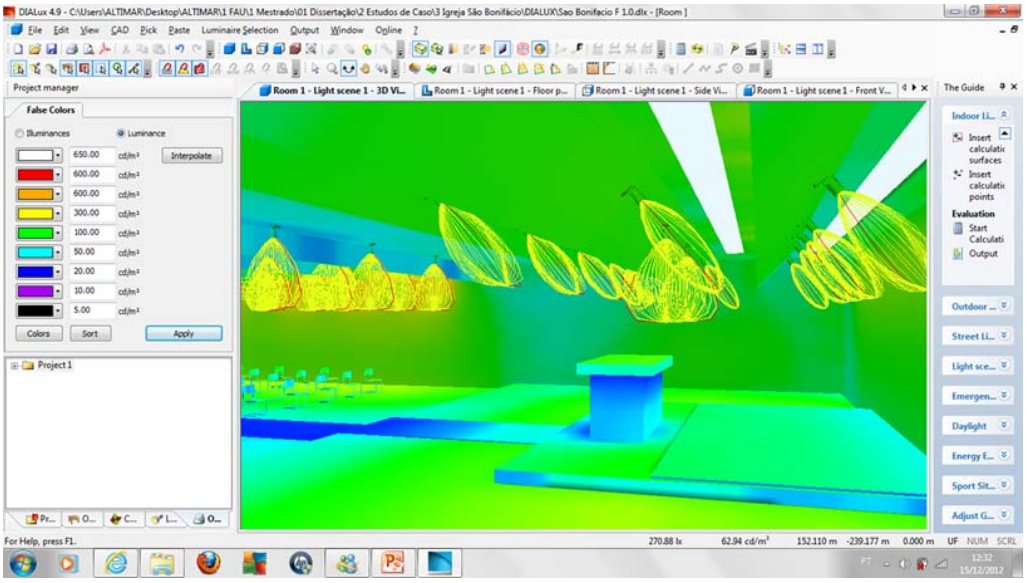


Figura 165. Imagem 3D – cores falsas e legenda, projetores direcionados para área do altar – DIALux.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Verifica-se que contrastes e machas são evidentemente provocados pelos fachos muito precisos das lâmpadas PAR, que são utilizadas sem difusores ou filtros de vidro que poderiam "amaciar" esses fachos e difundir melhor a luz, entretanto o conceito adotado de iluminação lateral com lâmpadas fluorescentes que banham as paredes de luz amenizam esses efeitos indesejáveis e auxiliam na compreensão da arquitetura.

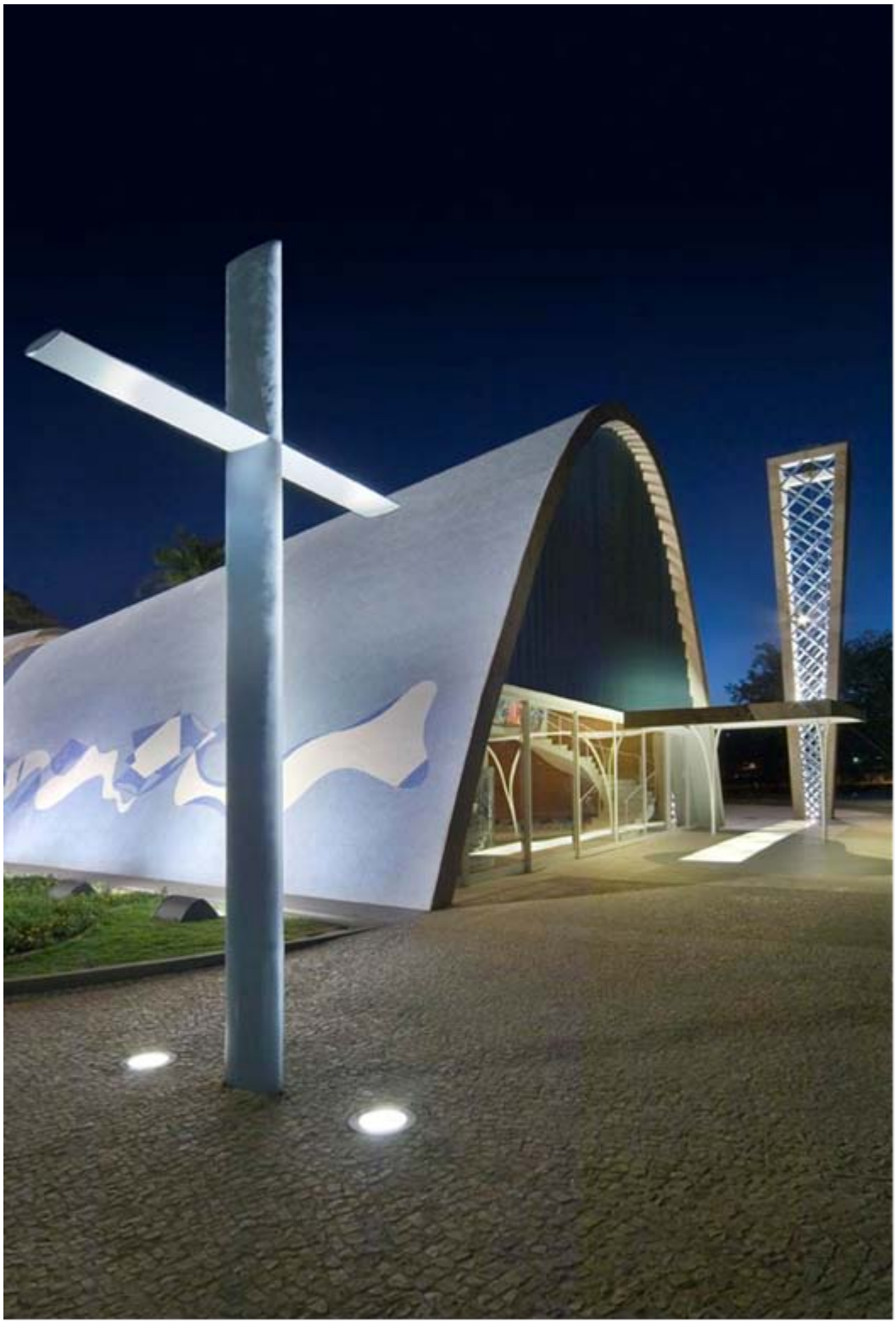


Figura 166. Igreja São Francisco de Assis, Fachada principal - noturna

Fonte: LD Studio (foto: Jomar Bragança)

"Com a obra da Pampulha o vocabulário plástico da minha arquitetura, num jogo inesperado de retas e curvas, começou a se definir".

Oscar Niemeyer

5.4. IGREJA SÃO FRANCISCO DE ASSIS – Belo Horizonte, MG

Projeto de arquitetura: Arq. Oscar Niemeyer
Construção: 1940
Projeto de luminotécnica (2006): LD Studio – Arq. Monica Lobo

5.4.1. O arquiteto.

Oscar Niemeyer graduou-se em arquitetura no ano de 1934 pela Escola Nacional de Belas Artes do Rio de Janeiro, entretanto já havia ingressado no escritório de Lúcio Costa e Carlos Leão em 1932.

Em 1936 Oscar Niemeyer participa da equipe comandada por Lúcio Costa e Carlos Leão formada por Affonso Eduardo Reidy, Jorge M. Moreira e Ernani Vasconcelos, no desenvolvimento do projeto do Ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro, tendo como consultor Le Corbusier.

Já em 1937 em seu primeiro trabalho individual, a entidade de assistência social "Obra do Berço", no Rio de Janeiro, Oscar Niemeyer demonstra uma grande aderência aos conceitos preconizados por Le Corbusier. Já no conjunto arquitetônico da Pampulha, projetos

desenvolvidos entre 1940 e 1943, formado pelo Cassino, a Casa do Baile, o Iate Clube e a Igreja, além do Hotel que não foi construído, Oscar Niemeyer apresenta um novo repertório de formas curvas, superfícies contínuas, sem lajes de cobertura nem pilotis, chamados por Joaquim Cardozo de “panos de concreto” (WISNIK, 2011).

Em 2005 a igreja foi restaurada, tendo consultoria de arquitetura de Glauco de Oliveira Campello e diagnóstico de restauro de Mário Mendonça de Oliveira.

5.4.2. O edifício.

A igreja de São Francisco de Assis faz parte de um complexo arquitetônico construído no entorno de uma lagoa artificial, distante cerca de doze quilômetros do centro de Belo Horizonte, próximo ao aeroporto da Pampulha.

Como mencionado na Introdução deste Capítulo 5, o Conjunto da Pampulha foi considerado, juntamente com o projeto do Ministério da Educação e Saúde – MIES, no Rio de Janeiro e o Pavilhão do Brasil na Feira Mundial de Nova York, como um dos impulsionadores da arquitetura moderna brasileira (CAVALCANTI, 2005). “O conjunto da Pampulha, em Belo Horizonte, é a primeira obra claramente autoral de Oscar Niemeyer, tornando-se referência paradigmática na história da arquitetura moderna brasileira. A partir da Pampulha, ficou claro que essa arquitetura não poderia mais ser compreendida como mera aplicação local de preceitos corbusianos, nem vista como ressonância distante de um “Estilo Internacional” que se desenvolvia na Europa e nos EUA”. (WISNIK, 2011)

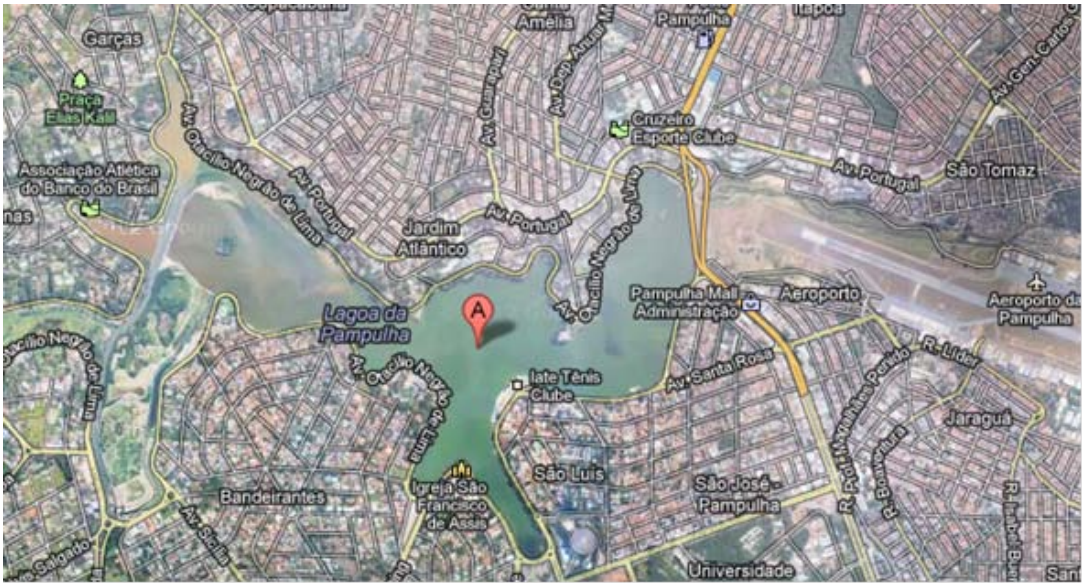


Figura 167. Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte – MG.

(Fonte: Google Earth)

Figura 168. Situação Igreja São Francisco de Assis, Belo Horizonte (entorno).

(Fonte: Google Earth)

Figura 169. Croqui do conjunto da Pampulha.

Fonte: Oscar Niemeyer, Pag.24

Figura 170.Fachada frontal.

