



**FAUUSP**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

# **Diretrizes para implantação de uma regulamentação energética para a iluminação natural em edifícios de escritórios**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Mestre  
Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador

**PROF. DR. MARCELO DE ANDRADE ROMERO**

**MARIA ALICE DE SOUZA FEIJÓ**

São Paulo | 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

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: m.alice.arquitetura@globo.com

Feijó, Maria Alice de Souza  
F297d Diretrizes para implantação de uma regulamentação energética para a iluminação natural em edifícios de escritórios / Maria Alice de Souza Feijó. --São Paulo, 2009. 350 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) - FAUUSP.  
Orientador: Marcelo de Andrade Romero

1. Iluminação natural - Regulamentação 2. Conservação de energia 3. Edifícios de escritório I. Título

CDU 628.92

Dedico esta dissertação ao Emir, meu marido, pela dedicação e paciência com que me acompanhou na realização deste trabalho e por ser sempre um modelo, um incentivo e uma fonte de inspiração para meu desenvolvimento.

DEDICATÓRIA

## AGRADECIMENTOS

### Agradeço

Ao Professor Marcelo de Andrade Romero, orientador deste trabalho, pelas excelentes aulas no Curso de Especialização em Conforto Ambiental – CECACE que me despertaram para esta volta ao mundo acadêmico; pela atenção, cuidado e firmeza com que conduziu o desenvolvimento desta dissertação, evitando que me perdesse nos múltiplos caminhos que a pesquisa apresentava, e pelo bom humor com que sempre me recebeu e permitiu partilhar do seu saber.

Aos professor Marco Antonio Saidel e Paulo Sergio Scarazzato pela colaboração com preciosos e precisos comentários no Exame de Qualificação desta pesquisa.

À professora e arquiteta Marcia Tavares, pela gentileza do envio de legislação concernente à conservação da energia, vigentes em Portugal, bem como de trabalhos e dissertações que tratam do tema.

A José Luiz Novazzi, responsável pela RCCE Construtora, pela disponibilização do projeto do Edifício Saint Mary Office Center, utilizado nesta dissertação como estudo de Caso 1.

A Tishman Speyer, nas pessoas de José João Fiasco, Luiz Henrique Ceotto e Beatriz Franco Abdalla, por ceder o projeto da Torre B, conjunto Rochaverá, objeto do Estudo de Caso 2.

A JHS Construtora, nas pessoas de Paula Castro Molina e Fabiola Bandieri, pelos projetos dos Edifício Metropolitan Office e Edifício Nações, usados nos Estudos de Caso 3 e 4.

Ao professor Paulo Sergio Scarazzato, por me dar a oportunidade de acompanhar suas aulas no Curso de Graduação da FAU e pelas conversas e informações que me auxiliaram no trato com as questões da iluminação natural.

A Christian Magliano pelos preciosos comentários e ajuda na obtenção de regulamentos utilizados neste trabalho.

A Renata Figueiredo, amiga e colega de Curso, pelo belo trabalho de concepção e elaboração das capas dos Trabalhos Programados, do Memorial de Qualificação e desta Dissertação.

A Daniela Laudares Pereira que com paciência e dedicação me ensinou o uso do programa Radiance, ferramenta fundamental para o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) que, pela concessão de Bolsa de Mestrado, forneceu o apoio financeiro e permitiu a realização deste trabalho, além do acompanhamento das etapas da pesquisa, por meio de pareceres aos relatórios, sempre com comentários pertinentes e importantes.

“There are few things as delightful as  
the ever-changing presence of natural light in a building.”

M. David Egan

## RESUMO

FEIJÓ, M.A.S. **Diretrizes para implantação de uma regulamentação energética para a iluminação natural em edifícios de escritórios**, 2009, 358 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

Esta pesquisa resultou na proposição de um conjunto de diretrizes que viabilizem a implementação e a redação de um projeto de regulamentação energética para edifícios de escritórios, no que se refere à luz natural.

Para tanto, foi efetuado um levantamento das leis, normas e certificações em vigência nos países: Brasil, Estados Unidos, Canadá, Portugal, Reino Unido, França e Alemanha, que se referem à iluminação natural e sua interface com a iluminação artificial, em edifícios de escritórios. Foram incluídos neste conjunto de regulamentos, normas da ISO e CIE, por se tratarem de referências internacionais.

A partir deste levantamento foram destacados e agrupados por assunto, os itens que continham indicadores para a avaliação da admissão de luz natural em prédios de escritórios.

No Capítulo 5, Estudos de Caso, foram analisados cinco projetos de escritórios, de prédios construídos na cidade de São Paulo, quanto aos aspectos da insolação e admissão da luz natural. Os projetos foram simulados em computador e, pelos resultados obtidos com a aplicação do *software* Radiance, verificou-se a conformidade destes projetos com os indicadores coletados.

Estas avaliações permitiram conclusões sobre os projetos e, também, sobre os indicadores utilizados. A partir destas conclusões foram apresentadas diretrizes para o caso brasileiro, apontando itens para regulamentos que quando aplicados otimizem o uso da luz natural nos ambientes de escritórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Iluminação natural. Regulamentação. Conservação de energia. Edifícios de escritórios.



## ABSTRACT

FEIJÓ, M.A.S. **Directives for the creation of an energy code relating to daylighting in office buildings**, 2009, 358 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

This research has resulted in the proposition of a group of directives which may enable the implementation and outlining of an energetic regulation project for office buildings as related to daylighting.

To that end, current codes, norms and certification systems, in use in Brazil, United States, Canada, Portugal, United Kingdom, France, and Germany, all regarding daylighting and its interaction with artificial lighting in office buildings, were raised. We have added to this group of regulations the ISO and CIE norms, due to their being international references.

Starting out from these regulations, the items that contain indicators for the evaluation of daylight admission in office buildings have been grouped and outlined by category.

In chapter 5, Case Studies, five office buildings in Sao Paulo city have been analyzed regarding their insolation and daylight performance. The projects were computer-simulated and, through the results obtained by applying the Radiance software, the conformity of these projects with the collected indicators were verified.

These evaluations led to conclusions about the projects, as well as about the used indicators. From these conclusions, directives have been presented for use in the Brazilian case, identifying items for regulations that, when applied, will optimize the use of daylight in offices.

**KEYWORDS:** Daylighting. Regulation. Energy conservation. Office buildings.

## LISTA DE FIGURAS

pag

**CAPÍTULO 1**

- 14 Figura 1-1 Fluxograma - Metodologia  
Fonte: Autora da pesquisa

**CAPÍTULO 2**

- 20 Figura 2-1 Estratégias para utilização da luz do sol na iluminação  
Fonte: Egan; Olgyay, 2002
- 20 Figura 2-2 Céu claro: o solo como fonte secundária dominante  
Fonte: Autora da pesquisa, baseado em Egan; Olgyay, 2002
- 21 Figura 2-3 Céu encoberto: o céu como fonte dominante de luz direta e difusa  
Fonte: Autora da pesquisa, baseado em Egan; Olgyay, 2002
- 21 Figura 2-4 Temperatura de Cor de diversas Fontes de Luz  
Fonte: Russell, 2008
- 33 Figura 2-5 Altura da Sala X Uniformidade  
Fonte: Egan; Olgyay, 2002
- 34 Figura 2-6 Diferentes Aberturas para Luz e para Vista  
Fonte: O'Connor, 1997
- 35 Figura 2-7 Efeito das Marquises na Distribuição de Luz  
Fonte: O'Connor, 1997
- 37 Figura 2-8 Área de Janelas x Consumo de Energia  
Fonte: DETR, 1998

**CAPÍTULO 3**

- 63 Figura 3-1 Relação entre altura da verga e profundidade do compartimento.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 64 Figura 3-2 Janela com bandeja de luz.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 64 Figura 3-3 Interface entre iluminação natural e elétrica.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 65 Figura 3-4 Posição da mesa em relação à janela.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 66 Figura 3-5 Penetração da luz do dia em relação à profundidade.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 67 Figura 3-6 Distribuição de luz natural em relação ao tamanho da marquise.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999
- 72 Figura 3-7 Relações máximas recomendadas entre luminâncias, para estação de trabalho com monitor.  
Fonte: IESNA, 1995
- 75 Figura 3-8 Exemplos de estratégias para iluminação natural.  
Fonte: UFC, 2006

pag

- 75 Figura 3-9 Diagramas de estratégias para iluminação zenital.  
Fonte: UFC, 2006
- 81 Figura 3-10 Fórmula para o cálculo do glazing factor  
Fonte: LEED CS, 2006
- 82 Figura 3-11 Diagrama: relação entre teto e a abertura  
Fonte: LEED CS, 2006
- 82 Figura 3-12 Diagrama: área considerada iluminada pela luz do dia com *skylights*.  
Fonte: LEED CS, 2006
- 113 Figura 3-13 Figura 16 - Fluxograma para obtenção da iluminância de serviço de projeto a partir da iluminância de serviço padrão  
Fonte: BSI 8206, 1992
- 114 Figura 3-14 Critério angular para espaçamento de edifícios.  
Fonte: BRE, 1992
- 115 Figura 3-15 Critério angular para a distância até a obstrução externa  
Fonte: BRE, 1992
- 115 Figura 3-16 Critério angular para avaliação de sombreamento entre edificações.  
Fonte: BRE, 1992
- 138 Figura 3-17 Figura 1: dimensões da área envidraçada em salas de trabalho para assegurar uma adequada visão do exterior  
Fonte: DIN 5034-1,1999

#### CAPÍTULO 4

- 155 Figura 4-1 Figuras com os critérios para implantação  
Fonte: BRE, 1992
- 158 Figura 4-2 Diagramas com critérios para áreas consideradas iluminadas pela luz do dia.  
Fonte: LEED CS, 2006

#### CAPÍTULO 5

- 177 Figura 5-1 Foto aérea: situação do Edifício Saint Mary Office Center  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth
- 178 Figura 5-2 Planta do pavimento tipo  
Fonte: RCCE Construtora
- 179 Figura 5-3 Planta da sala  
Fonte: RCCE Construtora
- 179 Figura 5-4 Corte  
Fonte: RCCE Construtora
- 180 Figura 5-5 Diagrama estereográfico – fachada SE  
Fonte: Ecotect
- 180 Figura 5-6 Diagrama estereográfico – fachada SW  
Fonte: Ecotect

pag		
184	Figura 5-7	Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 1 Fonte: Autora da Pesquisa
186	Figura 5-8	Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 1 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
188	Figura 5-9	Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 1 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
195	Figura 5-10	Foto aérea: situação da Torre B, Conjunto Rochaverá São Paulo, Brasil Fonte: Google Earth
196	Figura 5-11	Planta do pavimento tipo Fonte: Thishman Speyer
197	Figura 5-12	Planta da sala Fonte: Thishman Speyer
197	Figura 5-13	Corte Fonte: Thishman Speyer
198	Figura 5-14	Diagrama estereográfico – fachada NW Fonte: Ecotect
198	Figura 5-15	Diagrama estereográfico – fachada SW Fonte: Ecotect
202	Figura 5-16	Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 2 Fonte: Autora da Pesquisa
213	Figura 5-17	Foto aérea: situação do Edifício Metropolitan Office São Paulo, Brasil Fonte: Google Earth
214	Figura 5-18	Planta do pavimento tipo Fonte: JHS Construtora
214	Figura 5-19	Corte Fonte: JHS Construtora
215	Figura 5-20	Diagrama estereográfico – fachada SW Fonte: Ecotect
215	Figura 5-21	Diagrama estereográfico – fachada NE Fonte: Ecotect
216	Figura 5-22	Diagrama estereográfico – fachada NW Fonte: Ecotect
219	Figura 5-23	Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 3 Fonte: Autora da Pesquisa
222	Figura 5-24	Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 3 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
224	Figura 5-25	Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 3 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

pag		
224	Figura 5-26	Planta da sala com linha a 3m das paredes que contem janelas – Caso 3 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
231	Figura 5-27	Foto aérea: situação do Edifício Nações São Paulo, Brasil Fonte: Google Earth
232	Figura 5-28	Planta do pavimento tipo Fonte: JHS Construtora
232	Figura 5-29	Corte Fonte: JHS Construtora
233	Figura 5-30	Diagrama estereográfico – fachada NW Fonte: Ecotect
233	Figura 5-31	Diagrama estereográfico – fachada SW Fonte: Ecotect
234	Figura 5-32	Diagrama estereográfico – fachada SE Fonte: Ecotect
234	Figura 5-33	Diagrama estereográfico – fachada NE Fonte: Ecotect
237	Figura 5-34	Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 4 Fonte: Autora da Pesquisa
240	Figura 5-35	Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 4 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
242	Figura 5-36	Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 4 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
242	Figura 5-37	Planta da sala com linha a 3m das paredes que contem janelas – Caso 4 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
249	Figura 5-38	Foto aérea: situação do Edifício Faria Lima Premium São Paulo, Brasil Fonte: Google Earth
250	Figura 5-39	Planta do pavimento tipo Fonte: Construtora Gustavo Halbreich
251	Figura 5-40	Planta das salas Fonte: Construtora Gustavo Halbreich
251	Figura 5-41	Corte Fonte: Construtora Gustavo Halbreich
252	Figura 5-42	Diagrama estereográfico – fachada NE Fonte: Ecotect
252	Figura 5-43	Diagrama estereográfico – fachada SE Fonte: Ecotect
256	Figura 5-44	Planta das salas com demonstração do alcance da luz natural – Caso 5 Fonte: Autora da Pesquisa

pag

- 259 Figura 5-45 Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 5  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
- 261 Figura 5-46 Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 5  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance
- 262 Figura 5-47 Planta da sala com linha a 3m das paredes que contem janelas – Caso 5  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