Fonte: Panoramio (foto: Julio F. Almeida)

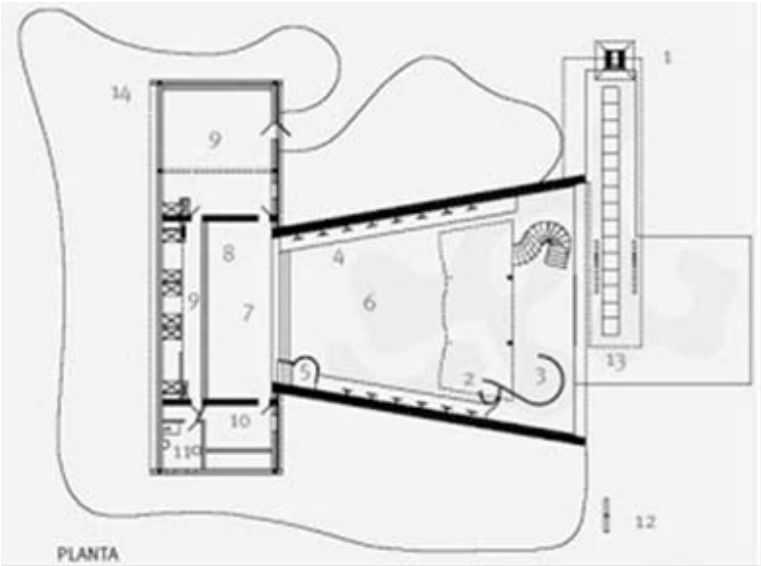
disponível em: maps.google.com.br/maps

Figura 171. Construção da casca parabólica da Igreja de São Francisco.

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões, Pag.17

5.4.3. Análisedo edifício – síntese.

O engenheiro calculista Joaquim Cardozo que sempre participou como colaborador de Oscar Niemeyer, contribuindo com as experiências do arquiteto em obter soluções formais, explorando a tecnologia do concreto armado que possibilitou respostas plasticamente originais. As curvas das abóbadas sucessivas fazem uma alusão ao relevo montanhoso de Minas Gerais, tendo ao centro uma grande abóbada parabólica, com uma ligeira inclinação fazendo com que o pé direito decresça da entrada em direção do altar, essa grande abóbada que estrutura toda a edificação.



1. Campanário
2. Batistério (bronze de Ceschiatti)
3. Confessionário
4. Painéis paixão de Cristo (Portinari)
5. Púlpito
6. Nave
7. Altar
8. Afresco (Portinari)
9. Sacristia
10. Padre
11. Sanitário
12. Cruzeiro
13. Iluminação de piso
14. Mural em azulejos

Figura 172. Planta da Igreja da Pampulha.

(Fonte:estudio4tecnologia.blogspot.com.br)

Pilotis constituem-se em uma estrutura auxiliar para a sustentação da laje do coro que tem sua escada de acesso engastada da laje do coro e apoiada no piso do térreo.

As fachadas da Igreja são revestidas por painéis de azulejos de Candido Portinari e Paulo Werneck. O edifício e suas obras fazem parte do patrimônio histórico brasileiro,tombados pelos órgãos municipal, estadual e federal: Gerência do Patrimônio Municipal – GEPH, Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA, e Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, em 1984.

Figura 173. Fachada frontal.

Fonte: flickr.com

Figura 174. Fachada posterior - painel de azulejos de Candido Portinari.

(Fonte:estudio4tecnologia.blogspot.com.br)

5.4.4. A iluminação natural.

A solução formal do edifício, bem como a sua orientação, impedem que ofuscamentos decorrentes da incidência da luz solar direta, possam desabilitar ou incomodar os seus usuários. O acesso principal se faz pela fachada frontal toda de vidro, tendo em sua parte superior brises para o controle da luz.

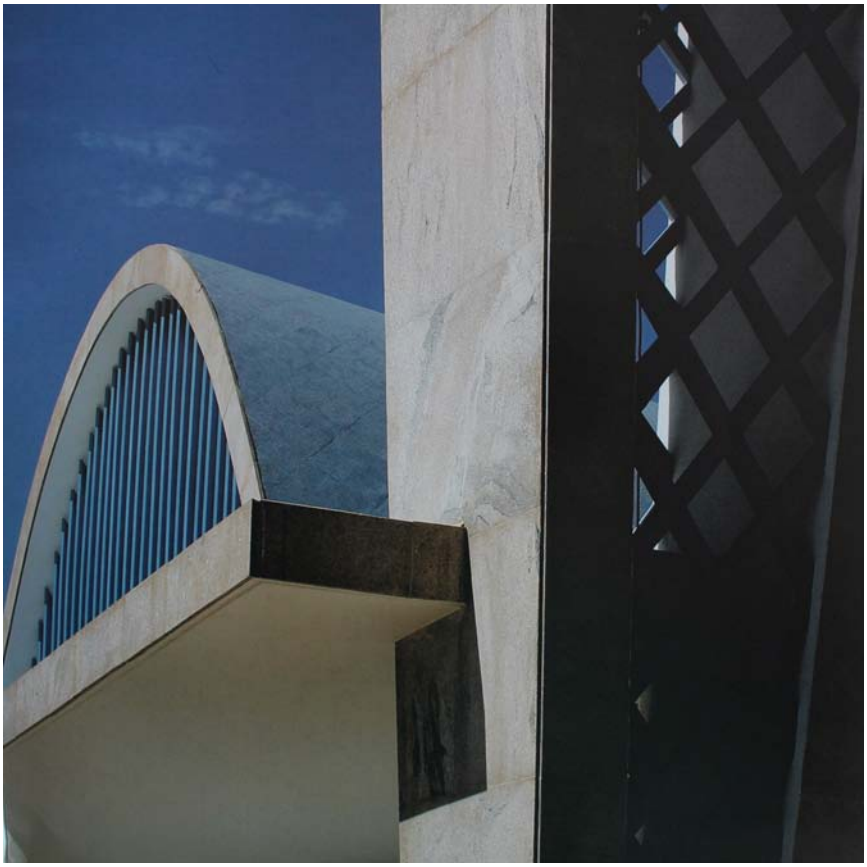


Figura 175. Brise acima da marquise.

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões.

Com vista para a lagoa a fachada frontal voltada para o norte fica totalmente desobstruída deste lado onde a curva parabólica é maior a luz natural é filtrada pelos brises e incide no interior da igreja com intensidade relativamente controlada permitindo que o altar, que se encontra do lado oposto possa receber maior iluminação. Na transição entre a grande abóbada inclinada, região da nave central e a menor, que contempla a área do altar o arquiteto poderia ter explorado de forma mais contundente essa junção com uma iluminação natural mais reveladora ou simbólica, como fez o arquiteto Tadao Ando na Igreja da Luz.

Figura 176. Efeito da luz solar direta filtrada pelo brise.

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões

5.4.5. O Projeto de Iluminação artificial.

A intervenção para as obras de restauro da igreja de São Francisco apresentou-se como uma oportunidade para o desenvolvimento de um projeto de iluminação artificial que, segundo as autoras, as arquitetas Mônica Lobo e Inês Benevolo na ocasião sócias do escritório LD Studio, sediado no Rio de Janeiro.

De acordo com a arquiteta Mônica Lobo, em artigo publicado na revista L + D, a modelagem dos volumes e o famoso painel de Cândido Portinari foram os pontos chave para a obtenção do resultado esperado. Sendo que, ainda segundo a autora, duas grandes barreiras tiveram que ser transpostas durante o desenvolvimento do projeto, a primeira era a própria geometria não ortogonal do edifício que impunha "uma metodologia de cálculo não convencional das iluminâncias e luminâncias nas superfícies curvas", o fato do edifício ser tombado nas diversas instâncias, municipal, estadual e federal, limitava as possibilidades de intervenção, além da exigência de aprovação do projeto por todos os órgãos fiscalizadores.

O projeto de iluminação contemplou as áreas internas e externas, e foi apresentado em quatro partes que receberam soluções distintas: fachada frontal, fachada posterior, fachada lateral e área interna.

A iluminação da fachada frontal é uma associação da iluminação indireta da marquise que liga a abóbada central ao campanário com a iluminação interna também indireta que revela por contraste o brise existente acima da marquise evidenciando a forma parabólica da abóbada.

A iluminação da marquise é feita através de projetores embutidos em um nicho côncavo existente, que foi recuperado e readequado, recebendo uma pintura na superfície interna na cor branca e um fechamento em vidro translúcido revestido com uma película de vinil. Neste nicho foram instalados projetores para lâmpadas multivapores metálicos de 70W de potência, com temperatura de cor de 3000K, com seus fachos de luz direcionados para o fundo da superfície côncava branca. Desse elemento resulta uma luz difusa e homogênea que é lançada contra a superfície inferior da marquise.

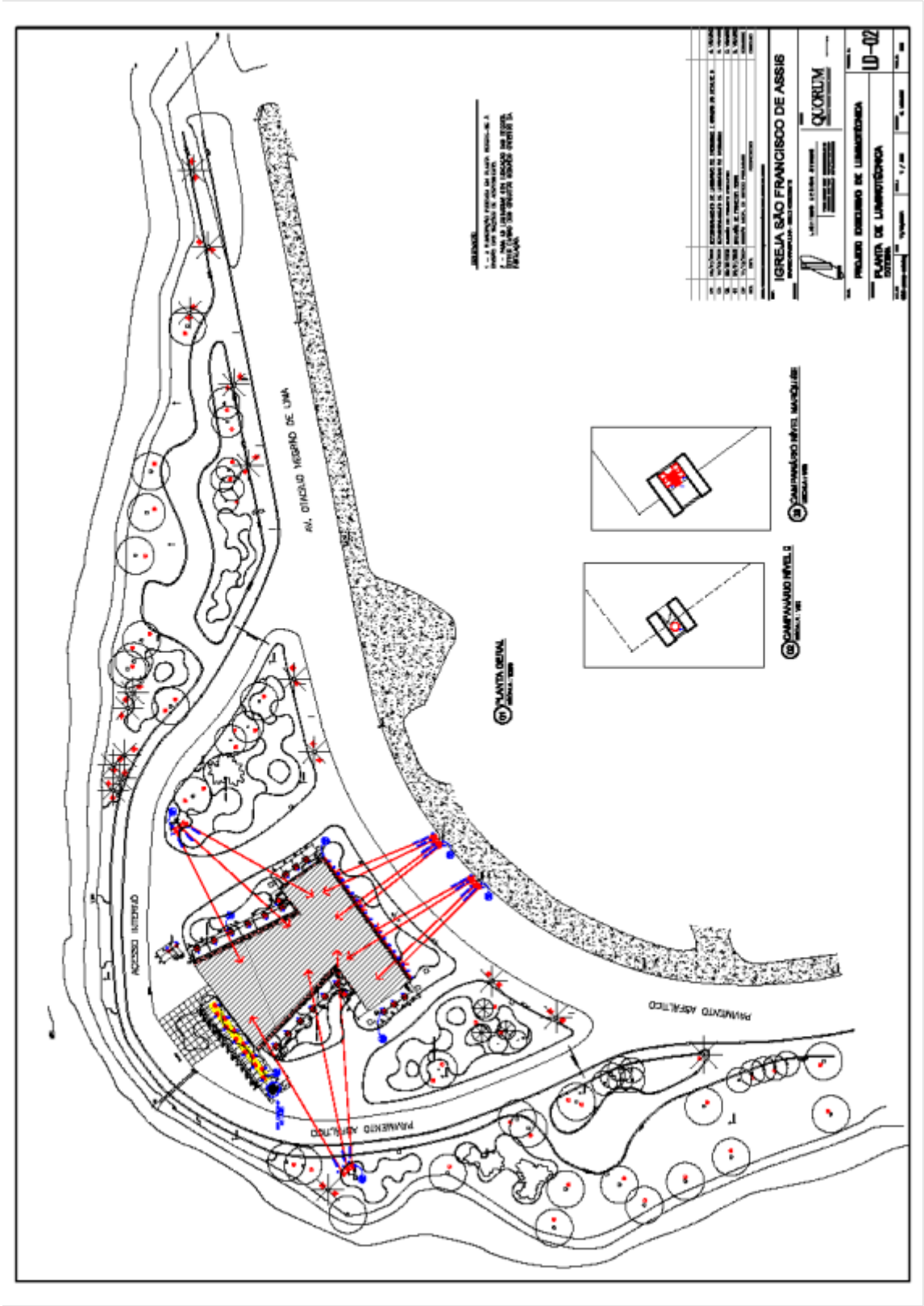


Figura 177. Planta externa do projeto de iluminação (orientação dos projetores)

Fonte: LD Studio (foto: Jomar Bragança)

Figura 178. Fachada frontal – noturna.

Fonte: LD Studio (foto: Jomar Bragança)

Figura 179. Montagem – nicho para iluminação indireta da marquise.

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões.

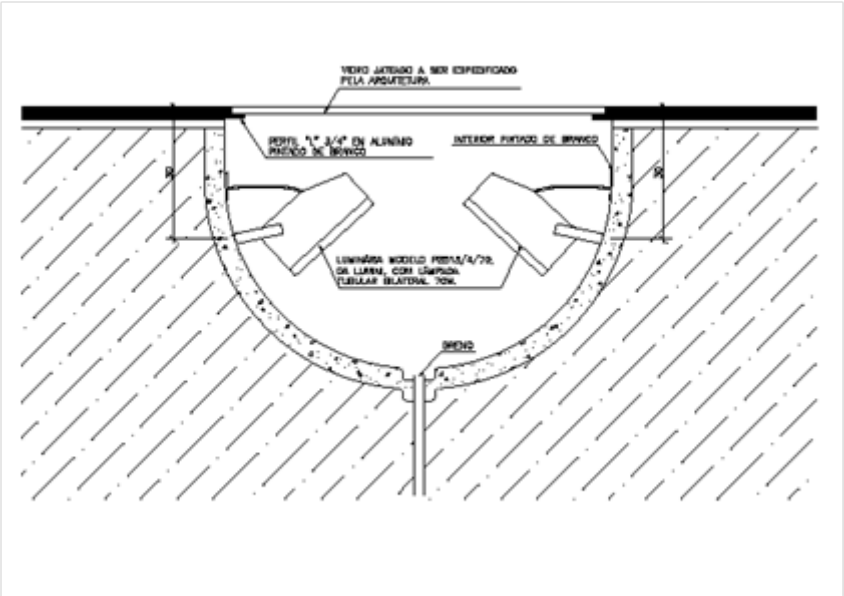


Figura 180. Detalhe dos projetores instalados em fosso existente para iluminação da marquise.

Fonte: LD Studio

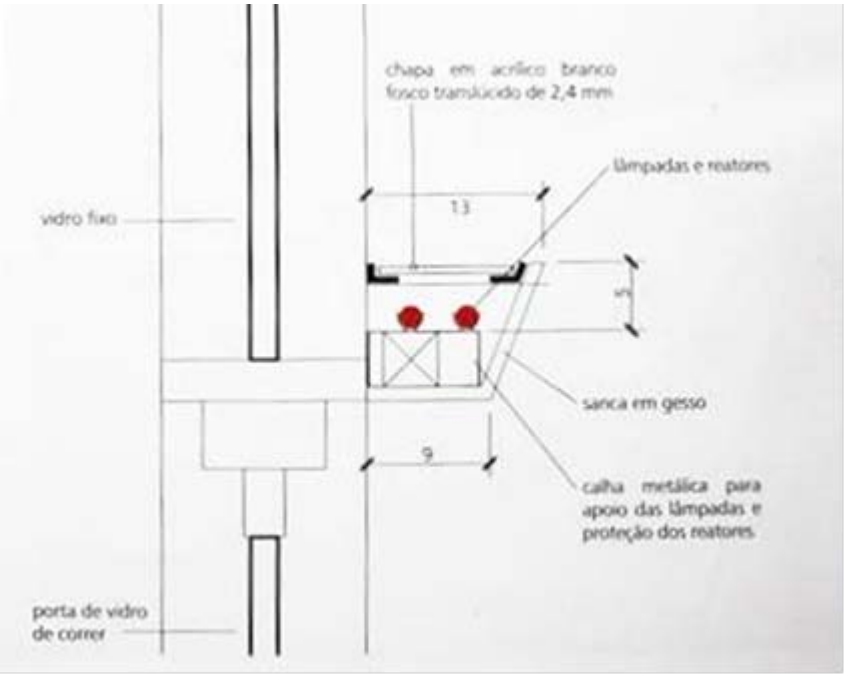


Figura 181. Detalhe das lâmpadas instaladas junto ao caixilho, para iluminação indireta.

Fonte: LD Studio

Ainda na fachada frontal, foram utilizados projetores para lâmpadas multivapores metálicos de 70 W de potência e 3000K de temperatura de cor, para a iluminação da cruz e do campanário.

A fachada posterior é coberta inteiramente por um painel de azulejos de Portinari, e a solução adotada foi uma linha contínua de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 28W de potência e temperatura de cor de 3000K, acondicionadas em uma luminária, no solo, totalmente inserida no desenho da calçada de concreto, afastadas a 30 cm do plano vertical, como se fosse parte integrante da arquitetura "e não como algo adicionado" nas palavras da arquiteta Mônica Lobo. Essa preocupação com a integração da iluminação aos elementos da arquitetura é fundamental para um correto entendimento do desenho, sem interferências. Com o intuito de complementar a iluminação e eliminar manchas, projetores de facho circular com 28º de abertura para lâmpadas multivapores metálicos de 150W e 3000K de temperatura de cor, foram instalados em postes já existentes localizados a 12m do painel.

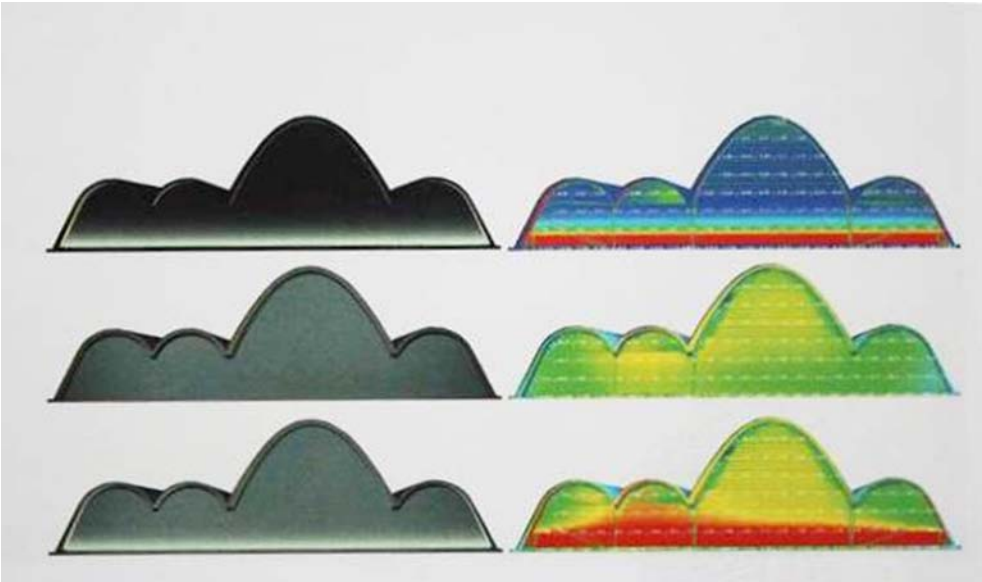


Figura 182. Fachada posterior

estudos de iluminação –

distribuição das iluminâncias

Fonte: LD Studio

Figura 183. Fachada posterior - noturna

Fonte: LD Studio (foto: Jomar Bragança)

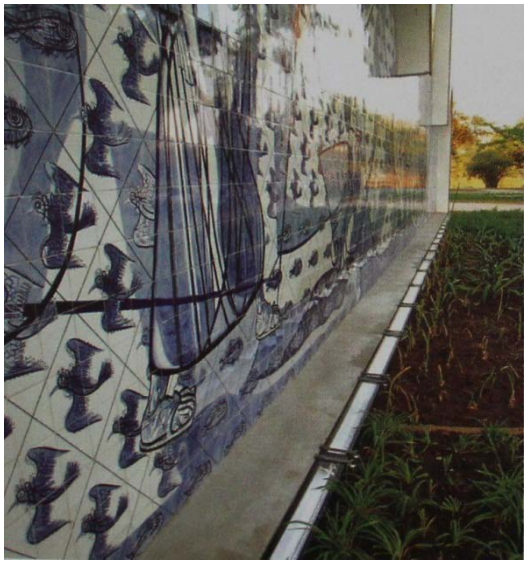


Figura 184. Linha de luminárias

junto a calçada, para iluminação do painel

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões.

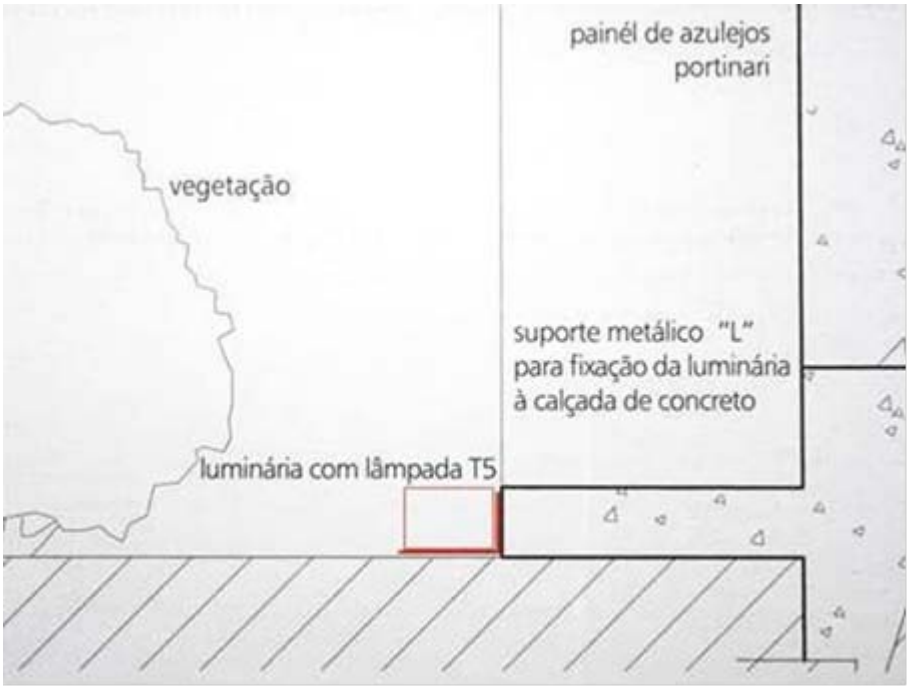


Figura 185. Detalhe / corte esquemático da linha de luminárias instaladas junto a calçada para iluminação do painel

Fonte: LD Studio

Para a fachada lateral, que conta com um mosaico de Paulo Wernek a intenção foi que além de permitir o entendimento da obra de arte a iluminação deveria acentuar as curvas, conferindo também a leitura correta da arquitetura, para isso a intensidade é maior na base do edifício, decaindo gradativamente. Para essa solução foram utilizados projetores com facho assimétrico, para lâmpadas multivapores metálicos de 150W de potência e 3000K de temperatura de cor. Também para esta fachada foram utilizados projetores com facho circular, para lâmpadas multivapores metálicos, idênticos aos da fachada posterior, fixados em postes existentes.