## CAPÍTULO 6

- 273 Figura 6-1 Resumo: Estudos de caso x Indicadores  
 Fonte: Autora da pesquisa

## CAPÍTULO 7

- 286 Figura 7-1 Diretrizes para regulamentação  
 Fonte: Autora da pesquisa

## APÊNDICE A

- 325 Figura A-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
 Fonte: Radiance
- 326 Figura A-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
 Fonte: Radiance
- 327 Figura A-3 Valores de Luminâncias (cd/m<sup>2</sup>) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
 Fonte: Radiance
- 328 Figura A-4 Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
 Fonte: Radiance
- 329 Figura A-5 21/mar 08:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 329 Figura A-6 21/mar 10:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 329 Figura A-7 21/mar 16:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 329 Figura A-8 21/mar 18:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 329 Figura A-9 22/jun 08:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 329 Figura A-10 22/jun 17:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 330 Figura A-11 22/dez 08:00 hs  
 Fonte: Sketchup
- 330 Figura A-12 22/dez 10:00 hs  
 Fonte: Sketchup

pag

- 330 Figura A-13 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 330 Figura A-14 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 330 Figura A-15 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

## APÊNDICE B

- 331 Figura B-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance
- 332 Figura B-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
Fonte: Radiance
- 333 Figura B-3 Valores de Luminâncias ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
Fonte: Radiance
- 334 Figura B-4 Valores de Iluminâncias ( $\text{lx}$ ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
Fonte: Radiance
- 335 Figura B-5 21/mar 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 335 Figura B-6 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 335 Figura B-7 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 335 Figura B-8 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 335 Figura B-9 22/jun 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 335 Figura B-10 22/jun 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 336 Figura B-11 22/jun 17:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 336 Figura B-12 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 336 Figura B-13 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 336 Figura B-14 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

pag

## APÊNDICE C

337	Figura C-1	Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto Fonte: Radiance
338	Figura C-2	Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid. Fonte: Radiance
339	Figura C-3	Valores de Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. Fonte: Radiance
340	Figura C-4	Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. Fonte: Radiance
341	Figura C-5	21/mar 08:00 hs Fonte: Sketchup
341	Figura C-6	21/mar 10:00 hs Fonte: Sketchup
341	Figura C-7	21/mar 12:00 hs Fonte: Sketchup
341	Figura C-8	21/mar 14:00 hs Fonte: Sketchup
341	Figura C-9	21/mar 16:00 hs Fonte: Sketchup
341	Figura C-10	21/mar 18:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-11	22/jun 08:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-12	22/jun 10:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-13	22/jun 12:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-14	22/jun 14:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-15	22/jun 16:00 hs Fonte: Sketchup
342	Figura C-16	22/jun 17:00 hs Fonte: Sketchup
343	Figura C-17	22/dez 08:00 hs Fonte: Sketchup
343	Figura C-18	22/dez 10:00 hs Fonte: Sketchup



página

- 343 Figura C-19 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 343 Figura C-20 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 343 Figura C-21 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

## APÊNDICE D

- 345 Figura D-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance
- 346 Figura D-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
Fonte: Radiance
- 347 Figura D-3 Valores de Luminâncias ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
Fonte: Radiance
- 348 Figura D-4 Valores de Iluminâncias ( $\text{lx}$ ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
Fonte: Radiance
- 349 Figura D-5 21/mar 08:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 349 Figura D-6 21/mar 10:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 349 Figura D-7 21/mar 12:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 349 Figura D-8 21/mar 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 349 Figura D-9 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 349 Figura D-10 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 350 Figura D-11 22/jun 08:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 350 Figura D-12 22/jun 10:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 350 Figura D-13 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 350 Figura D-14 22/jun 14:00 hs  
Fonte: Sketchup
- 350 Figura D-15 22/jun 16:00 hs  
Fonte: Sketchup

pag

350	Figura D-16	22/jun 17:00 hs Fonte: Sketchup
351	Figura D-17	22/dez 08:00 hs Fonte: Sketchup
351	Figura D-18	22/dez 10:00 hs Fonte: Sketchup
351	Figura D-19	22/dez 14:00 hs Fonte: Sketchup
351	Figura D-20	22/dez 16:00 hs Fonte: Sketchup
351	Figura D-21	22/dez 18:00 hs Fonte: Sketchup

#### APÊNDICE E

353	Figura E-1	Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto Fonte: Radiance
354	Figura E-2	Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid. Fonte: Radiance
355	Figura E-3	Valores de Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> ) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. Fonte: Radiance
356	Figura E-4	Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. Fonte: Radiance
357	Figura E-5	21/mar 08:00 hs Fonte: Sketchup
357	Figura E-6	21/mar 10:00 hs Fonte: Sketchup
357	Figura E-7	21/mar 12:00 hs Fonte: Sketchup
357	Figura E-8	22/jun 08:00 hs Fonte: Sketchup
357	Figura E-9	22/jun 10:00 hs Fonte: Sketchup
357	Figura E-10	22/jun 12:00 hs Fonte: Sketchup
358	Figura E-11	22/dez 08:00 hs Fonte: Sketchup
358	Figura E-12	22/dez 10:00 hs Fonte: Sketchup

## LISTA DE QUADROS

pag		
	<b>CAPÍTULO 3</b>	
61	Quadro 3-1	Tabela 146-A—Abertura efetiva de <i>skylights</i> Fonte: California Energy Commission, 2005
134	Quadro 3-2	Gestão de energia Fonte: HQE, 2001
135	Quadro 3-3	Conforto visual Fonte: HQE, 2001
140	Quadro 3-4	Appendix A resumo dos requisitos para iluminação com a luz do dia A.2 Salas de trabalho com iluminação zenital Fonte: DIN 5034-1,1999
141	Quadro 3-5	Appendix A resumo dos requisitos para iluminação com a luz do dia A.1 Salas com janelas Fonte: DIN 5034-1,1999
	<b>CAPÍTULO 4</b>	
153	Quadro 4-1	Grupos de documentos com indicadores, por assunto Fonte: Autora da pesquisa
	<b>CAPÍTULO 5</b>	
193	Quadro 5-1	Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 1 Fonte: Autora da Pesquisa
211	Quadro 5-2	Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 2 Fonte: Autora da Pesquisa
229	Quadro 5-3	Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 3 Fonte: Autora da Pesquisa
247	Quadro 5-4	Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 4 Fonte: Autora da Pesquisa
267	Quadro 5-5	Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 5 Fonte: Autora da Pesquisa
	<b>CAPÍTULO 6</b>	
281	Quadro 6-1	Indicadores de desempenho considerados e sua interpretação Fonte: Dubois, 2003

## LISTA DE TABELAS

pag

## CAPÍTULO 2

- 19 Tabela 2-1 Eficácia luminosa de várias fontes de luz.  
Fonte: Moore, 1991
- 22 Tabela 2-2 Índice de Reprodução de Cor de diversas Fontes de Luz  
expresso de 0 a 100  
Fonte: Russell, 2008

## CAPÍTULO 3

- 49 Tabela 3-1 Valores de iluminâncias por tipo de atividades, em escritórios  
Fonte: NBR 5413, 1977
- 52 Tabela 3-2 Tabela 3.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação  
para o nível de eficiência pretendido.  
Fonte: CGIEE, 2006
- 53 Tabela 3-3 Tabela 3.2: Extraída da NBR 5413  
Fonte: CGIEE, 2006
- 59 Tabela 3-4 Tabela 401.3.2A, Tabela 401.3.2B e Figura 401.3.2e  
Potência de Iluminação Permitida  
Fonte: Department of Energy, 2000
- 60 Tabela 3-5 Tabela 401.3.3 Fatores de Ajuste da Potência para Iluminação  
Fonte: Department of Energy, 2000
- 61 Tabela 3-6 Tabela 14 Tabela 3-F— Relação entre a densidade de potência instalada para  
iluminação, a área necessária de *skylights* e a abertura efetiva de *skylights*  
Fonte: California Energy Commission, 2005
- 70 Tabela 3-7 Table 9.5.1(parcial) Densidade de Potência para Iluminação Usando o  
Método Área do Edifício  
Fonte: ASHRAE, 2004
- 71 Tabela 3-8 Table 9.6.1 (parcial) Densidade de Potência para Iluminação Usando o  
Método Espaço por Espaço  
Fonte: ASHRAE, 2004
- 71 Tabela 3-9 Relação das luminâncias entre áreas do escritório  
Fonte: IESNA, 1995
- 73 Tabela 3-10 Luminâncias médias recomendadas e luminâncias máximas para luminárias  
em iluminação direta - ambientes com terminais de computador  
Fonte: IESNA, 1995
- 74 Tabela 3-11 Comparação de tipos de vidros  
Fonte: UFC, 2006
- 83 Tabela 3-12 Tabela 1: Critérios para cálculo do *glazing factor*  
Fonte: LEED CS, 2006
- 93 Tabela 3-13 Níveis de Iluminação em Áreas de Escritórios  
Fonte: Canada Labour Code, 1989

pag		
94	Tabela 3-14	Níveis de Iluminação em Áreas com Terminais de Computador Fonte: Canada Labour Code, 1989
97	Tabela 3-15	Densidade de Potência para Iluminação por Tipo de Prédio. Fonte: MNEC, 1997
100	Tabela 3-16	Pontos Adquiridos por Porcentagem de Redução no Custo de Energia segundo MNECB e ASHRAE 90,1- Edifícios Novos Fonte: LEED NC&MR, 2004
101	Tabela 3-17	Pontos Adquiridos por Porcentagem de Redução no Custo de Energia segundo MNECB e ASHRAE 90,1- Edifícios Existentes Fonte: LEED NC&MR, 2004
106	Tabela 3-18	Quadro IX.2 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem Fonte: RCCTE, 2006
109	Tabela 3-19	Tabela 4 - Fatores de Controle de Luminárias Fonte: Approved Document L2B, 2006
111	Tabela 3-20	Tabela 1 – Áreas mínimas envidraçadas para vista quando as janelas estão restritas a uma parede Fonte: BSI 8206, 1992
119	Tabela 3-21	Níveis de iluminação de acordo com os tipos de locais de trabalho Fonte: Code du Travail
122	Tabela 3-22	Potência de referência para iluminação – cálculo global Fonte: Regulamentation Termique, 2000
122	Tabela 3-23	Potência de referência para iluminação – cálculo detalhado Fonte: Regulamentation Termique, 2000
125	Tabela 3-24	Potência de referência para iluminação Fonte: Regulamentation Termique, 2005
127	Tabela 3-25	Relação dos níveis de iluminação e uniformidades entre o entorno e a área de trabalho Fonte: NF EN 1246Tabela 4-1, 2003
128	Tabela 3-26	Índices exigidos para nível de iluminação média, limite de ofuscamento e índice de reprodução de cor Fonte: NF EN 1246Tabela 4-1, 2003
130	Tabela 3-27	Valores de referência e critérios de concepção de iluminação Fonte: NF EN 15193, 2007
138	Tabela 3-28	Tabela 1: Dimensões de área envidraçada para janelas em ambientes de trabalho, para assegurar adequada vista para o exterior Fonte: DIN 503Tabela 4-1,1999
145	Tabela 3-29	Valores das iluminâncias no plano de trabalho e as luminâncias mínimas do entorno Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001
146	Tabela 3-30	Ângulo mínimo das aletas em relação à luminância das lâmpada Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

pag

- 147 Tabela 3-31 Cor aparente da luz da lâmpada em relação à temperatura de cor  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001
- 148 Tabela 3-32 Limite de luminâncias vinda de luminárias no teto em relação ao tipo de monitor  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001
- 148 Tabela 3-33 Iluminâncias, Ofuscamento e Índice de Reprodução de Cor para locais de trabalho  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

## CAPÍTULO 5

- 183 Tabela 5-1 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 1  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 191 Tabela 5-2 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 1  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 2,51  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 202 Tabela 5-3 Áreas de janelas e paredes que as contem - Caso 2  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 209 Tabela 5-4 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 2  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 0,16  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 219 Tabela 5-5 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 227 Tabela 5-6 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 3  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 1,29  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 237 Tabela 5-7 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 245 Tabela 5-8 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 4  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 1,98  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 246 Tabela 5-9 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 4  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 0,7  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 256 Tabela 5-10 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 5, sala 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 256 Tabela 5-11 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 5, sala 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa
- 266 Tabela 5-12 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 5  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 1,66  
 Fonte: Autora da Pesquisa

## CAPÍTULO 7

- 289 7-1 Valores de Iluminância (lx) Janela na Fachada Norte - FLD 2%  
 Fonte: Autora da pesquisa

pag

289	7-2	Valores de Iluminância (lx) Janela na Fachada Sul - FLD 2% Fonte: Autora da pesquisa
289	7-3	Valores de Iluminância (lx) Janela na Fachada Norte - FLD 5% Fonte: Autora da pesquisa
289	7-4	Valores de Iluminância (lx) Janela na Fachada Sul - FLD 5% Fonte: Autora da pesquisa
290	7-5	Valores de Iluminância (lx) Janela na Fachada Norte - FLD 1% Fonte: Autora da pesquisa

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
<b>BOCA</b>	Building Officials and Code Administrators
<b>BREEAM</b>	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
<b>BSi</b>	British Standards Institution
<b>CBE</b>	Center for the Built Environment of California University
<b>CCBFC</b>	Canadian Commission on Building and Fire Codes
<b>CECACE</b>	Curso de Especialização em Conforto Ambiental
<b>CEN</b>	Comité Européen de Normalisation
<b>CERTIVÉA</b>	Le partenaire certification des acteurs et des ouvrages de la construction
<b>CGBC</b>	Canada Green Building Council
<b>CGIEE</b>	Comité Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
<b>CIBSE</b>	Chartered Institution of Building Services Engineers
<b>CIE</b>	Commission Internationale de l'Éclairage
<b>CIP</b>	Commission Internationale de Photometrie
<b>COSHR</b>	Canada Occupational Health and Safety Regulations
<b>CSTB</b>	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
<b>DETR</b>	The Department of the Environment, Transport and the Regions
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DOE</b>	Department of Energy
<b>EPRI</b>	Electric Power Research Institute
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América



<b>FLD</b>	Fator de Luz Diurna
<b>GBCB</b>	Green Building Council do Brasil
<b>HQE</b>	Haute Qualite Environnementale
<b>ICBO</b>	International Conference of Building Officials
<b>ICC</b>	International Code Council
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IESNA</b>	Illuminating Engineering Society of North America
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LBL</b>	Lawrence Berkeley National Laboratory
<b>LEED</b>	Leadership in Energy and Environmental Design
<b>MNECB</b>	Model National Energy Code of Canada for Buildings
<b>NCR-ICR</b>	Institute for Research in Construction
<b>NTB</b>	Norma Técnica Brasileira
<b>NUTAU</b>	Núcleo de Pesquisa de Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo
<b>PMSP</b>	Prefeitura do Município de São Paulo
<b>RCCTE</b>	Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios
<b>RSECE</b>	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios
<b>SBCCI</b>	Southern Building Code Congress International
<b>SCE</b>	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
<b>SLL</b>	Society of Light and Lighting
<b>USA</b>	United States of America
<b>USGBC</b>	United States Green Building Council

## SUMÁRIO

pag	
III	AGRADECIMENTOS
VI	RESUMO
VII	ABSTRACT
VIII	LISTA DE FIGURAS
XVII	LISTA DE QUADROS
XVIII	LISTA DE TABELAS
XXII	LISTA DE SIGLAS

**INTRODUÇÃO****CAPÍTULO 1**

3	<b>1.1</b>	O PROBLEMA
9	<b>1.2</b>	OBJETIVOS
10	<b>1.3</b>	METODOLOGIA
15	<b>1.4</b>	FORMA DE APRESENTAÇÃO

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA****CAPÍTULO 2**

19	<b>2.1</b>	ILUMINAÇÃO NATURAL
19		2.1.1 Fontes da luz natural
21		2.1.2 Características da luz
21		2.1.2.1 Temperatura de cor
22		2.1.2.2 Índice de reprodução de cor
23		2.1.2.3 Variabilidade
23		2.1.3 Disponibilidade de luz natural
25		2.1.3.1 Tipos de céu
26		2.1.3.2 Fator de luz diurna
27		2.1.4 A iluminação natural e o ambiente de trabalho
27		2.1.4.1 A importância da luz natural no ambiente de trabalho
29		2.1.4.2 Aspectos da iluminação natural em ambientes internos
32		2.1.4.3 Admissão e distribuição da luz natural no ambiente
36	<b>2.2</b>	A INTERAÇÃO ENTRE ILUMINAÇÃO NATURAL E ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
39	<b>2.3</b>	A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES

## **AS LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES SOBRE ILUMINAÇÃO NATURAL** **CAPÍTULO 3**

	<b>3.1</b>	<b>BRASIL</b>
45	3.1.1	Leis
45	3.1.1.1	Decreto Estadual nº 52.497 de 21 de julho de 1970
46	3.1.1.2	Lei Municipal nº 11.228 de 25 de junho de 1992. Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo
48	3.1.2	Normas
48	3.1.2.1	NBR 5382 Verificação do nível de Iluminamento de Interiores, 1977
48	3.1.2.2	NBR 5413 Iluminância de Interiores, 1992
49	3.1.2.3	NBR 15215, 2005
		NBR 15215-1: Conceitos Básicos e Definições
		NBR 15215-2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural
		NBR 15215-3: Procedimentos de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos
		NBR 15215-4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Método de medição
51	3.1.3	Certificações
51	3.1.3.1	Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
	<b>3.2</b>	<b>ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA</b>
57	3.2.1	Leis
57	3.2.1.1	USA Federal Government, Energy Policy Act of 2005
58	3.2.1.2	DOE: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
60	3.2.1.3	California Energy Commission. 2005 Building Energy Efficiency Standards
62	3.2.2	Normas
62	3.2.2.1	IESNA RP-5-99 IES Recommended Practice of Daylighting
69	3.2.2.2	ASHRAE Standard 90.1-2004
71	3.2.2.3	IESNA Lighting Handbook Reference & Application, 8th Ed.
73	3.2.2.4	Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006
76	3.2.3	Certificações
77	3.2.3.1	LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development, Version 2.0, 2006

86	3.2.3.2	LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations, Version 2.2, 2005
88	3.2.3.3	LEED for Commercial Interiors, Version 2.0, 2005
	<b>3.3</b>	<b>CANADA</b>
93	3.3.1	Leis
93	3.3.1.1	Canada Labour Code, Canadian Occupational Safety and Health Regulations, Part VI, 1989
95	3.3.1.2	Model National Energy Code of Canada for Buildings 1997
98	3.1.3	Certificações
98	3.3.3.1	LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations, Version 1.0, 2004
98	3.3.3.2	LEED Green Building Rating System <i>Addendum</i> For New Construction and Major Renovations, Version 1.0, 2007
103	3.3.3.3	LEED Canada Green Building Rating System for Commercial Interiors, Version 1.0, 2006
	<b>3.4</b>	<b>PORTUGAL</b>
105	3.4.1	Leis
105	3.4.1.1	Decreto-Lei 38.382, Artigos 71 a 75
105	3.4.1.2	Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 2006
	<b>3.5</b>	<b>REINO UNIDO</b>
107	3.5.1	Leis
107	3.5.1.1	Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2006 edition
108	3.5.1.2	Approved Document L2B Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings, 2006 edition
110	3.5.2	Normas
110	3.5.2.1	BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992
114	3.5.2.2	BRE Information Paper, IP 5/92 Site layout planning for daylight and sunlight, 1992
116	3.5.3	Certificações
116	3.5.3.1	BREEAM Offices 2006 Pre Assessment Estimator
	<b>3.6</b>	<b>FRANÇA</b>
119	3.6.1	Leis
119	3.6.1.1	Code du Travail
120	3.6.1.2	Code de la Construction et de l'Habitation
121	3.6.1.3	Regulamentation Thermique 2000
123	3.6.1.4	Regulamentation Thermique 2005

125	3.6.2	Normas
125	3.6.2.1	NFX 35-121 Travail sur écran de visualisation et clavier, 1987
126	3.6.2.2	NFX 35-103 Principes d'ergonomie visuelle pour l'éclairage des locaux, 1990
127	3.6.2.3	NF EN 12464-1 éclairage des lieux de travail Partie 1, 2003
128	3.6.2.4	NF EN 15193 Performance énergétique des batiments, 2007
131	3.6.3	Certificações
131	3.6.3.1	HQE Haute Qualité Environnementale
	<b>3.7</b>	<b>ALEMANHA</b>
137	3.7.1	Leis
137	3.7.1.1	Federal Building Code, chapter 2, part 1, subdivision 1, section 136 Urban Redevelopment Measures
137	3.7.2	Normas
137	3.7.2.1	DIN 5034-1 Daylight in interiors
	<b>3.8</b>	<b>NORMAS E RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS</b>
143	3.8.1	ISO/CIE
145	3.8.1.1	ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places
149	3.8.1.2	CIE S 011/E:2003 / ISO 15469:2003(E). Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky

## **ANÁLISE DOS DOCUMENTOS COLETADOS**

## **CAPÍTULO 4**

153	<b>4.1</b>	<b>REUNIÃO DOS DOCUMENTOS POR ASSUNTOS AFINS</b>
155	4.1.1	Grupo A
156	4.1.2	Grupo B
159	4.1.3	Grupo C
160	4.1.4	Grupo D
163	4.1.5	Grupo E
165	4.1.6	Grupo F

## **ESTUDOS DE CASO**

## **CAPÍTULO 5**

175	<b>5.1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES</b>
175	5.1.1	O porque dos estudos de Caso
175	5.1.2	Critérios de escolha dos Estudos de Caso

	<b>5.2</b>	<b>CASO 1</b>
177	5.2.1	Dados do projeto
180	5.2.2	Admissão de luz natural e insolação
181	5.2.3	O Caso 1 e os indicadores
190	5.2.4	Conclusões do Caso 1
	<b>5.3</b>	<b>CASO 2</b>
195	5.3.1	Dados do projeto
198	5.3.2	Admissão de luz natural e insolação
199	5.3.3	O Caso 2 e os indicadores
208	5.3.4	Conclusões do Caso 2
	<b>5.4</b>	<b>CASO 3</b>
213	5.4.1	Dados do projeto
215	5.4.2	Admissão de luz natural e insolação
216	5.4.3	O Caso 3 e os indicadores
226	5.4.4	Conclusões do Caso 3
	<b>5.5</b>	<b>CASO 4</b>
231	5.5.1	Dados do projeto
233	5.5.2	Admissão de luz natural e insolação
234	5.5.3	O Caso 4 e os indicadores
244	5.5.4	Conclusões do Caso 4
	<b>5.6</b>	<b>CASO 5</b>
249	5.6.1	Dados do projeto
252	5.6.2	Admissão de luz natural e insolação
253	5.6.3	O Caso 5 e os indicadores
265	5.6.4	Conclusões do Caso 5

## **CONCLUSÕES**

## **CAPÍTULO 6**

271	<b>6.1</b>	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES
272	<b>6.2</b>	CONCLUSÕES SOBRE OS ESTUDOS DE CASO
272	6.2.1	Implantação
274	6.2.2	Geometria das salas e janelas
274	6.2.3	Protetores solares
275	6.2.4	Fator de luz diurna, luminâncias e iluminâncias
275	6.2.5	Unoformidade e ofuscamento

276		6.2.6	Considerações gerais
277	<b>6.3</b>		CONCLUSÕES SOBRE OS REGULAMENTOS USADOS NOS ESTUDOS DE CASO
277		6.3.1	Código de Obras e Edificações do Município
278		6.3.2	Certificações LEED - EUA e Canadá
279		6.3.3	Approved Document L2A e BSI 8206: part 2
279		6.3.4	Code du travail
279		6.3.5	DIN 5034-1
280		6.3.6	NBR 5413; Canada Labour Code, BSI 8206: part 2; IESNA e ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

**DIRETRIZES****CAPÍTULO 7**

285	<b>7.1</b>		CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES
287	<b>7.2</b>		ILUMINAÇÃO NATURAL
291	<b>7.3</b>		INTERAÇÃO ENTRE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL
293	<b>7.4</b>		DIRETRIZES PARA A CERTIFICAÇÃO VOLUNTÁRIA BRASILEIRA
293		7.4.1	Iluminação Natural
294		7.4.2	Integração entre Iluminação Natural e Artificial

**CONSIDERAÇÕES FINAIS****CAPÍTULO 8**

299	<b>8.1</b>		A ILUMINAÇÃO NATURAL E OS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS
299		8.1.1	O que acontece
300		8.1.2	Porque acontece
302		8.1.3	O que fazer
303	<b>8.2</b>		A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES
303		8.2.1	O que são
304		8.2.2	O que temos no Brasil
304		8.2.3	O que temos em outros países
305		8.2.4	A regulamentação energética brasileira sobre iluminação
307	<b>8.3</b>		PESQUISAS QUE ESTE MESTRADO ABRE
308	<b>8.5</b>		PARA ONDE VAMOS
309			BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA
315			BIBLIOGRAFIA CONSULTADA
319			GLOSSÁRIO

321	APÊNDICES
	APÊNDICE A
325	Caso 1 – Simulação no Radiance
329	Caso 1 – Simulação no SketchUp
	APÊNDICE B
331	Caso 2 – Simulação no Radiance
335	Caso 2 – Simulação no SketchUp
	APÊNDICE C
337	Caso 3 – Simulação no Radiance
341	Caso 3 – Simulação no SketchUp
	APÊNDICE D
345	Caso 4 – Simulação no Radiance
349	Caso 4 – Simulação no SketchUp
	APÊNDICE E
353	Caso 5 – Simulação no Radiance
357	Caso 5 – Simulação no SketchUp





## 1.1 O PROBLEMA

Em *Cities for a small planet*, Richard Rogers aponta o equilíbrio entre os fatores: população, recursos e meio ambiente, como decisivo para a sobrevivência de uma comunidade.