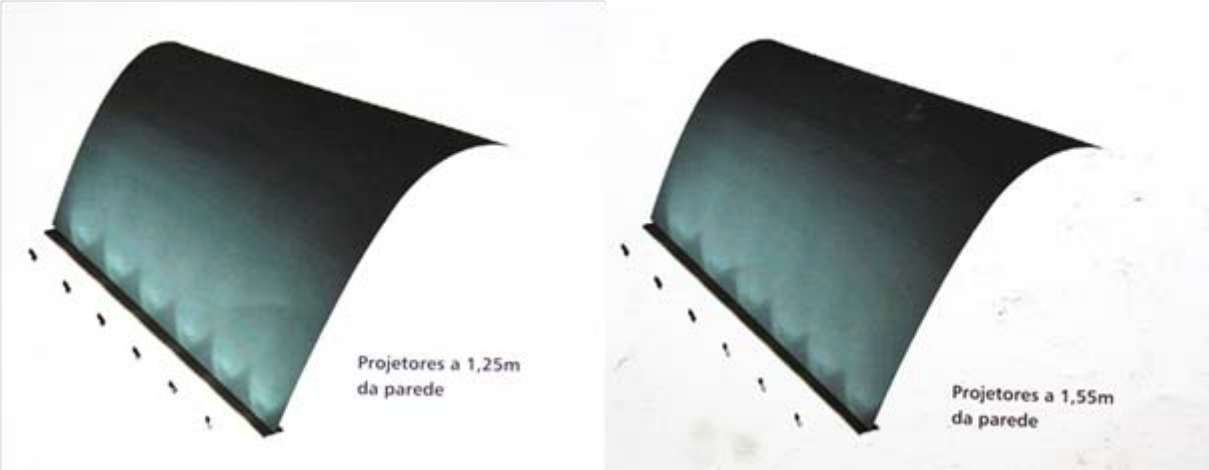


Figura 186. Fachada lateral

estudos de iluminação – distribuição das iluminâncias.

Fonte: LD Studio

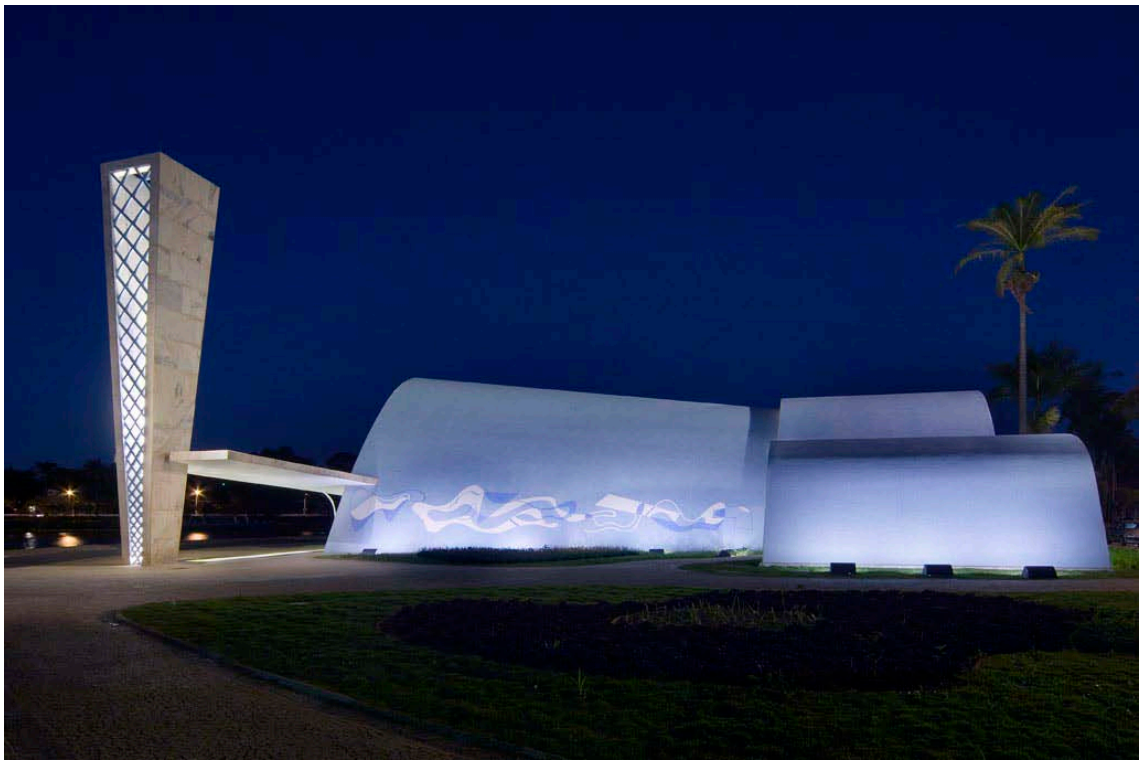


Figura 187. Fachada lateral.

Fonte: LD Studio

Figura 188. Montagem Fachada lateral.

Fonte: LD Studio

Figura 189. Montagem - nicho para a instalação de projetores.

Fonte: Igreja da Pampulha: restauro e reflexões.

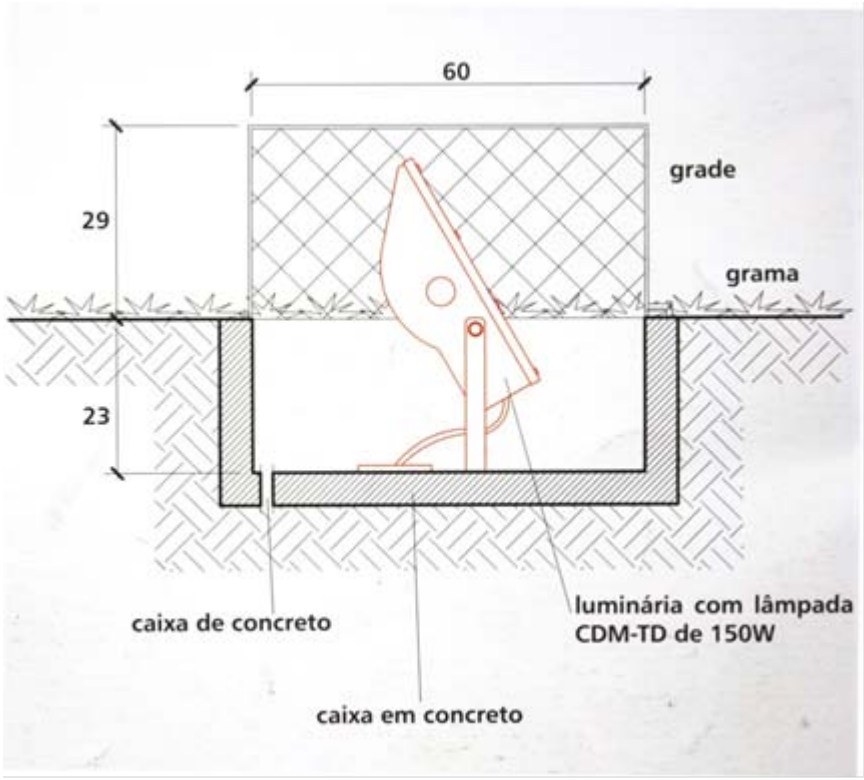


Figura 190. Detalhe / corte esquemático de nicho para a instalação de projetores para iluminação do painel.

Fonte: LD Studio

A iluminação da área interna da igreja prevê a utilização funcional do espaço em eventuais rituais religiosos, portanto o nível de iluminância deveria ser suficiente para o atendimento dessa necessidade, tanto para os fiéis, quanto para os clérigos.

De acordo com as arquitetas autoras do projeto, entre as restrições impostas pelos órgãos fiscalizadores, não poderiam ser utilizados equipamentos que ficassem aparentes, desta forma a iluminação geral deveria ser indireta. Uma calha com lâmpadas fluorescentes tubular T5 de 28 W de potência e 3000K de temperatura de cor, fixada junto ao caixilho, que compõe a iluminação da fachada através do brise contribui para essa iluminação geral da igreja (ver Figura 14). Essa iluminação indireta que “lava” o pano curvo do teto, localizada na área do coro, é complementada por projetores para lâmpadas halógenas de 65 W de potência e 24º de abertura de facho, instalados no piso do coro na altura do peitoril.

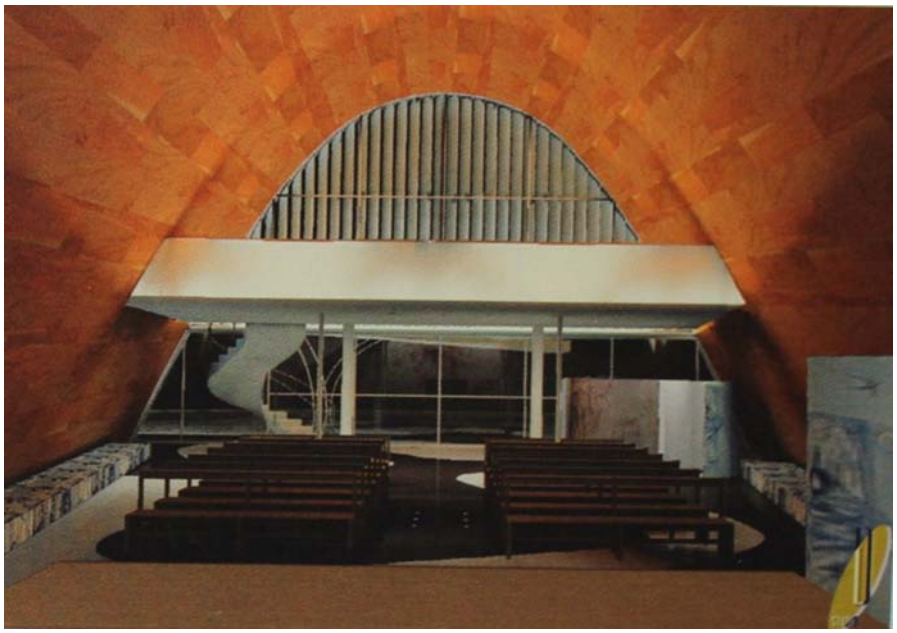


Figura 191. Estudos em 3D para a iluminação do interior da igreja. Fonte LD Studio

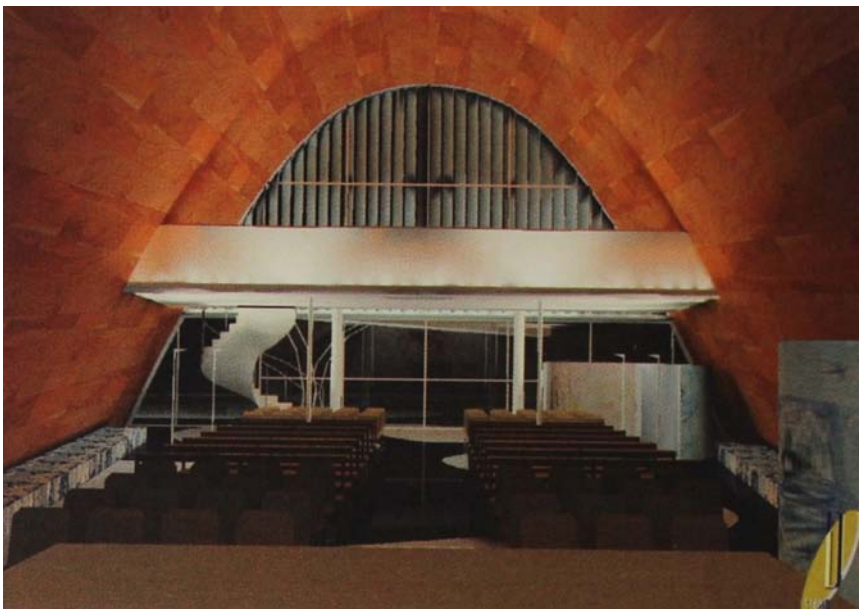


Figura 192. Estudos em 3D para a iluminação do interior da igreja. Fonte LD Studio

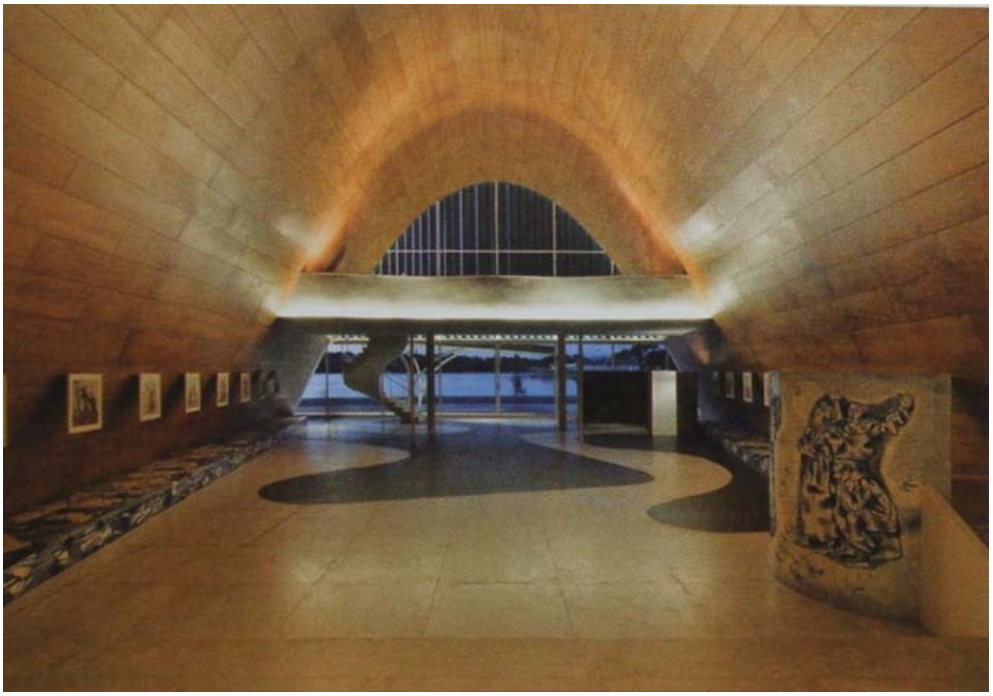


Figura 193. Solução adotada para a iluminação do interior da igreja.

Fonte LD Studio

"Sob a laje do coro, havia uma área sombreada e em função das restrições essa mesma laje não poderia ser maculada, e após a apresentação de estudos de simulação com iluminação indireta e iluminação direta (embutida na laje), as autoridades responsáveis, decidiram, mesmo a área ficando com uma iluminação não suficiente para a leitura, que seria utilizado apenas um pedestal para iluminação indireta, instalado no interior do confessionário".

Figura 194. Estudos em 3D para a Iluminação da área sob o coro. Fonte: LD Studio

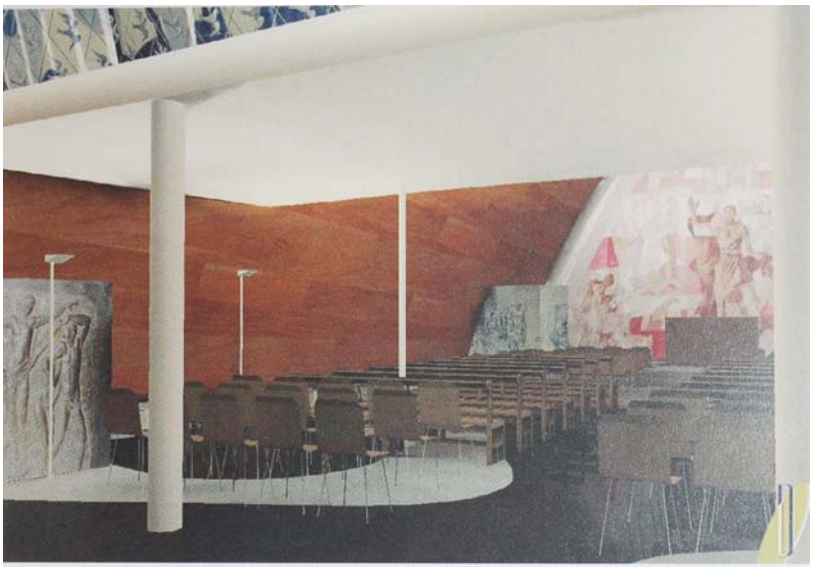


Figura 195. Estudos em 3D para a Iluminação da área sob o coro. Fonte: LD Studio

No altar há uma obra de Portinari que é iluminada através de projetores com facho assimétrico, para lâmpadas halógenas, instaladas na parede da transição entre as cúpulas menor e maior, onde está localizado o altar. Ainda para a complementação da iluminação desse painel de Portinari foram utilizados projetores para lâmpadas halógenas com abertura de facho de 8º.

Figura 196. Solução adotada para a Iluminação da área sob o coro.

Fonte: LD Studio

5.4.6. Software utilizado no desenvolvimento do projeto.

Um grande número de arquitetos de iluminação vem utilizando, como importante ferramenta de projeto, os softwares que permitem a simulação e a visualização das soluções de iluminação adotadas.

Como apresentado no Capítulo 4, intitulado “Imagens Digitais na Construção da Percepção da Iluminação”, atualmente há diversos programas disponíveis no mercado e dentre esses alguns gratuitos, o que tem facilitado muito o acesso a essas ferramentas.

No projeto de iluminação da Igreja de São Francisco de Assis, o escritório LD Studio utilizou o software AGI32, como já foi mencionado é considerado como o melhor ou um dos melhores softwares para essa função.

As figuras 182, 186, 191, 192, 194 e 195 foram extraídas dos estudos feitos com o programa e permitem não apenas a visualização através da renderização de imagens, mas também possíveis ajustes no projeto a fim de obter a solução desejada.

“A iluminação é uma arte em simesma, sustentada e reforçada pela ciência”.
Howard M. Brandston

CAPÍTULO 6

REFLEXÕES SOBRE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS NO PROCESSO DE PROJETO

6.1. Quantidade ou qualidade?

Possivelmente o conhecimento dos números e das noções de adição, subtração, multiplicação e divisão tenham sido adquiridos na pré-história, antes mesmo da escrita, e também seu desenvolvimento contribuiu para a evolução das primeiras civilizações no planejamento das lavouras e no comércio, por exemplo.

Quantificar foi uma maneira que o ser humano aprendeu e desenvolveu para contar e tentar explicar as coisas. Coisas abstratas como o tempo também passou a ser quantificado e mesmo para sensações ou sentimentos tentamos atribuir uma ordem de grandeza.

Quando conseguimos mensurar, damos às coisas uma maior credibilidade e assim elas passam a ter um caráter científico, é verdade que sem as ferramentas que nos permitem a quantificação, dificilmente teríamos alcançado o estágio tecnológico em que estamos.

A quantificação é uma grande aliada da criatividade, pois auxilia na criação de condições para busca de novas tecnologias. Em arquitetura, e consequentemente em

iluminação, parâmetros quantitativos são fundamentais tanto para a verificação da obtenção de resultados previstos, quanto para a precisão na sua execução.

Durante muito tempo a grande preocupação era com a quantificação da luz em função das tarefas desenvolvidas nos ambientes, muitos softwares de calculo foram desenvolvidos. Os grandes fabricantes de lâmpadas ofertavam as publicações

Uma grande questão em iluminação é a obtenção de “um balanceamento” ou de uma “harmonia” entre quantidade e qualidade. Neste caso, conceituar ou descrever, não apenas os seus limites, mas a relevância deste consórcio passa a ser uma tarefa resultante do exercício da reflexão proposta neste capítulo.

Ao comentar sobre a iluminação da residência do arquiteto em New Canaan, Connecticut, projetada por Philip C. Johnson, Rasmussen em “Arquitetura vivenciada”, faz uma perfeita descrição do lugar e da luz que incide no ambiente, especialmente no *living*, entretanto ele se sentiu compelido a fazer uma explicação: “Antes de prosseguir, seria bom explicar o que entendo por “luz excelente”. Isso é necessário porque para a maioria das pessoas uma boa luz significa apenas muita luz. E, com muita frequência, verificamos que tal noção é inconsequente, já que a quantidade de luz está longe de ser tão importante quanto a sua qualidade”.

Howard Brandston, quando do desenvolvimento do projeto de iluminação da Estátua da Liberdade, em Nova York decidiu que as referências normativas deveriam ser colocadas em um plano mais afastado do que as questões perceptivas e sensitivas, pois para ele, tratava-se da iluminação de uma obra de arte: “Quando você começa a desenhar a luz para dar forma a uma obra de arte, referências normativas precisam ser deixadas de lado. Normas não são aceitáveis para uma coisa que seja única. Trabalhar de forma correta significava, naquele caso, dar grande atenção aos mínimos detalhes, fazer repetidas e atentas observações. Cálculos eram meras ferramentas para determinar se havíamos cometido algum engano”.

Em iluminação as questões quantitativas são tão importantes quanto às questões qualitativas, devemos definir qual delas se deve priorizar, ou qual deverá ter um peso relativo maior, e essa tarefa pode tornar-se mais fácil, na medida em que se determine a hierarquia dessas premissas. Os parâmetros arquitetônicos, geralmente devem estar no topo da lista, mas todos outros parâmetros distintos, como os ambientais, econômicos e também os

luminotécnicos deverão ser contemplados pelo projeto, e sua importância definida no início do trabalho.

Para Brandston, ainda no caso da iluminação da Estátua da Liberdade, seu conhecimento de questões científicas, permitiu, ainda que de forma não definitiva, um afastamento das questões quantitativas, mesmo porque antes de definir um número qualquer ou "quanto", mais importante era definir o que fazer ou "como", ou seja, o processo de projeto passava por diversas etapas e "observar" era uma, e talvez a mais importante delas: "Eu ponderei o desafio de como iluminar aquele ícone. Assim, tomei um barco no porto para observá-lo de várias distâncias e de diferentes ângulos. Observei-o pela manhã, ao meio dia, no crepúsculo e à noite. Vez por outra, nesse processo, eu caminhei em direção ao final do Promenade do Battery Park, e me sentei numa mureta de pedra. Então pude perceber que ele se mostrava mais majestoso ao amanhecer. Tomei meu pequeno bloco de anotações e escrevi: 'Necessidade: uma fonte de luz com distribuição espectral que mimetize o sol da manhã, outra que mimetize o céu matinal, e uma nova luminária para projetar a luz a uma grande distancia – isto fará com que a dama de pele verde pareça bela'". Ele continua sua explanação de "como", através da sua percepção queria que fosse a iluminação desta obra, e mais, que aspectos sensíveis estavam impulsionando a procura de novas soluções tecnológicas: "Estava claro para nós que a Dama da Liberdade se apresentava mais majestosa às primeiras horas da manhã. Ao amanhecer, a estátua se mostra mais radiante e, por conseguinte, mais emocionante. A posição de seus braços, o livro que carrega e a tocha ficam todos mais destacados pela luz da manhã. Tal percepção nos inspirou a buscar meios de reproduzir a luz do amanhecer. Isso exigia dois tipos de lâmpadas, cada qual com a emissão de uma nova cor. A GE trabalhou conosco para desenvolver duas novas lâmpadas de vapor metálico que produzissem o efeito correto nas superfícies verdes da estátua".