Entre estes fatores, o rápido esgotamento das fontes de energia não renováveis, como o petróleo, e o desgaste acelerado dos recursos ambientais - ar, água, vegetação - podem ser revertidos com a nossa atuação como arquitetos, uma vez que metade da energia derivada de combustíveis fósseis é consumida pelas edificações (ROGERS, 1997, p.3).

Considerando especificamente os edifícios de escritórios, temos que (segundo o Electric Power Research Institute) nos Estados Unidos 35% do consumo total de energia acontece para a iluminação artificial e outros 6% representam a energia usada pelos sistemas de ar condicionado para retirar do ambiente o calor gerado pelos sistemas de iluminação (EPRI, 1997, p.1-1).

Até o século XIX, a iluminação dos edifícios era feita principalmente pela luz do dia, determinada pelo clima, pela localização e dimensões das aberturas e pelas atividades exercidas no local (MOORE, 1991, p.13). Com a envoltória das construções como único controle da interação entre espaço externo e espaço interno, não havia como projetar sem considerar as condições climáticas do local.

Com a revolução industrial, novos materiais foram desenvolvidos e as construções que tinham, na grande maioria dos casos, sua estrutura de suporte representada por espessas paredes, passaram a poder conter com elementos em aço e a ser apoiadas por colunas.

As fachadas, livres da função estrutural, passaram a contar com grandes vãos que ao mesmo tempo que aumentaram consideravelmente a admissão da luz do dia, aumentaram também a ocorrência de ofuscamento, perdas térmicas no inverno e ganhos térmicos no verão.

Reagindo aos excessos ornamentais que caracterizavam a escola neo-clássica dos finais do século XIX e usando a liberdade que o desenvolvimento industrial permitia, o movimento moderno propôs uma arquitetura despojada e funcional. Grandes protagonistas deste período, como

"...Frank Loyd Wright, Le Corbusier e Alvar Aalto mantiveram em seus projetos os históricos princípios de implantação e orientação, ventilação e iluminação naturais, incorporando, de modo seletivo, as novas tecnologias como meios .

Outros, ignorando o clima, usaram as novas tecnologias como um *fim*, gerando diretamente a forma do edifício."<sup>1</sup>

As intenções que dominam a elaboração do projeto arquitetônico, hoje, podem ser analisadas a partir do que ocorreu após a Segunda Guerra, pois nas décadas de 50 e 60 houve uma disseminação, um tanto indiscriminada, de uma arquitetura universalista. Esta arquitetura tinha em suas raízes princípios bastante consistentes como os do Modernismo e, procurava seguir os preceitos de grandes mestres como foram Gropius, Le Corbusier e Mies Van der Rohe. Porém, ainda assim, mantinha pouco compromisso com os locais onde era implantada, nem sempre solucionava as necessidades específicas do seu usuário e não expressava a assimilação da história e das tradições da comunidade.

Os modernistas foram criticados por acreditarem que a fusão da arte com a indústria seria um instrumento do progresso social, e por pensarem que de um novo espaço urbano surgiria uma nova ordem social.<sup>2</sup> De fato a ligação entre arquitetura e socialismo sofreu um abalo diante das profundas mudanças que ocorreram a partir da Segunda Guerra. Porém, ao tomarmos como exemplo as realizações de Ernst May do período 1925-1930, em Frankfurt, como significativas que foram do Movimento Moderno, constatamos o sucesso que tiveram ao abrigar mais de 15.000 famílias de trabalhadores que, antes disto, comprimiam-se em exíguos espaços, sem a condição mínima de habitação (PANERAI; CASTEX; DEPAULE, 1986, p.107-130).

As obras na área da moradia social da primeira metade do século passado, usando os recursos da, então, super valorizada tecnologia, para criar componentes pré-fabricados, atendiam com a rapidez necessária à execução de bairros e até de cidades inteiras.

Unidades habitacionais então projetadas para abrigar racionalmente suas funções eram repetidas em série, formando tecidos urbanos que priorizavam o desenho como forma de controle do espaço, enquanto a industrialização mantinha o controle do tempo. Este controle espaço-temporal introduziu um elemento de rigidez na implantação, o que fez

---

<sup>1</sup> MOORE, Fuller. *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. New Jersey, Van Nostrand Reinhold Corp, 1991, p14. Tradução livre do inglês.

<sup>2</sup> LAGUEUX, Maurice. A Cabeça do arquiteto (Parte I). *Revista Vivercidades*. 31/01/2003. Disponível em: <<http://www.vivercidades.org.br>>

com que a relação que os espaços arquitetônicos estabelecessem com o ambiente externo - do ponto de vista da insolação, captação da energia térmica ou luminosa e ventilação natural - muitas vezes não fosse a ideal.

Na segunda metade do século XX, a Era da Máquina transforma-se em era da Informática e nas atividades de trabalho da sociedade Pós Industrial predominam os Serviços, a atividade terciária. A cultura chamada de “pós-moderna” então emergente, migra das preocupações com o coletivo para as do particular, valorizando a subjetividade – o universalismo torna-se localismo (HARVEY, 1999, p.304).

Não haveria mais sentido na repetição – pelo planeta afora – de uma arquitetura, sem a consideração cuidadosa das realidades históricas e ambientais de cada local.

Porém, os edifícios construídos para abrigar as atividades dominantes a partir das décadas de 60 e 70, foram concebidos em uma época em que o baixo custo da energia permitia (HELMS; BELCHER, 1991, p.381) que se estabelecessem padrões para as condições de trabalho em ambientes tratados com tecnologias ativas que funcionavam a despeito - ao contrário de em conjunto - com o ambiente externo. Assim, um típico edifício de escritórios, possui andar tipo de grandes dimensões, fachadas em pele de vidro e instalações de ar condicionado que são acionadas diariamente, independentemente das condições de temperatura e umidade externas.

Estes fatores causam um desastre no desempenho energético do prédio:

- As dimensões da planta geram áreas internas no pavimento, que necessitam sempre de iluminação artificial.
- Devido ao funcionamento constante do sistema de ar condicionado, as janelas nunca são abertas, deixando de aproveitar a ventilação natural nas horas que ela seria desejável.
- O alto quociente WWR (*window-wall ratio*)<sup>3</sup>, resulta na ocorrência de ofuscamento nas zonas próximas às janelas fazendo com que sejam acionadas as persianas. Com as persianas fechadas é comum o ambiente não dispor de iluminação suficiente para a realização das tarefas, necessitando de iluminação artificial.

---

<sup>3</sup> Conceito utilizado pela ASHRAE (Performance Rating Method, in 90.1.2004-Appendix G), que relaciona a área transparente da fachada (*fenestration área*) e a área total da fachada (*gross wall área*).

- As persianas internas cerradas podem evitar o incômodo maior da radiação solar direta sobre o usuário, mas não evitam o ganho térmico pelo efeito estufa.
- As fachadas em “pele de vidro” costumam ter a camada de vidro passando a frente das vigas e pilares que são pintados de preto para que não apareçam na fachada. Forma-se, assim, uma camada de ar confinado e este conjunto constitui-se numa autêntica parede trombe que, por efeito estufa, aumenta em muito a carga térmica que o sistema de ar condicionado tem a tarefa de retirar.

Somam-se a estes fatores, equívocos de projeto tais como, calcular a iluminação artificial usando a mesma iluminância para todo o pavimento. Nestes casos são usados em todos os locais os mesmos níveis necessários para as tarefas visuais, inclusive nas circulações e dependências sem permanência humana.

No Brasil, disseminou-se rapidamente esta arquitetura desvinculada com o clima e inspirada no International Style que fornecia os referenciais considerados “adequados” (uma vez que importados de países do primeiro mundo) no que se refere à forma e uso dos materiais nos prédios.

Ocorre que a busca pelo lucro se constitui num dos principais determinantes da forma, da qualidade e, por conseqüência, do desempenho dos nossos edifícios. Que os investidores procurem o lucro é esperado e até certo ponto, legítimo. A dificuldade reside no fato que o investidor reconhece que a expectativa do mercado - que se for atendida lhe trará lucro - a respeito do objeto arquitetônico significa a repetição de soluções formais consagradas como “de valor” (por exemplo, a das famosas e onipresentes torres de vidro).

Curiosamente, um ano após o final do Modernismo, evento perfeitamente determinado no tempo e no espaço por Jenks,<sup>4</sup> acontece a crise petróleo de 1973.

Os primeiros anos da década de 70, trazem grandes mudanças sociais e econômicas. A preocupação com o meio ambiente começa a fazer parte do cotidiano das pessoas e a arquitetura também se transforma.

Em muitos países, como nos Estados Unidos, por exemplo, foram incentivadas pesquisas em conservação e fontes renováveis de energia. Estas pesquisas representavam um esforço para

---

<sup>4</sup> “A Arquitetura Moderna morreu em St. Louis, Missouri, em 15 de julho de 1972 às 3:32 horas da tarde (mais ou menos), quando se deu o golpe de misericórdia, com dinamite, a vários blocos do infame projeto Pruitt-Igoe.” JENCKS, Charles (1984). *El Lenguaje de la Arquitectura Posmoderna* – 3ª ed. – Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., p.9. Tradução livre do espanhol.

reduzir a dependência do petróleo, para diminuir os custos da geração de energia e para atender a crescente preocupação com o impacto que esta geração causa no meio ambiente.

O impacto pode variar em forma e intensidade, mas qualquer método de geração tem um custo ambiental, principalmente os que geram energia em larga escala.

De fato, as estações de geração de energia por meio de combustível fóssil, são conhecidas pelos poluentes que descartam no meio ambiente; a energia nuclear, que já foi considerada como a alternativa “limpa” comparada à queima de derivados de petróleo, após diversos acidentes, perdeu este conceito junto à opinião pública; e as grandes hidroelétricas, que oferecem uma contribuição significativa à geração de eletricidade e por um tempo foram vistas pela sociedade em geral como benignas do ponto de vista ambiental, promovem impactos sociais ao desalojar comunidades e impactos ambientais ao inundar grandes áreas, alterando ecossistemas (NEWSHAM, 1992, p.2).

Os governos, um tanto por reação às preocupações da opinião pública que já tomava ciência desta situação, começaram a encorajar a conservação e as maneiras menos agressivas de geração da energia.

Como resultado, desenvolveram-se estudos sobre a maneira que os edifícios são construídos, iluminados, aquecidos ou resfriados e critérios foram sendo estabelecidos para projeto e construção que assegurassem o uso eficiente dos recursos energéticos.

Apesar do interesse por parte da sociedade em geral e das pessoas ligadas à construção civil, o número de edifícios que possui um sistema de iluminação que considerou a luz do dia, por exemplo, é ainda muito pequeno.<sup>5</sup>

No Brasil temos uma situação onde, por um lado o crescimento da oferta de energia é muito lento, pois depende de grandes investimentos; por outro, o crescimento do consumo não é regulamentado, por nenhum mecanismo legal.

Segundo Romero, "em números médios, 60% do consumo do setor (comércio e serviços) é devido ao condicionamento ambiental e à iluminação artificial e estas duas variáveis estão estreitamente ligadas à concepção arquitetônica." <sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> LBL Lawrence Berkley Laboratory. Windows and Daylighting Group. *Daylighting with Integrate Envelope and Lighting Systems. California, 1998.* Disponível em: < <http://www.windows.lbl.gov> >

Isto deixa bem claro o importante papel do arquiteto nesta questão. Medidas adotadas na fase de projeto são indubitavelmente mais eficientes uma vez que o potencial de conservação de energia em prédios existentes é bastante inferior ao potencial de conservação de edificações que se encontram ainda em estudo preliminar (ROMERO, 2001, p.21).

Seria muito importante o reconhecimento por parte do investidor e da sociedade em geral, que os edifícios que foram projetados levando-se em conta os recursos passivos como o efeito da insolação, da variação da temperatura entre o dia e a noite e da ventilação natural; os edifícios onde se tirou partido do efeito de sombreamento com adequados protetores solares exteriores; os edifícios que tiveram os materiais das fachadas escolhidos por suas propriedades térmicas, são os que de fato possuem valor agregado, são mais bonitos e muito mais lucrativos.

Por ora, ainda vemos prédios, que por possuírem algum sistema de monitoramento, serem comercializados como "edifícios inteligentes", ainda que seus projetos não considerem as variáveis de clima e não façam uso das tecnologias solares passivas.

Na maior parte dos casos a "qualidade" só é levada em consideração naquilo que atende ao contratante (ou o incorporador, no caso de prédios) e não ao consumidor final.

"O termo 'qualidade' é conceituado como os aspectos do produto ou serviço que satisfazem as necessidades do usuário, ou seja, está associado claramente (inclusive no caso dos produtos da Construção Civil) ao desempenho satisfatório dos ambientes e das relações ambiente & comportamento (RAC)." <sup>7</sup>

Focando o interesse na questão da iluminação, considerando a grande disponibilidade de luz natural no nosso país e o consumo que a iluminação artificial representa em prédios comerciais <sup>8</sup>, conclui-se que será extremamente eficiente para a conservação da energia a adoção de regulamentos que promovam o uso adequado deste recurso.

Porém, em nosso país estas ações ainda são incipientes:

---

<sup>6</sup> Romero, Marcelo de Andrade. *Eficiência energética e arquitetura: dois conceitos inseparáveis* – São Paulo: Revista *CLIMATIZAÇÃO*, fevereiro de 2001, p. 22.

<sup>7</sup> ROMERO, Marcelo; ORNSTEIN, Sheila (Coordenadores /Editores). *Avaliação Pós-Ocupação, Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social. Habitare*, São Paulo, 1999, pg. 25.

<sup>8</sup> Segundo a ANSI (American National Standards Institute) entre 20 e 25%, do consumo de energia de um prédio de escritórios é devido à iluminação artificial, o que pesquisas do PROCEL confirmam, apontando 22% para esta porcentagem.

Em 2001, foi sancionada a Lei nº 10295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia [BRASIL, 2001a] para racionalizar o consumo de energia de equipamentos, seguida do Decreto no 4059 que a regulamenta.

Em 2005 tivemos uma norma brasileira com um método de cálculo para iluminação natural em ambientes internos e em 2006, surge a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos com um capítulo dedicado à iluminação artificial e apenas um parágrafo à natural.

O levantamento das normas, regulamentos e certificações existentes em países onde já há uma preocupação maior com a excelência de projeto, o conhecimento do que se tem no Brasil e a conseqüente identificação de itens que poderiam constar das normas técnicas é, sem dúvida, um passo no caminho em direção de uma arquitetura sustentável e, realmente, de qualidade.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objeto a luz natural nos prédios de escritórios na cidade de São Paulo e como objetivo, a proposição de um conjunto de diretrizes que colaborem num projeto de regulamentação energética para estas edificações, no que se refere à iluminação natural e sua interface com a iluminação artificial.

Para isto, foi efetuado:

1. Levantamento das leis, normas e certificações de qualidade em vigência no Brasil, nos EUA, no Canadá, em Portugal, no Reino Unido, na França e na Alemanha, bem como as normas internacionais da CIE e ISO, que se referem à iluminação natural em edifícios de escritórios.
2. Reunião das leis, normas e certificações por assuntos afins e agrupamento dos itens que contem indicadores para avaliação da luz natural e sua interface com a luz artificial.
3. Avaliação de escritórios de cinco prédios de escritórios da cidade de São Paulo, da última década, quanto aos aspectos da admissão da luz natural. Os projetos foram avaliados, pelos resultados obtidos com a simulação no *software* Radiance, quanto à conformidade em relação aos indicadores coletados.



A avaliação do desempenho destes cinco projetos em relação aos indicadores coletados teve como objetivos:

1. Apresentar exemplos do desempenho de projetos típicos de edifícios de escritórios em relação à luz natural e
2. A verificação dos próprios indicadores comparando a conformidade aos regulamentos de um projeto com o bom desempenho deste projeto em relação à admissão de luz natural.

A partir do levantamento de dados e avaliação dos projetos, foi possível apresentar conclusões a respeito do desempenho dos escritórios e a respeito das leis, normas e certificações que serviram de indicadores para esta avaliação.

Destas conclusões, foram relacionadas diretrizes para uma regulamentação energética e, mais especificamente, diretrizes para a Certificação Voluntária Brasileira no que se refere à iluminação natural e a interface com a iluminação artificial.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa seguiu as seguintes etapas:

### 1.3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS

#### 1) LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES

O levantamento de dados secundários consistiu-se na coleta de 44 documentos, entre leis, normas e sistemas de certificação de qualidade que se referem à iluminação natural e à interface desta com a iluminação artificial em prédios de escritórios.

Para o levantamento das leis, normas e certificações, vigentes no Brasil, nos EUA, no Canadá, em Portugal, no Reino Unido, na França e na Alemanha, bem como normas internacionais da ISO e da CIE, foram:

- a) realizadas pesquisas em livros, periódicos, dissertações e teses do acervo da Biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP;
- b) adquiridas publicações, normas e leis;
- c) consultados livros do acervo próprio;

d) realizadas pesquisas por meio da Internet em sites de organizações internacionais; de grupos de estudo e pesquisa; de universidades; de organizações governamentais; de revistas e outras publicações.

e) feitos contatos, via *e-mail*, com organizações internacionais e com outras universidades.

## 2) PROJETOS PARA OS ESTUDOS DE CASO

Nesta fase foram realizados contatos e visitas a construtoras, examinados os projetos que foram por elas disponibilizados e escolhidos cinco, entre eles, segundo critérios expostos em 5.1. Estes projetos foram analisados nos Estudos de Caso.

### 1.3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PRIMÁRIOS

#### 1) REUNIÃO DE CRITÉRIOS E INDICADORES EM GRUPOS AFINS

Dos 44 documentos coletados foram separados os itens com indicadores que se referem ao uso da luz natural em escritórios. Estes indicadores foram reunidos em grupos de mesmo assunto.

Não foram considerados nesta seleção as leis, normas ou certificações que se referem à medição da luz natural, bem como as que apresentam apenas recomendações e estratégias para o projeto de iluminação natural, sem indicadores que servissem de parâmetros numéricos para a avaliação pretendida no Estudo de Casos.

Os itens que se referem à interação da luz natural com a luz artificial, não foram utilizados nos Estudos de Caso uma vez que os escritórios analisados são apresentados somente em projeto arquitetônico sem um projeto de iluminação detalhado para a avaliação desta interface.

#### 2) ANÁLISE DOS CINCO PROJETOS DOS ESTUDOS DE CASO

A análise dos cinco projetos foi feita com o uso de ferramentas computacionais. Os softwares utilizados e as formas como o foram, são:

1) Google Earth - utilizado para obter uma imagem ilustrativa da situação do prédio em estudo.

2) AutoCAD - foi utilizado para editar os desenhos de projeto executivo que foram recebidos das construtoras. A edição retirou o excesso de informações, tornando-os mais

apropriados para a apresentação nesta dissertação. A planta baixa editada no AutoCAD, foi também usada como base para a construção dos modelos no SketchUp e no Ecotect.

3) SketchUp – a modelagem de cada sala estudada, neste software, gerou imagens ilustrativas da insolação nos ambientes, apresentadas nos Apêndices.

4) Ecotect - os ambientes estudados foram modelados no Ecotect por este programa possuir uma interface com o Radiance.

5) Radiance – *software* validado; foi utilizado na obtenção das informações sobre a admissão de luz natural em cada ambiente estudado. Foram apresentados nos Apêndices, somente os resultados necessários para a avaliação de conformidade do projeto aos regulamentos:

- planta com áreas de FLD e linhas formadas pelos pontos de mesmo valor, no plano de trabalho;
- planta com valores de FLD em cada ponto da malha, no plano de trabalho;
- planta com valores de luminância, em cada ponto da malha, no plano de trabalho;
- planta com os valores de iluminância, em cada ponto da malha, no plano de trabalho.

4) Windows Excel – neste programa foram elaboradas as planilhas e tabelas auxiliares para:

- a avaliação da conformidade do projeto em relação aos regulamentos;
- o cálculo da iluminâncias, em todos os horários e em três datas no ano, a partir das tabelas de Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto<sup>9</sup> e dos valores de FLD considerados valores médios pela análise dos resultados do Radiance.

### 1.3.3 CONCLUSÃO PARA CADA CASO

A partir da avaliação, são apresentadas conclusões para cada caso sobre o desempenho e conformidade em relação aos indicadores considerados.

### 1.3.4 CONCLUSÕES AGRUPADAS

A análise das conclusões de cada caso e a comparação entre elas, resultou em:

1) Conclusões relativas ao desempenho de projetos típicos para edifícios de escritórios na cidade de São Paulo, no que se refere ao desempenho dos mesmos em relação a admissão de luz natural, conforme os indicadores;

---

<sup>9</sup> SCARAZATTO, Paulo Sergio. *Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para cidades brasileiras*. Tese de doutoramento pela FAUUSP, São Paulo, 1995.

2) Conclusões relativas à propriedade destes itens de leis, normas e certificações em otimizar, pela aplicação de seus indicadores, a admissão de luz natural nos escritórios e considerações sobre a utilidade destes regulamentos no caso brasileiro.

### 1.3.5 DIRETRIZES

As diretrizes para uma regulamentação sobre o uso da iluminação natural foram elaboradas a partir das conclusões agrupadas dos Estudos de Caso.

As diretrizes sobre a interface da iluminação natural com a iluminação artificial em edifícios de escritórios foram elaboradas a partir das leis, normas e certificações coletadas e selecionados no capítulo 4.

### 1.3.6 DIRETRIZES PARA A CERTIFICAÇÃO VOLUNTÁRIA BRASILEIRA

Do conjunto de diretrizes, foram indicadas as que, mais apropriadamente, poderiam colaborar com a Regulamentação de Etiquetagem Voluntária Brasileira no que se refere à iluminação natural e à interação com a iluminação artificial em edifícios de escritórios.

### 1.3.7 CONCLUSÕES FINAIS

Como último capítulo, é apresentada uma reflexão sobre o que acontece nas edificações para escritórios no que se refere à admissão da luz do dia; sobre o que temos no Brasil em termos de leis normas e certificações de qualidade; sobre o que há em outros países a este respeito e sobre as ações que poderemos realizar no futuro para promover o uso da iluminação natural.