"Iluminação, nosso exemplo de design por excelência (...), é principalmente uma arte, uma arte apoiada pela ciência. Por isso, qualquer trabalho baseado apenas na ciência, na tecnologia ou nas recomendações práticas será, no máximo, comum. Permaneça com a mente aberta e ouça, veja e compreenda – pois o rigor da disciplina pode fazê-lo míope. Iluminar requer não somente nossa curiosidade, mas também nossa habilidade em fazer avaliações subjetivas. Devemos saber como testar essas avaliações subjetivas para estarmos seguros na

escolha daquelas com mais probabilidade de sucesso. Aprender a “ver” tem um enorme componente subjetivo”. (BRANDSTON, 2010)

O projeto de iluminação deve, na medida do possível, ser desenvolvido em conjunto com o projeto de arquitetura, assim a iluminação natural e a iluminação artificial, poderão estar harmoniosamente associadas permitindo uma maior integração dos sistemas propostos, podendo resultar em valorização do espaço, respeito ao meio ambiente, economia de energia e atendimento das necessidades humanas.

“Ver a luz solar fluindo através dos antigos esqueletos era fazer o passado se tornar vivo de modo emocionalmente bastante rico. A luz automatizada e os sistemas de controle de sombreamento permitiram não somente ao sol e ao céu proverem a maior parte de iluminação, mas também controlar as intensidades da iluminação elétrica para melhor criar uma atmosfera visual para os visitantes de todas as diferentes exposições. Assim fomos capazes de usar níveis de iluminação bem abaixo dos recomendados pela Sociedade de Engenharia de Iluminação (IESNA)”. (BRANDSTON, 2010)

A Norma Brasileira NBR 5413, que trata das iluminâncias de interiores, recomenda para igrejas e templos que os níveis de iluminamento para a nave e entrada, sem ofício estejam entre 30 e 75 lux, para a mesma área, com ofício esses parâmetros mudam, ficando entre 100 e 200 lux e para as áreas de altar / púlpito com oficio as faixas são substancialmente maiores estando entre 200 e 500 lux, tratando-se de áreas laborativas.

6.2. Sugestões ou experimentações projetuais.

A iluminação natural tem sem duvida alguma um papel mais importante para a arquitetura do que a iluminação artificial, pois a sua “utilização intencional já aparece nos templos gregos e romanos”, evoluindo até uma “revolução em sua utilização promovida pela arquitetura moderna”. (SZABO, 2000)

As três igrejas de São Paulo tiveram um grande prejuízo na captação da luz natural com o passar dos anos devido ao crescimento urbano e a verticalização. A grande ocupação dos lotes e o aumento da altura das edificações geraram grandes obstruções, sombreamento e diminuição da reflexão proporcionando um “escurecimento” dos seus ambientes internos. Nestas circunstancias o papel da iluminação artificial ganha importância, tanto para o atendimento das necessidades funcionais, quanto para a modelagem desses ambientes e compreensão adequada da arquitetura.

O contexto no qual esses projetos foram desenvolvidos, as necessidades e quantidades de luz elétrica, para a iluminação artificial despendida habitualmente nesses espaços, assim como a implantação desses edifícios para a apropriação da luz natural, demonstram que esses arquitetos possuíam um grande entendimento dessas relações entre iluminação natural e artificial e a sua importância naquele momento.

Na igreja Santíssima Trindade as luminárias pendentes para a iluminação artificial foram projetadas especificamente para esse edifício, demonstrando uma grande preocupação do arquiteto Ruchti, com a integração desses elementos no espaço.

Franz Heep, na igreja São Domingos, posicionou as fontes de luz junto às aberturas, com a clara intenção de projetar a iluminação artificial no mesmo sentido da natural.

A igreja de São Bonifácio demonstra o conceito utilizado por Broos, de associar iluminação pontual, no centro da nave, com iluminação difusa na periferia, iluminando as paredes, contribui para um bom entendimento do espaço. Esse conceito de iluminação artificial aparece mais evidente a partir da década de 1960, não apenas preocupado com o atendimento das necessidades funcionais, mas também da sua contribuição para a arquitetura.

Muitas questões relativas à iluminação artificial levantadas nos três estudos de caso em que não houve o desenvolvimento de um projeto de iluminação específico são merecedoras de reflexão, sobretudo quando intervenções que se fizeram necessárias com o passar do tempo buscam atender necessidades funcionais; embora as questões formais, ergonômicas e estéticas, tanto no desenho da luz e na formatação do espaço, quanto na inserção de elementos alheios ou sem relação nenhuma com a arquitetura, não foram devidamente atendidas.

A partir do contato com esses objetos e a partir dessas reflexões, algumas propostas de intervenção na iluminação artificial foram feitas, procurando entender o conceito da iluminação inicial definido pelos arquitetos e procurando atender as atuais necessidades sem os exageros que se verifica nos projetos de iluminação atualmente desenvolvidos, sabendo que, muitas vezes, como relatado no caso do projeto de iluminação da igreja de São de Assis na Pampulha, órgãos fiscalizadores impõem limites e impedimentos necessários à preservação do patrimônio.

Essas propostas de intervenção na iluminação artificial não têm outra senão a intenção de sugerir um caminho, de diversos possíveis, de dar uma possível resposta às questões relativas à iluminação artificial para os estudos de caso apresentados.

Essas “experimentações projetuais” estão apresentadas na mesma ordem em que foram apresentados os estudos de caso, a saber: igreja Santíssima Trindade, igreja São Domingos e igreja São Bonifácio, para esta não foram feitos desenhos para a proposta de intervenção, uma vez que foram sugeridos apenas alguns ajustes. Durante as visitas foram realizados alguns croquis e feitas medições dos níveis de iluminação, em todos os casos os níveis estão dentro da norma, entretanto as propostas são apresentadas visando solucionar questões qualitativas.

Para a igreja da Santíssima Trindade, que possui os pendentes originais desenhados pelo arquiteto Jacob Ruchti, a proposta é de um complemento da iluminação existente, para o altar, com dois projetores orientáveis para lâmpada vapor metálico PAR 30, com 70 W de potência e um projetor orientável para lâmpada vapor metálico AR 111, com 35W de potencia, em ambos o ajuste do ângulo de abertura do facho é possível, assim como possuem dispositivos óticos para o controle de ofuscamento.

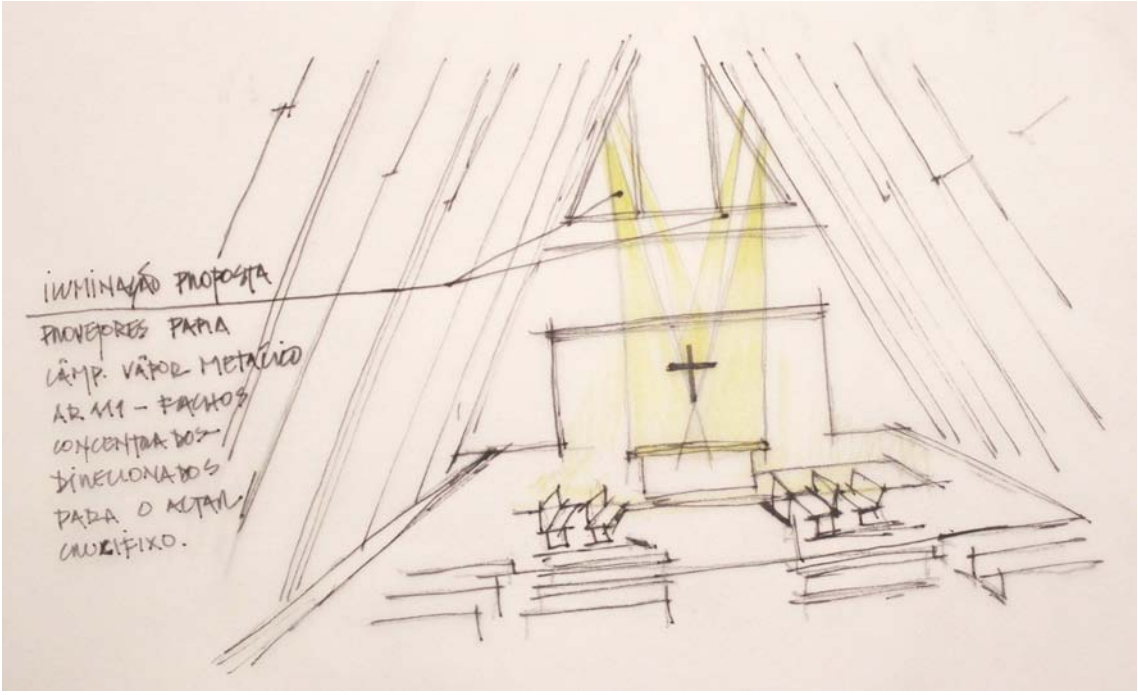


Figura 197. Igreja Santíssima Trindade – Apontamentos sobre iluminação ("in loco").

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

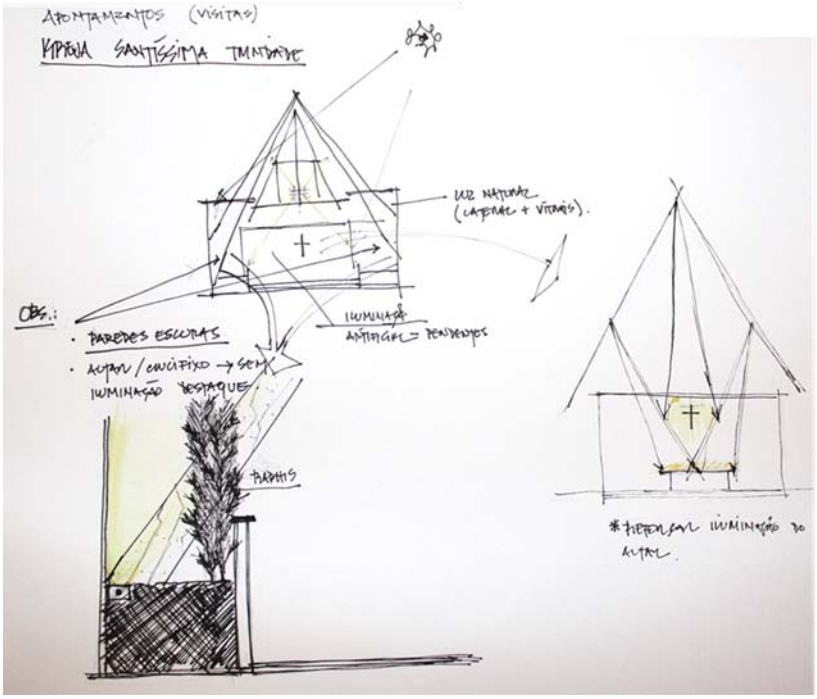


Figura 198. Igreja Santíssima Trindade – Proposta – projetores para a iluminação do altar.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Iluminação indireta como complemento para a nave central e jardim, através de uma linha de luminárias para lâmpada fluorescente T5, com potência de 28 W e temperatura de cor de 3000K, embutidas no jardim junto às duas paredes laterais. O efeito “wallwasher” provocado por essa linha de luminárias embutidas, preencheria o ambiente de luz e permitiria a leitura da leve massa arbustiva por contraste.