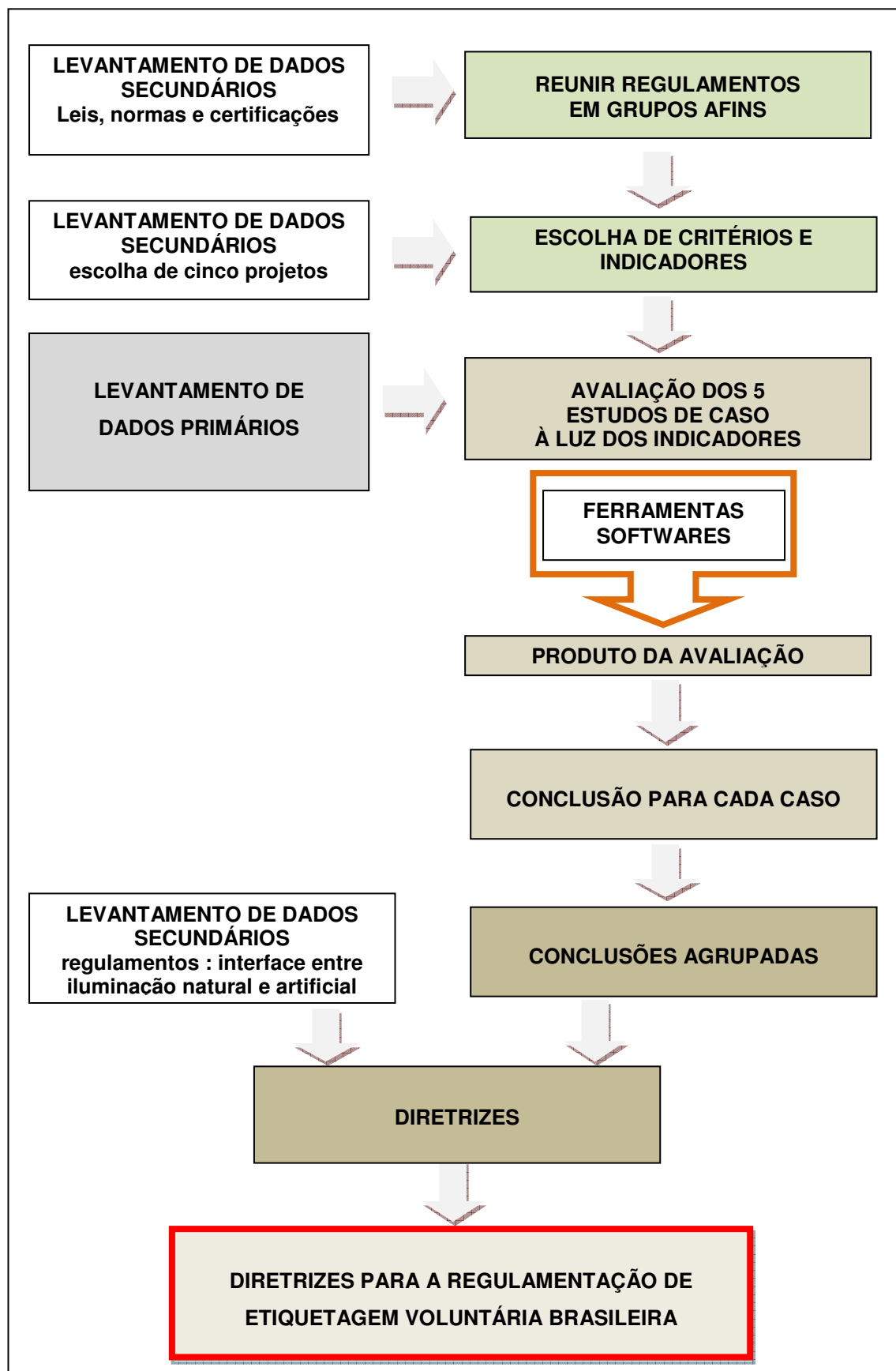


Figura 1-1 Fluxograma - Metodologia  
Fonte: Autora da pesquisa

## 1.4 FORMA DE APRESENTAÇÃO

### 1.4.1 Capítulo 2

No capítulo 2 os parágrafos que aparecem com as letras em corpo menor, recuados e entre aspas, se constituem de texto original da bibliografia pesquisada ou da tradução livre deste texto para o português, realizada pela autora desta pesquisa.

### 1.4.2 Capítulo 3

No Capítulo 3 são apresentadas as leis, normas e certificações pesquisadas, separadas por país de origem e pela natureza do documento.

Os parágrafos que aparecem entre aspas, recuados e com letras em corpo menor são constituídos dos textos originais. Da mesma forma, as figuras apresentadas neste capítulo, fazem parte dos documentos originais.

Os parágrafos com tamanho da fonte normal, mas que trazem textos entre aspas, são constituídos de partes dos textos coletados, traduzidos livremente do inglês do francês ou do espanhol, pela autora desta pesquisa.

### 1.4.3 Capítulo 4

No capítulo os parágrafos que aparecem com as letras em corpo menor, recuados e entre aspas, se constituem do texto original do documento ou da tradução livre deste texto para o português, realizada pela autora desta pesquisa.

### 1.4.4 Capítulo 5

Nos itens 5.2.3, 5.3.3, 5.4.3, 5.5.3 e 5.6.3 os parágrafos que aparecem recuados e com as letras em corpo menor se constituem num resumo: 1) ou do texto original do documento; 2) ou da tradução livre deste texto para o português, realizada pela autora desta pesquisa.



## 2.1 ILUMINAÇÃO NATURAL

### 2.1.1 FONTES DE LUZ NATURAL

O sol é a fonte de luz natural de que dispõe o planeta Terra.

Recebemos a luz do sol de forma: 1) direta - radiação solar direta ou luz difusa proveniente da abóbada celeste; 2) indireta - luz proveniente da reflexão em superfícies naturais ou feitas pelo homem (MOORE, 1991, p.30).

A luz do Sol recebida na forma de radiação direta produz sombras intensas e bem definidas. Já a luz difusa, que produz sombras fracas e pouco definidas, chega à superfície da terra após se dispersar através do vapor de água e de partículas em suspensão, presentes na atmosfera (IESNA, 1995, p.359).

A relação entre a luz do sol e a luz difusa é determinada pela natureza da atmosfera e pela distância que a radiação solar percorre dentro dela: quanto maior a proporção de vapor d'água e quanto maior a distância, maior será a proporção de luz difusa (BOYCE, 2003, p.28).

Em *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*, Fuller Moore apresenta a eficácia luminosa de diferentes tipos de fontes.

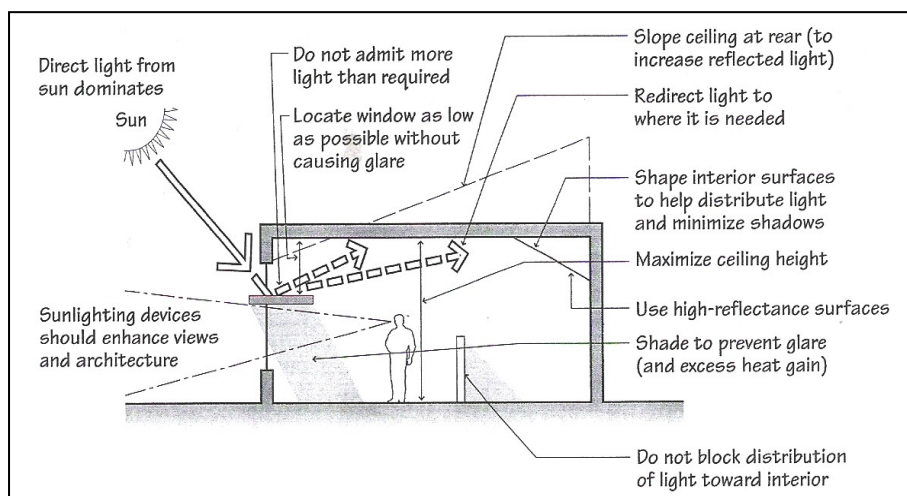
**Tabela 2-1** Eficácia luminosa de várias fontes de luz.  
Fonte: Moore, 1991

Fonte	Eficácia (lumens/watt)
Sol (altitude=7,5°)	90
Sol (altitude=25°)	117
Sol (altitude média)	100
Céu (claro)	150
Lâmpada incandescente (150 w)	16-40
Lâmpada fluorescente (40 w)	50-80
Lâmpada Vapor de Sódio	40-140

Apesar da boa de eficácia luminosa, a radiação solar direta não é desejável em ambientes de trabalho porque a quantidade de luz fornecida (podendo chegar a 100.000 lx no plano horizontal) é demasiada para a área de tarefa, ocasiona altos contrastes, e baixa uniformidade na iluminação. Acrescenta-se a estas desvantagens, os ganhos térmicos que devem ser evitados em países, como o Brasil, onde os custos com a refrigeração são maiores do que os custos com o aquecimento do ar.

No entanto, com a adoção de estratégias como as que Egan aponta em *Architectural Lighting*, a radiação solar pode ser aproveitada para a iluminação de um ambiente.





**Figura 2-1**  
 Estratégias para utilização da luz do sol na iluminação  
 Fonte: Egan; Olgay, 2002

A luz do sol recebida de forma indireta, por reflexão das superfícies onde incide, cria fontes secundárias de luz. Em locais abertos, superfícies claras tornam-se, assim, a segunda fonte mais brilhante de luz. Num dia claro, podem ser as fontes dominantes no campo de visão (EGAN; OLGAY, 2002, p.92).



**Figura 2-2**  
 Céu claro: o solo como fonte secundária dominante  
 Fonte: Autora da pesquisa, baseado em Egan; Olgay, 2002

A luz refletida do solo, revestido com materiais de cor clara, pode ser uma fonte importante de luz natural para edifícios baixos.

No caso de edifícios altos, são fontes secundárias de luz natural: as superfícies horizontais que se constituem em elementos da fachada e as superfícies verticais claras das fachadas dos prédios vizinhos iluminadas pelo sol. A luz refletida de superfícies verticais é, freqüentemente, horizontal podendo ocasionar ofuscamento, devendo ficar fora do campo de visão.

**Figura 2-3**

Céu encoberto: o céu como fonte dominante de luz direta e difusa

Fonte: Autora da pesquisa, baseado em Egan; Olgay, 2002

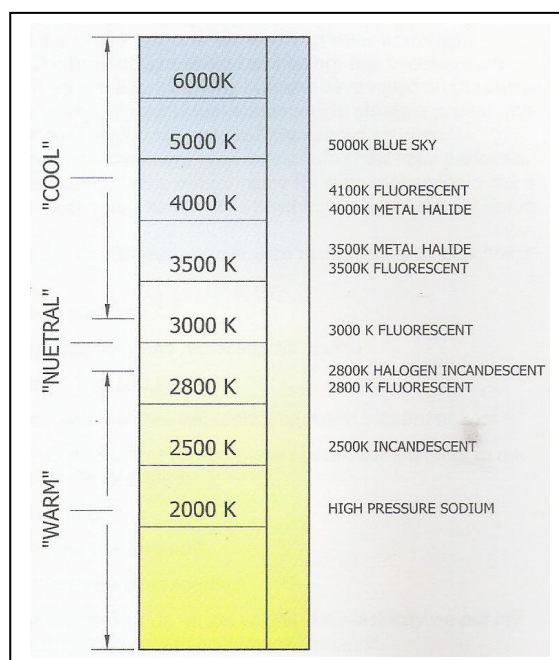


## 2.1.2 CARACTERÍSTICAS DA LUZ

### 2.1.2.1 Temperatura de Cor

A Temperatura de Cor expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. A Temperatura de Cor de uma fonte luminosa é a temperatura em Kelvin, que atinge um corpo negro até apresentar a mesma cor desta fonte luminosa.

O corpo negro usado na experiência que originou a tabela de Temperaturas de Cor é um bloco de ferro que não se liquefaz.



**Figura 2-4**

Temperatura de Cor de diversas Fontes de Luz  
 Fonte: Russell, 2008

Conceitos práticos estabelecidos a partir da escala mostrada na Figura 2-4, são muito usados para definir as lâmpadas incandescentes e fluorescentes:

2500 Kelvins: luz quente

3000 Kelvins: luz neutra

4100 Kelvins: luz fria

É conveniente observar que a Temperatura de Cor não tem relação com a temperatura de operação da fonte luminosa.

### 2.1.2.2 Índice de Reprodução de Cor

O índice de reprodução de cor de uma fonte luminosa é expresso por um número entre 0 e 100, onde 100 representa todo o espectro visível, indicando que a fonte propicia uma reprodução precisa de todas as cores.

"Uma fonte de luz com índice 100 emite todos os comprimentos de onda do espectro visível, desta forma os materiais num ambiente refletem para o olho todos estes comprimentos de onda, revelando todo o potencial de cor deste ambiente." <sup>10</sup>

Quanto mais baixo este índice, menor o número de comprimentos de onda que a fonte emite. Índices entre 60 e 70 são inaceitáveis para tarefas que envolvam decisões críticas de cor. Índices em torno de 80 significam reprodução de cor razoável. Acima de 90, a reprodução de cor é muito boa.

**Tabela 2-2**  
 Índice de Reprodução de Cor  
 de diversas Fontes de Luz expresso de 0 a 100  
 Fonte: Russell, 2008

	Luz Natural
100	Incandescente
	Halógena Incandescente
90	
	Fluorescente boa qualidade
80	LED boa qualidade
70	Fluorescente má qualidade
60	LED má qualidade
50	
40	
30	
	Sódio alta pressão
20	
10	
	Sódio baixa pressão
0	

Conhecer o Índice de Reprodução de Cor a Temperatura de Cor é necessário no entendimento das propriedades das fontes de luz. Porém, entre os dois, para efeitos de especificação de um sistema de iluminação, o Índice de Reprodução de Cor é mais

<sup>10</sup> RUSSELL, Sage. *The Architecture of Light*. La Jolla, Califórnia, Conceptnine., 2008, p51. Tradução livre do inglês.

importante: se uma fonte emite uma luz com boa reprodução de cor, torna-se uma questão de simples preferência, esta fonte ter a aparência quente ou fria.