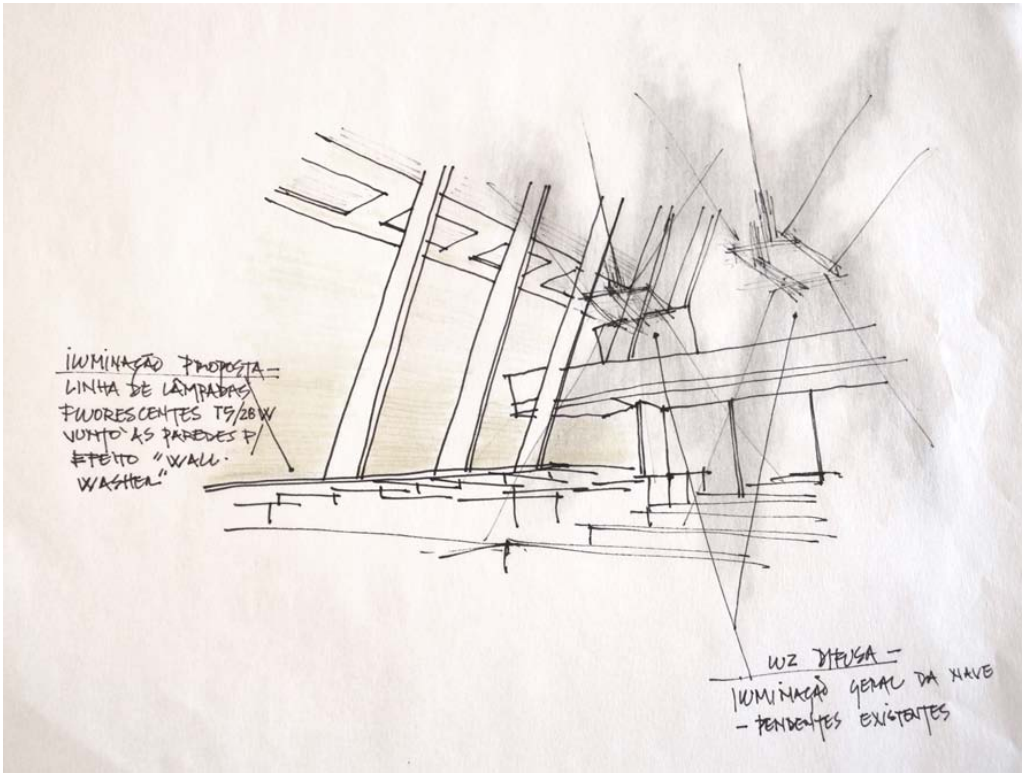


Figura 199. Igreja Santíssima Trindade – Proposta – linha de luminárias embutidas junto às paredes – efeito “wallwasher”.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A iluminação da igreja São Domingos teve um maior número de sugestões, uma vez que foi a que mais sofreu alterações, estando hoje muito descaracterizada.

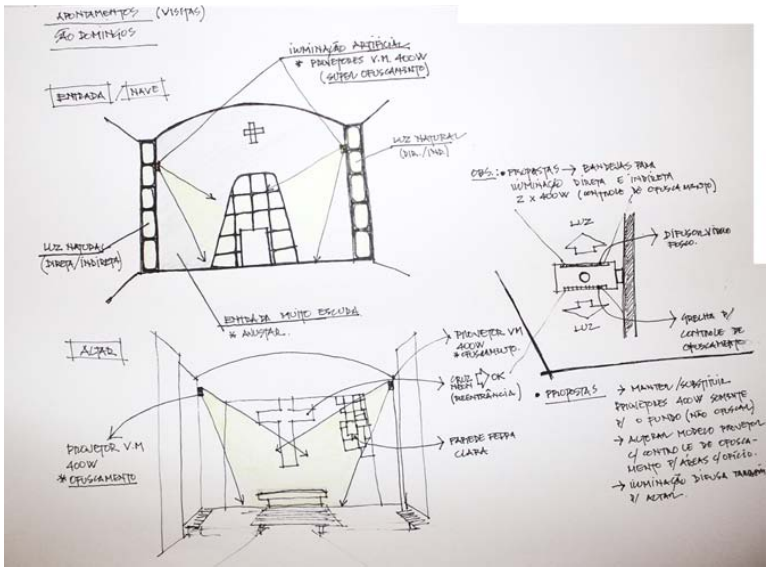


Figura 200. Igreja São Domingos – Apontamentos sobre iluminação ("in loco").

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

A iluminação geral da nave seria feita por linhas verticais de luminárias para uma lâmpada fluorescente tubular T5 de 28 W de potencia e 3000 K de temperatura de cor, fixadas alinhadas aos caixilhos, com difusores em três faces, voltadas para os lados e para frente.

Para a área do acesso principal, hoje iluminada com projetores que provocam muito ofuscamento, a indicação de um conjunto de duas bandejas para iluminação direta e indireta, para lâmpada vapor metálico tubular de 250 W de potência e 3000 K de temperatura de cor, com difusores e controle antiofuscamento.

Figura 201. Igreja São Domingos – Proposta – linha vertical de luminárias para iluminação geral e conjunto de bandejas iluminação direta e indireta.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

As linhas de luminárias verticais se repetem em todas as pontas das empenas cegas, fazendo a iluminação geral de toda a nave até a região do altar, que receberia de cada lado,dois conjuntos de três projetores orientáveis para lâmpada vapor metálico PAR 30 de 70 W de potência e 3000 K, com controle de ofuscamento e regulagem do ângulo de abertura do facho.

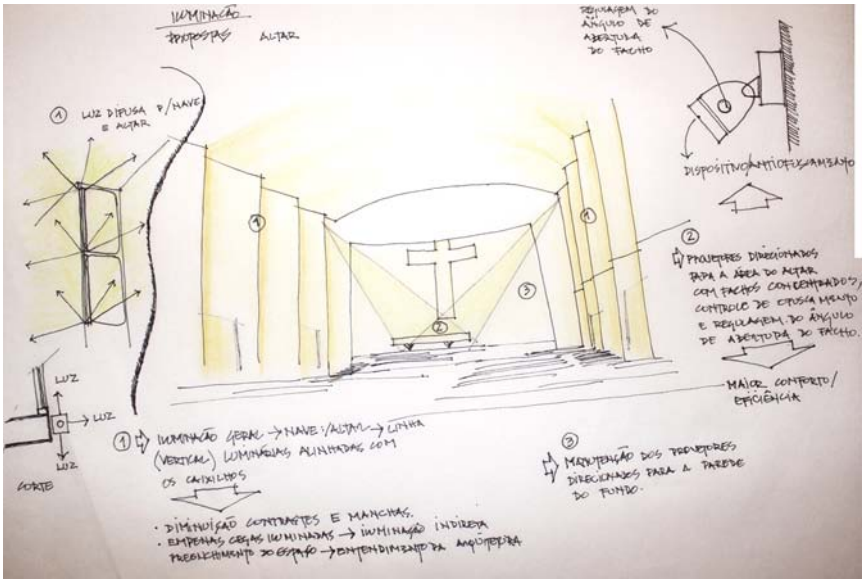


Figura 202. Igreja São Domingos – Proposta – linha vertical de luminárias para iluminação geral da nave e projetores para a iluminação do altar.

(Fonte: Acervo pessoal do autor)

Para a igreja de São Bonifácio as propostas de intervenção na iluminação se resumiriam na troca dos projetores orientáveis utilizados para a iluminação de destaque no altar, por projetores com maior controle do facho de luz, também deveriam ser substituídas as lâmpadas halógenas PAR embutidas nos nichos na laje, por lâmpadas fluorescentes compactas de 32 W de potência e 3000 K de temperatura de cor, a fim de minimizar as manchas que os fachos muito definidos da lâmpadas provocam nas vigas de concreto e também uma maior economia de energia, e finalmente as lâmpadas fluorescentes fixadas na viga abaixo do clerestório, também seriam substituídas por lâmpadas fluorescentes T5 de 28 W de potencia e 3000 K de temperatura de cor, características que agregariam muito ao ambiente, nas questões de conforto.

6.3. Considerações finais

Para Howard Brandston, “apenas poucos instrumentos são necessários para o treinamento do olhar dos designers de iluminação” e entre eles ele indica como um grande aliado o “espectroscópio – aparelho que mostra a distribuição espectral da luz, ou em outras palavras, o nível de distribuição de energia em cada comprimento de onda no espectro visível, das fontes de luz”. Na Web (“world wide web” - rede internacional de computadores) há vários sites com exemplos para se construir um espectroscópio amador, simples, mas que podem auxiliar nos exercícios de observação de ambientes iluminados com diversas fontes de luz. Também a utilização de softwares como ferramenta de confirmação daquilo que é visto e sentido como aspectos positivos ou negativos de um ambiente luminoso pode ser um caminho eficaz para esse treinamento do olhar.

Os estímulos luminosos registrados por nossa percepção gravam sistematicamente as sensações que experimentamos através dos nossos mecanismos de percepção, já tratados no capítulo “Luz e Percepção Visual”.Os parâmetros quantitativos utilizados em normas ou manuais, nacionais ou internacionais, são, sem dúvida, uma referência para a definição da luz de ambientes funcionais, mas como garantir que o parâmetro qualitativo também seja alcançado?

A qualidade da iluminação registrada por nossa percepção possivelmente nos dará um caminho para essa resposta. “A mais simples característica definidora da iluminação, mas talvez o seu maior mistério, é o “processo de aprender a ver”. Aprender a ver significa registrar mentalmente as causas de nossas emoções ou reações em resposta à experiência da cena que estamos vendo”. (BRANDSTON, 2010).

A percepção “consciente” pode ser treinada, e esse um repertório visual e perceptivo registrado como experiência qualitativa, pode também ser associada a parâmetros quantitativos medidos e confirmados por softwares corroborando com o que foi experimentado. Podemos ainda fazer uma associação da cena vista, com todo o alcance dinâmico dos nossos

olhos e registrada como experiência perceptiva, com a cena registrada, por exemplo, através da câmera fotográfica, com diferentes níveis de exposição como demonstrado na técnica HDR, ou simplesmente analisar as diferentes refletâncias, ou luminâncias aparentes através das escalas de cinza, como apresentado na utilização do sistema LBR.

As ferramentas apresentadas neste trabalho podem contribuir para a construção de referências no treinamento do olhar para a percepção e apropriação da luz, utilizando-a no desenvolvimento de projetos como elemento intrínseco à arquitetura, não podendo desta ser desassociada.

Nos estudos de caso apresentados nota-se que a relação entre os edifícios e a cidade foi se transformando na medida em que o crescimento urbano modificou essa paisagem, de forma mais contundente no caso de São Paulo, pois isso se dá nos limites dos lotes, e essa dinâmica provocou profundas alterações na iluminação destes espaços. Esse processo implica não apenas de como se dá a iluminação desses edifícios, mas também de como eles são vistos na cidade, como elemento integrante dessa paisagem.

A iluminação natural, principalmente no interior dos edifícios é bastante prejudicada, pois os novos edifícios transformam-se em obstáculos para a iluminação direta e indireta.

O prejuízo para a iluminação artificial nesses estudos de caso, além de sistemas obsoletos, advém também da grande reflexão da luz artificial de toda a cidade pela abóbada celeste, resultado do aumento da iluminação pública e dos edifícios, que impede entre outras coisas a visualização de estrelas e astros no céu e promove um contínuo aumento das demandas de energia destinadas à iluminação para que haja destaque de um edifício ou monumento no meio desse luminoso caótico ambiente urbano.