Como exemplo, temos a luz natural que muda drasticamente sua cor aparente durante o dia conforme o horário ou as condições climáticas<sup>11</sup>, apresentando sempre, no entanto, o máximo índice de reprodução de cor.

Por outro lado, se uma fonte apresenta baixo Índice de Reprodução de Cor, é de pouca significação se a aparência da cor é quente ou fria. Muitos casos de iluminação deficiente podem ser remediados com estratégias que elevem o Índice de Reprodução de Cor das fontes; porém poucos problemas nos sistemas de iluminação podem ser resolvidos apenas com a mudança da Temperatura de Cor (RUSSELL, 2008, p.54).

### 2.1.2.3 Variabilidade

Variabilidade é uma característica da luz natural que apresenta variações de quantidade, no espectro e na distribuição sob diferentes condições meteorológicas, nos diferentes horários do dia, ao longo do ano e em diferentes latitudes. Esta característica beneficia o ritmo natural do ser humano e estimula a mente. Um dos aspectos mais negativos de uma iluminação artificial mal projetada é sua natureza estática e imutável.

"A Luz do dia é dinâmica por natureza, assim, mesmo em pouca quantidade pode ter um grande impacto no interesse e no estímulo dos usuários de um ambiente. A variabilidade da luz é tão eficiente nos estímulos mentais que muitos sistemas de iluminação elétricos tentam reproduzir mudanças similares de textura e cor ao longo do dia." <sup>12</sup>

### 2.1.3 DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

O diário e sazonal movimento aparente do sol em relação a um local específico produz um padrão previsível de quantidade e direção da luz natural. Interfere neste padrão previsível, outro, aleatório, que depende do clima, da temperatura e da poluição do ar. (IESNA, 1993, p.359)

---

<sup>11</sup> A temperatura de cor da luz do dia pode variar de 4.000 K, num dia encoberto a 40.000 K sob céu claro.

<sup>12</sup> RUSSELL, Sage. *The Architecture of Light*. La Jolla, Califórnia, Conceptnine., 2008, p109. Tradução livre do inglês.

A disponibilidade de luz natural, portanto, é função de fatores: geográficos como a latitude e a altitude; climáticos que se constituem nos fatores determinantes dos tipos de céu e sazonais.

"O movimento aparente do Sol ao longo do dia e do ano, como consequência dos movimentos de rotação e translação da terra, é semelhante ao de uma espiral quase paralela, que se desenvolve em um ir e vir do Sul para o Norte e do Norte para o Sul constante, no entanto, limitando-se ao Trópico de Câncer – latitude  $23^{\circ} 30' N$  – no Hemisfério Norte e ao Trópico de Capricórnio – latitude  $23^{\circ} 30' S$  – no Hemisfério Sul, passando duas vezes por ano sobre o Equador."<sup>13</sup>

As datas limítrofes desta trajetória, e que são usadas nos cálculos para predição de luz natural, são:

- 22 de dezembro - Solstício de Verão para o Hemisfério Sul, quando o Sol fica a pino ao meio-dia sobre o Trópico de Capricórnio.
- 22 de junho - Solstício de Inverno para o Hemisfério Sul, quando o Sol fica a pino ao meio-dia sobre o Trópico de Câncer.
- 21 de março e 24 de setembro – Equinócios, quando o Sol descreve sua trajetória em torno do Equador. Nesta data o dia e a noite tem a mesma duração – 12 horas.

Em São Paulo e em todos os locais desta mesma latitude –  $23^{\circ} 30' S$  o Sol permanece acima do horizonte por:

- 10 horas e 30 minutos no Solstício de Inverno
- 12 horas nos Equinócios
- 13 horas e 30 minutos no Solstício de Verão (FROTA, 2004, p.21)

No Brasil, localizado aproximadamente entre as latitudes  $0^{\circ}$  e  $30^{\circ}$ , a disponibilidade de luz natural é alta. Recebemos quantidades que, na condição de céu claro, podem ultrapassar os 70.000 lx ao meio-dia no Solstício de Inverno e os 100.000 lx ao meio-dia, no Solstício de Verão (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.16).

---

<sup>13</sup> FROTA, Anésia Barros. *Geometria da Insolação*. São Paulo, Geros, 2004, p15.

Dados completos de disponibilidade de luz natural para as capitais brasileiras considerando os três tipos de céu (claro, parcialmente encoberto e encoberto) foram apresentados por Scarazzato na sua tese de doutoramento.<sup>14</sup>

### 2.1.3.1 Tipos de Céu

A luz do dia apresenta variações diárias e sazonais previsíveis e mensuráveis e variações imprevisíveis que dependem da quantidade de nuvens no céu, da poluição atmosférica e de outras variações climáticas (EGAN, 1983, p.169).

De acordo com estas variações imprevisíveis a norma CIE S 011/E:2003 ISO 15469:2004 (E) classificou quinze tipos de céu.

A NBR 15215-2 apresenta três tipos de céu cujos conceitos são também utilizados para fins práticos como simulações em computador; tabelas de disponibilidade de luz natural para cálculo de iluminâncias; ou especificados em indicadores de regulamentos:

#### ▪ CÉU CLARO

Céu claro é aquele com até 30% de cobertura de nuvens; neste tipo de céu o horizonte é mais brilhante que o zênite na razão de 12 para 1 (EGAN, 1983, p.169).

"Condição na qual dada a inexistência de nuvens e baixa nebulosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro emirjam em direção à superfície da terra, conferindo a cor azul, característica do céu." <sup>15</sup>

#### ▪ CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

" Condição de céu na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto...A luminância do ponto depende da altura solar, da mesma maneira que para o céu claro padronizado. " <sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> SCARAZZATO, Paulo Sergio. *Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para cidades brasileiras*. Tese de doutoramento pela FAUUSP, São Paulo, 1995.

<sup>15</sup> ABNT. *Projeto 02:135.02-002 Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural*, ago/2003.

<sup>16</sup> idem

## ▪ CÉU ENCOBERTO

O céu encoberto apresenta cobertura total de nuvens com o sol não visível.

"Este tipo de céu resulta da reflexão/refração da luz direta do sol, para todos os comprimentos de onda, em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera. O resultado é uma abóbada cinza-claro, com a porção zenital apresentando uma luminância três vezes maior que a porção próxima à linha do horizonte..."<sup>17</sup>

Para a maioria das cidades brasileiras, inclusive São Paulo, a condição típica de céu é o parcialmente encoberto.

### 2.1.3.2 Fator de Luz Diurna

Como a iluminância interior resultante da iluminação natural varia em função das condições do céu, medidas absolutas de iluminância não são indicativas do real desempenho do edifício.

Pelo Fator de Luz Diurna tem-se a expressão da quantidade de luz natural num ponto do ambiente interno na forma de porcentagem de luz do dia incidente numa superfície horizontal desobstruída externa, considerado céu encoberto. O Fator de Luz Diurna mantém-se constante apesar das variações de luminância absoluta do céu porque é constante a distribuição de luminâncias sob céu encoberto.

"A constância do fator de luz diurna para um edifício acontece apenas sob as condições de céu encoberto; sob céu claro, o Fator de Luz Diurna pode variar com as mudanças de distribuição de luminâncias no céu conforme a posição do sol."<sup>18</sup>

Vários autores, como Susan Roaf consideram que, para os países do hemisfério norte, se o FLD exceder 5%, o ambiente parecerá bem iluminado pela luz natural; se o FLD cair abaixo de 2%, o ambiente não será considerado iluminado e a iluminação artificial deverá ser acionada (ROAF; HANCOCK 1992, p.33).

---

<sup>17</sup> idem

<sup>18</sup> MOORE, Fuller. *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. New Jersey, Van Nostrand Reinhold Corp, 1991, p22. Tradução livre do inglês.

## 2.1.4 A ILUMINAÇÃO NATURAL E O AMBIENTE DE TRABALHO

### 2.1.4.1 A importância da luz natural no ambiente de trabalho

O propósito inicial de um sistema de iluminação é promover luz e sombra onde forem necessários, mas uma iluminação de qualidade envolve muito mais que visibilidade. O uso da luz natural na iluminação de ambientes de trabalho envolve aspectos físicos, psicológicos e fisiológicos do ser humano; envolve economia e conservação da energia; e, por estes últimos fatores, envolve também, a preservação do meio ambiente.

Um bom sistema de iluminação, que considere a luz natural, significa:

#### ▪ VISTA PARA O EXTERIOR

Um ambiente de trabalho iluminado pela luz natural o é, na maioria das vezes, por aberturas laterais que promovem vista para o exterior. Estas aberturas informam sobre o clima e horário do dia e isto é para os usuários, tão importante como o nível de iluminação do interior (DETR, 1998, p.6). Com efeito, estudos mostraram que os ocupantes de um espaço podem percebê-lo como escuro mesmo que esteja bem iluminado pela luz natural, se a visão do exterior é restrita (CARBON TRUST REPORT, 2003, p.3).

Pesquisas realizadas sobre a preferência dos usuários indicaram que:

- A visão de elementos naturais é preferível àquela de objetos feitos pelo homem.
- As vistas preferidas incluem o horizonte, mas não incluem a visão de porções mais altas do céu, próximas ao zênite.
- A visão de pessoas ou de atividades é necessária àqueles confinados em edifícios residenciais ou hospitalares.
- Algumas vistas são consideradas essenciais para segurança e supervisão – tais como da porta de entrada de uma residência ou para a supervisão de crianças brincando.
- Se, em locais de trabalho tais como escritórios, existem janelas somente em uma das paredes, a área de janela deve ter no mínimo 20% da área da parede que a contém para uma profundidade máxima da sala de 8m; a área mínima de janela aumenta para 35% numa sala mais profunda do que 14m.



▫ Preferências pela privacidade variam muito entre diferentes culturas e tipos de prédios. Em alguns casos os usuários conferem menor importância à visão do exterior de modo a manter a privacidade.

É importante notar que janelas projetadas para fornecer a melhor vista devem mostrar o horizonte e abaixo deste; portanto elas podem não ser suficientes para conferir ao local a aparência de iluminado pela luz do dia, nem iluminar a área de tarefa adequadamente.”<sup>19</sup>

#### ▪ PREFERÊNCIA DOS USUÁRIOS POR AMBIENTES ILUMINADOS PELA LUZ DO DIA

A maior vantagem de uma boa iluminação é que as pessoas trabalham e se sentem melhor, com uma iluminação correta (ROAF; HANCOCK 1992, p.71). E a grande maioria das pessoas prefere um ambiente de trabalho onde é admitida a luz do dia. Evidências desta preferência podem ser encontradas em várias pesquisas já realizadas sobre este assunto ou pela simples observação do comportamento humano. A preferência por locais de trabalho iluminados pela luz natural vem sendo atribuída a diversos fatores, tais como: o índice de reprodução de cor da luz do dia, a qualidade da modelagem visual de objetos iluminados por aberturas laterais ou o simples contato com o espaço externo.

Segundo Boyce<sup>20</sup>, as tarefas visuais possuem três componentes: visual, cognitivo e motor. Cada tarefa é única na sua proporção entre estes três componentes. O efeito da iluminação no desempenho de uma tarefa específica depende da estrutura da tarefa e da importância do componente visual em relação aos componentes cognitivo e motor; assim, tarefas com componente visual muito importante serão conseqüentemente mais sensíveis as mudanças nas condições de iluminação.

A luz do dia afeta o ser humano e seu desempenho nas tarefas visuais pelo sistema visual, pelo sistema circadiano e pela percepção. O impacto sobre o sistema visual é determinado pelo tamanho, contraste de luminâncias e diferenças de cor da tarefa e a quantidade, espectro e distribuição da iluminação. O impacto da iluminação no sistema circadiano é determinado pela quantidade e espectro da luz, pelo horário e duração da exposição à luz. Sobre o sistema perceptivo, o impacto pode ser avaliado pela resposta que este sistema dispara (BOYCE, 2003, p.160).

<sup>19</sup> DETR Energy Efficiency Best Practice Programme. *Desktop guide to daylighting- for architects*. Inglaterra, 1998. p.6. Disponível em: <<http://www.cibse.org/pdfs/GPG245.pdf>>. Tradução livre do ingles.

<sup>20</sup> BOYCE, Peter R. *Human Factor in Lighting*. London, Taylor and Francis Inc, 2003, p.160

O trabalho sob a luz do dia resulta em menos stress e desconforto. A luz natural promove iluminâncias altas e permite excelente discriminação de cores, que são condições para uma boa visão.

#### ▪ ECONOMIA DE ENERGIA E PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

A iluminação é o maior uso final no consumo de eletricidade. Estima-se que represente de 5 a 19% do consumo em países industrializados e 86% em países subdesenvolvidos (BOYCE, 2003, p.497).