Em São Paulo outro grande prejuízo causado pela modificação da paisagem urbana e exacerbado pela poluição, sobretudo a luminosa, é a interferência na fauna remanescente da Mata Atlântica, que é impelida a procurar outros espaços. Insetos e aves têm uma sensibilidade visual em faixas da radiação luminosa diferentes das faixas que sensibilizam o olho humano, além de outras diferentes características relativas à percepção da polarização da radiação, assim os diferentes espectros da energia radiante de fontes de luz artificiais causam impacto direto na vida de todas as espécies. (BARGHINI, 2008) Em outros países já existe

restrições no que diz respeito à iluminação artificial, tanto para a quantidade de luz, quanto para a distribuição espectral dessa luz, com a finalidade de proteção da fauna.

A compreensão do comportamento da luz é essencial para o arquiteto, portanto toda e qualquer ferramenta que o auxilie nesse sentido deve ser utilizada. O processo de “construção do olhar” consciente, apesar de individual, pode ser sistematizado e alcançado através de métodos universais, como as ferramentas aqui apresentadas.

Este trabalho procurou contribuir nesse processo de construção do olhar, sugerindo possíveis caminhos que sirvam para esse fim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASHRAE/IESNA STANDARD. ASH-ST90.1-04: **Energy Standard for Buildings**,2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15215-1: **Iluminação natural – Parte 1**: Conceitos básicos e definições, 2005.

BARBOSA, Marcelo Consiglio. **A obra de Adolf Franz Heep no Brasil**;Dissertação -Mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.

BARGHINI, Alessandro. – **Influência da Iluminação Artificial sobre a Vida Silvestre**: técnicas para minimizar os impactos, com especial enfoque sobre os insetos. São Paulo, Orientador: Prof. Dr. Walter Alves Neves.Tese de doutorado – Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências.2008.

BARROS, Lilian R.M. **A cor no processo criativo**. Um estudo sobre a Bauhaus e a teoria de Goethe. São Paulo: Ed. Senac, 2006.

BENYA, J. R. Big cities, **bright lights**: lighting the urban landscape. www.lightforum.com/design/ALMO45.html

BERTOLOTTI, Dimas. - **Iluminação Natural em Projetos de Escolas**, São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP Orientador: Paulo Sergio Scarazzato.

BRANDSTON, Howard M. **Aprender a ver:** a essência do design da iluminação; tradução Paulo Sergio Scarazzato. São Paulo: De Maio, 2010.

CAMARGO, Roberto Gill. **Função estética da luz**. – Sorocaba, SP: TCM Comunicação, 2000

CAVALCANTI, L. **Le Corbusier, o Estado Novo e a formação da arquitetura moderna brasileira**. In Revista Projeto, n 102, São Paulo, 1987.

CAVALCANTI, Lauro; LAGO, André Corrêa do**. Ainda moderno**? Arquitetura brasileira contemporânea. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2005.

COMISSION INTERNATIONALE D`ÉCLAIREGE, CIE. **Guide to the lighting of urban areas.** Viena, Technical Report, nº 136, 2000.

COMISSION INTERNATIONALE D`ÉCLAIREGE, CIE. **Recomendations for the lighting of Road for Motors and pedestrian traffic. Bruxelas**, TechnicalReport, nº 115, 1993.

COSTA, Gilberto. J.C. **Iluminação Econômica, Cálculo e Avaliação**. São Paulo : Edipucrs, 2000.

COUTINHO, Evaldo. **O espaço da Arquitetura**. – São Paulo, Editora Perspectiva, 1977.

DAUFENBACH, Karine. **A modernidade em Hans Broos**. Tese de doutorado. Orientador Paulo Bruna. São Paulo, FAU USP, 2011

- **Reflexões sobre a obra de Hans Broos**. Arquitextos, São Paulo, n. 11.123.07, Vitruvius, ago. 2010 www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.123/3530>. DAUFENBACH, Karine.
- **Hans Broos: a expressividade da forma**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, FAU UFRJ, 2006.
- **Singularidades do pensamento e da obra de um mestre**. Artigo apresentado no XIV Seminário de Arquitetura Latinoamericana –Instituto de Artes – Unicamp, Campinas, novembro de 2011.

DOYLE, Michael E. **Color Drawing** – Techniques. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1981

FIGUEIRÓ, Mariana **–Apostila: Luz e Saúde**, LightingResearch Center – Rensselaer Polytechnic Institute – Nova York, 2006.

GUZOWSKI, Mary. **DaylightingFor Sustainable Design**. 1ª edição, McGraw-Hill Companies, Inc. 1999.

HOLLANDS H. SPRENGERS J. **Alumbrado public, embellecimiento de ciudades**. Revista internacional de Luminotecnia, Amsterdam, nº 4, 1994.

IES **- IluminatingEngeneering Society, Handabook**.Vol. 2. New York: 2003.

KAHN, Louis. **Forma e Design**; tradução Raquel Peev. – São Paulo: Martins Fontes, 2010.

KATINSKY, Julio R. **Pesquisa Academica na FAUUSP**. São Paulo. FAUUSP. 2005.

LAM, William M. C.: **Perception and Lighting as Formgivers for Architecture. New York**: McGraw-Hill, 1977.

LAM, William M.C.**Percepção Visual Aplicada à Arquitetura e à Iluminação**.Rio de Janeiro:Ciência Moderna, 2010.

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo, SP, PW, 1997.

LIMA, Mariana Regina Coimbra de. **Percepção Visual Aplicada à Arquitetura e à Iluminação**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.

LUCCHINI JR, Edson. **Adolf Franz Heep**: edifícios residenciais. Um estudo da sua contribuiçãopara a habitação coletiva vertical de São Paulo nos anos 1950. Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Mackenzie, 2010. Orientador: Prof.Drª. Ruth Verde Zein.

L + D – Iluminação + Design + Arquitetura - **A Igreja de São Francisco de Assis** – LD Studio – Arquitetas Mônica Lobo e Inês Benévolo - Nº 9 – Junho2006, São Paulo.

MALRAUX, André**. As Vozes do Silencio**. 1º Volume – Colecção Vida e Cultura. Edição Livros do Brasil, Lisboa.

MASCARÓ, LUCIA(Organizadora**). A iluminação do espaço urbano** – Porto Alegre – RS: Masquatro, 2006.

MASCARÓ, LUCIA RAFFO DE. **Luz, clima e arquitetura**. 3 ed. – São Paulo, SP: Nobel, 1983.

MICHEL, Lou. **Light: the shape of space**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996.

MILLET, Marietta. **Light Revealing Architecture**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1996.

NERUDA, Pablo. **Antologia poética**: tradução Eliane Zagury, Rio de Janeiro: José Olympio, 1999.

NESBITT, Kate (org.). **Uma nova agenda para a arquitetura**. Tradução Vera Pereira. São Paulo: Cosac Naify, 2008.

NOBRE, Ana Luiza. **Lighting Design**: Franco & Fortes – São Paulo, SP: C4: Livraria BKS, 2006 (Coleção Escala 1:20; V3).

PALLASMAA, Juhani. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**; tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2011.

PEDROSA, Israel. **Da cor a cor inexistente**. Rio de Janeiro: Leo Cristiano, 1999.

PEREZ, Valmir. **Paul Klee –** A arte fundamentada no processo criativo. In Revista Lume Arquitetura No. 36, pag. 75-81, Fev./Mar.2009.

REA, Mark e FIGUEIRÓ, Mariana –**Apostila: Iluminação – Elementos Científicos**, Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute – Nova York, 2009.

ROBERTS, Dan – **Artificial Lighting and the Blue Light Hazard** (The Facts About Lighting and Vision) - (Updated October 3, 2011), diponívelem http://www.mdsupport.org/library/hazard.html, acessoem 10/10/2011.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. – Barcelona,Editorial Gustavo Gilli S/A, 2001.

RUCHTI, Valéria. – **Jacob Ruchti, a modernidade e a arquitetura paulista** (1940 – 1970), São Paulo, 2011. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) – FAUUSP. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo de Assis Lefévre.

SANTOS, Maria da Graça, **Arquitetura Moderna Brasileira, dos pioneiros a Brasília** (1925 – 1960). Artigo In: da Vinci, V 3, n1, p.37-56. Curitiba, 2006.

SENNETT, Richard, **O Artífice**. Tradução de Clóvis. Rio de Janeiro: Record, 2009.

SILVA, Joana Mello de Carvalho e. **A contribuição dos arquitetos estrangeiros no processo de metropolização da cidade de São Paulo entre os anos 1930 e 1960**: o caso de Jacques mile Paul Pilon e Adolf Franz Heep, in SHCU – Seminário de História e do Urbanismo. 2008, disponível em: anpur.org.br/revista/rbeur/index.php/shcu/article/view/1227

SOUZA, Dennis Flores de & SCARAZZATO, Paulo Sérgio. **Estudos e Avaliações Pós-ocupação da Iluminação no Espaço Construído através de Imagens HDR e Câmerasdigitais Compactas** in http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2009.

STOER, G.W. **Historia de la luz e del alumbrado**. Eindhoven: Departamento de Iluminacón de Philips, 1976.

SUMA, Stefania. **Le Corbusier:** São Paulo. Folha de São Paulo, 2011. Coleção Folha grandes arquitetos.v.5, pag. 51

SZABO, Ladislao Pedro, **Efeitos da luz na arquitetura**. In: ProjetoDesign, dezembro 1998.

THE 20TH –CENTURY ART BOOK. New York, Phaidon Press Limited, 2001.

VENTURI, Robert, BROWN, Denise Scott, IZENOUR, Steven. **Aprendendo de Las Vegas.** Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1982

VIANNA, Nelson Solano, GONCALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo, SP, Geros 3ª edição, 2007.

WILLIAMS, Bill, **A History of Light and Lighting**. Edition: 2.2, 1999. Disponível em:mts.net/williams5/history: (acesso em 07.2011)

http://blogs.discovermagazine.com/badastronomy (acesso em 09.2011)

SITES PESQUISADOS PARA OBTENÇÃO DE IMAGENS:

Capela de Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp – França. –www.bc.edu, acesso em 10/01/201. blogdoalencastro.blogspot.com, acesso em outubro/2012./ greatbuildings.com – acesso em setembro/2012.

Consulado americano em Luanda – Angola architectureinthelightofday.blogspot.com.br/2011/02/louis-i-kahn-finding-daylight-in luanda.html, acessoemjunho /2012.

Igreja Santíssima Trindade - Obras iniciadas – disponível em: trindade.org, acesso em julho/2012.

Igreja São Francisco de Assis, Pampulha– planta da igreja, fachada posterior (painel Portinari) – estudio4tecnologia.blogspot.com.br – acesso em agosto/2012. /fachada frontal – flickr.com – acesso em agosto/2012.

Imagem do Relógio biológico e o ciclo circadiano do ser humano, disponível blog. noahwasman.info, acesso em 07/2011.

Imagens do olho humano, disponível em: www.afh.bio.br, acesso em 06/2011.

Imagens do olho humano, disponível em: www.afh.bio.br, acesso em 06/2011.

Imagens do olho humano, disponível em: www.laboratóriorigor.com.br, acesso em 06/2011.

Mecanismos da visão, disponível em: http://www.mediapedia.pt/home.php.

Museu Guggenheim, Nova York – EUA. micheleroohani.com, acesso em agosto/2012

Sistema de cores de Munsell, disponível em pt.wikipedia.org.

Situação / localização das igrejas Santíssima Trindade, São Domingos e São Bonifácio em São Paulo e **São Francisco de Assis**, em Belo Horizonte: google.com.br/Google Earth.

SOFTWARES DISPONÍVEIS GRATUITAMENTE NA INTERNET:

Picturenaut, disponível em: http://www.picturenaut.com.

RadDisplay, disponível em: http:// www.raddisplay.com.

DIALux, disponível em: http:// www.dial.de.