Espaços iluminados eficientemente, sem dúvida, promovem o uso inteligente da energia e, com isto, tornam-se um importante fator de economia.

Considerar a luz natural e integrá-la à luz artificial significa a preservação do meio ambiente não só pelo uso de energia renovável, como também pela redução da poluição. Uma das preocupações ambientais é justamente o descarte de componentes de sistemas de iluminação. Estes componentes requerem troca freqüente gerando lixo de difícil degradação (COPE, 2005, p.2).

#### 2.1.4.2 Aspectos da iluminação natural em ambientes internos

O desempenho das tarefas, o conforto dos usuários e a aparência dos espaços internos são afetados de diversas maneiras pelos aspectos da iluminação.

#### ▪ NÍVEIS E UNIFORMIDADE DE ILUMINAÇÃO

O nível de iluminação é comumente quantificado pela iluminância produzida pelo sistema de iluminação sobre o plano de trabalho.

É desejado que estes níveis sejam diferentes dependendo do tipo de tarefa a ser realizada e tabelas com estes indicadores fazem parte de muitos regulamentos.

Segundo o *Code for Interior Lighting* da CIBSE, estudos realizados mostram que, partindo-se de um nível baixo, ao se elevar a iluminância acontece, inicialmente, uma rápida melhora no desempenho das tarefas. Mas se a iluminância continua a subir, esta melhora vai se tornando menor, proporcionalmente, até cessar completamente. A experiência realizada por Saunders, em 1969, indicou este ponto de saturação em 800 lx (CIBSE, 1984, p.11).

Assim como o nível, a uniformidade de iluminâncias é importante para a área das tarefas e em relação às áreas do entorno imediato. De toda a forma, imaginar que o nível de iluminação num escritório, deva ser uniforme em todo o espaço, principalmente se este espaço representar um andar inteiro em um prédio comercial é um equívoco.

" O que é necessário é uma iluminação uniforme na área de cada tarefa, o que normalmente consiste em, relativamente, pequenas áreas em cada estação de trabalho." <sup>21</sup>

A maioria das organizações nesta área concorda que um bom projeto para iluminação de escritórios prevê uma iluminância relativamente baixa para todo o ambiente e uma iluminância mais alta na área da tarefa. O *Code for Interior Lighting* da CIBSE estabelece que a iluminação geral deva ser um terço da iluminação necessária na área da tarefa.

#### ▪ OFUSCAMENTO

Os contrastes na iluminação são importantes para um ambiente visualmente estimulante, mas contrastes excessivos entre o plano próximo e o plano de fundo da área de tarefa podem prejudicar a capacidade do olho humano de perceber os objetos e de distinguir detalhes. Isto porque o olho pode se adaptar e funcionar muito bem sob diversas intensidades de iluminação, mas não, se níveis extremos se apresentam ao mesmo tempo no campo de visão (ANDER, 2003, p.5).

Este fenômeno, denominado ofuscamento, se constitui no maior problema da iluminação natural proveniente de janelas laterais, devido ao brilho intenso percebido das aberturas, diretamente ou por reflexo.

O ofuscamento também pode ser causado pela luz natural difusa e aumenta muito quando as aberturas permitem a visão das porções mais altas do céu, próximas do zênite. Isto pode ser evitado, limitando a altura da verga da janela em áreas de tarefas críticas, sombreando a parte superior das janelas ou localizando as aberturas para iluminação a uma altura suficiente a ficarem fora do campo normal de visão (IESNA, 1995, p.368).

A iluminação artificial pode também propiciar o ofuscamento: um arranjo bastante comum em escritórios é o *layout* com divisórias baixas e com a iluminação proveniente de uma

---

<sup>21</sup> RUFFLES, Paul; The Society of Light and Lighting; CIBSE. *Lighting Guide 7: Office lighting*. Norwich, Page Bros., 2005, p7. Tradução livre do inglês.

malha de luminárias instaladas no teto. O ofuscamento pode acontecer pela fonte de luz das luminárias mais distantes ao usuário que, não encontrando a barreira de divisórias altas, chega ao campo de visão do mesmo.

#### ▪ RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

A radiação solar direta pode, por sua vez, ocasionar desconforto por ganhos térmicos e por ofuscamento direto e indireto. O projeto para o edifício de escritórios, de uma forma ideal, deveria evitar a radiação direta e completamente excluí-la da área das tarefas. O desconforto produzido pelo reflexo da radiação solar, ainda que por pouco tempo, pode levar os usuários a tomar medidas que reduzirão a admissão da luz do dia por um longo período. É comum o uso de persianas para regular a entrada de luz natural no interior dos edifícios, reduzindo a luminância da janela e, conseqüentemente, o ofuscamento. Como as persianas podem diminuir muito a admissão da luz do dia, são fatores importantes na avaliação da economia de energia pelo uso da luz natural. Os usuários não costumam ajustar as persianas regularmente e preferem as posições das aletas de acordo com a orientação da fachada: persianas em janelas que recebem a radiação solar, ainda que por algumas horas, costumam ficar sempre cerradas.

A escolha das estratégias para controle da radiação solar direta depende fundamentalmente da orientação das fachadas que possuem janelas.

De fato, fachadas orientadas para o leste ou oeste, com janelas laterais, recebem os raios solares pela manhã e à tarde, respectivamente, numa angulação baixa. Isto torna difícil a tarefa de bloquear a radiação sem também bloquear a visão e reduzir significativamente a admissão de luz natural. (EGAN; OLGAY, 2002, p.103)

Entre as duas orientações, a oeste, em se tratando de edifícios de escritórios, apresenta o maior problema. Considerando-se o horário de trabalho entre 9 e 18 hs, durante a manhã (fachada leste) temos incidência da radiação solar durante 3 horas e a ângulos maiores; já à tarde (fachada oeste), temos sol durante 6 horas no verão e 5 horas e vinte minutos, no inverno.

### 2.1.4.3 Admissão e distribuição da luz natural no ambiente

É possível se iluminar um ambiente com luz do dia de diversas formas, mas se tratando de edifícios de escritórios, as aberturas laterais se constituem no meio mais comum de admissão da luz natural.

E, no caso de janelas laterais, a quantidade de luz admitida no ambiente depende da latitude; do clima; da proporção entre as dimensões da sala; da área da abertura; do tipo de material transparente empregado; da existência ou não de algum elemento de sombreamento, obstrução ou controle da radiação.

Entre estes fatores, os que podem ser objeto de regulamentação são os itens relacionados: com a geometria das salas e janelas; com o índice de transmissão das áreas transparentes; com os elementos de sombreamento, tais como marquises e pérgulas.

#### ▪ GEOMETRIA DAS SALAS E JANELAS

Os fatores relacionados à geometria das salas e janelas influenciam grandemente a quantidade de luz natural que é admitida e a distribuição desta luz em um ambiente.

##### 1) Proporção entre as dimensões do ambiente

Segundo Egan,

“A proporção da sala e não seu tamanho, determina a distribuição da luz. Por exemplo, dada a mesma proporção de abertura, orientação e refletâncias, uma sala de 10 ft por 10 ft por 8 ft de altura terá a mesma distribuição de luminâncias que uma sala de 100 ft por 100 ft por 80 ft.”<sup>22</sup>

##### 2) Porcentagem de área de janelas

Um dos fatores determinantes é a porcentagem de área de janela em relação à área da sala. Segundo o relatório da CARBON TRUST, um ambiente interno pode parecer iluminado pela luz do dia mesmo quando a iluminação de tarefa é predominantemente artificial. Isto acontece quando a área de janelas é igual ou maior que 4% da área total do ambiente (piso, teto, paredes incluindo janelas) (CARBON TRUST, 2003, p.4). Esta regra supõe que

---

<sup>22</sup> EGAN, M. David; OLGAY, Victor W. *Architectural Lighting*. New York, Mc Graw Hill, 2002, p105. Tradução livre do inglês.

uma sala retangular sem nenhum elemento que reduza significativamente a quantidade de luz do espaço, tais como superfícies escuras, vidros com baixa transmitância ou obstruções externas altas.

Alguns regulamentos relacionam a área da abertura com a área de piso, como o Código de Edificações do Município de São Paulo que exige 15% de área de janela.

### 3) Localização e proporções das janelas

Abertura contínua ou uma linha de janelas com pequenos espaços de paredes entre elas, significam maior uniformidade na distribuição da luz natural.

### 4) Altura da sala

Aumentando o pé direito de uma sala a uniformidade de distribuição da luz natural é também aumentada, independentemente da altura da janela (EGAN; OLGAY, 2002, p.105)

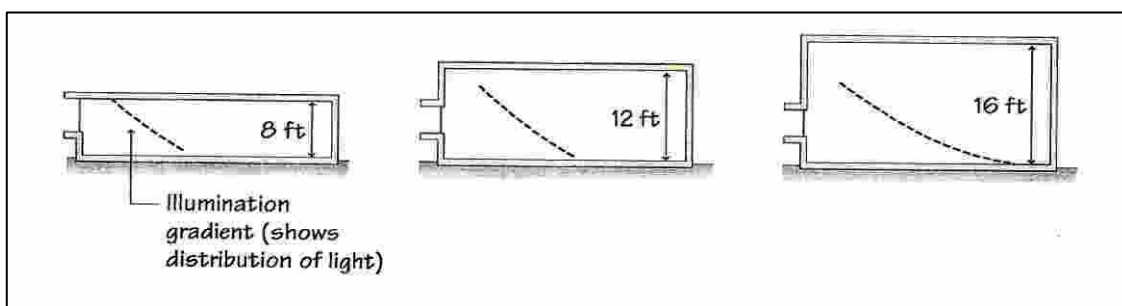


Figura 2-5 Altura da Sala X Uniformidade  
Fonte: Egan; Olgay, 2002

### 5) Profundidade da sala

Uma regra das mais conhecidas, e apresentada em diversas normas como a IESNA RP-5-99 *IES Recommended Practice of Daylighting*, é a que indica uma profundidade de sala de 1,5 vezes a altura da verga da janela como determinante da área do ambiente que pode ser considerada iluminada pela luz do dia. Se houver bandeja de luz, este limite pode ser aumentado para 2 vezes a altura da verga da janela. (ver Figura 3-1, p.63)

#### ▪ REFLETÂNCIA

A distribuição e os efeitos da iluminação num espaço interno têm uma relação direta com as propriedades de suas superfícies, principalmente a textura e a cor.

Estas propriedades estabelecem o índice de refletância da superfície. Para uma boa iluminação, as refletâncias de forro, paredes e piso devem ser consideradas desde o início do projeto.

Em espaços iluminados pelo teto, a importância da refletância do forro é diretamente proporcional à área do ambiente. Em salas grandes a contribuição da luz refletida do teto para a iluminância no plano de trabalho é grande; há que considerar, também, que o forro ocupa boa parte do campo visual (CIBSE, 1984, p.15).

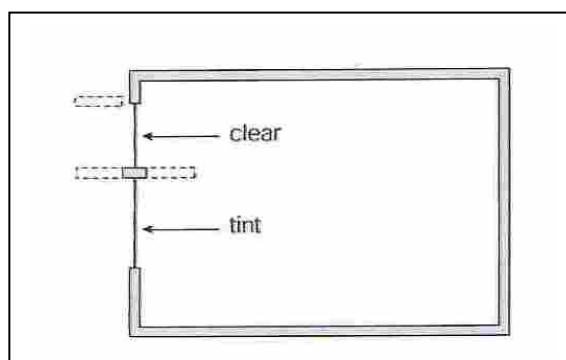
Em se tratando de iluminação natural, com janelas laterais, a importância da refletância das paredes aumenta em proporção inversa ao tamanho da sala: as refletâncias das paredes, não são muito importantes para a iluminação numa sala de grandes dimensões, exceto para a área ao lado da parede.

Nas paredes que contem as janelas, a diferença entre as luminâncias da parede e a vista através das janelas pode ser desconfortável. Em princípio, seria desejável que as paredes, principalmente as que contem as janelas, apresentassem superfícies com refletâncias altas, porem estas áreas podem desviar a atenção da área de tarefa, gerando desconforto visual e se a alta refletância da parede foi obtida por pintura brilhante, é provável a ocorrência de ofuscamento por reflexão.

#### ▪ ÍNDICE DE TRANSMISSÃO LUMINOSA

Em *Tips for Daylighting with Windows*, Jennifer O'Connor recomenda aberturas diferentes para iluminação natural e para a vista. A abertura superior, usada para a admissão de luz teria vidros com alta transmissão luminosa na parte inferior, vidros de transmissão baixa, permitiriam a vista para o exterior.

Entre os dois poderia ser instalado uma bandeja de luz.

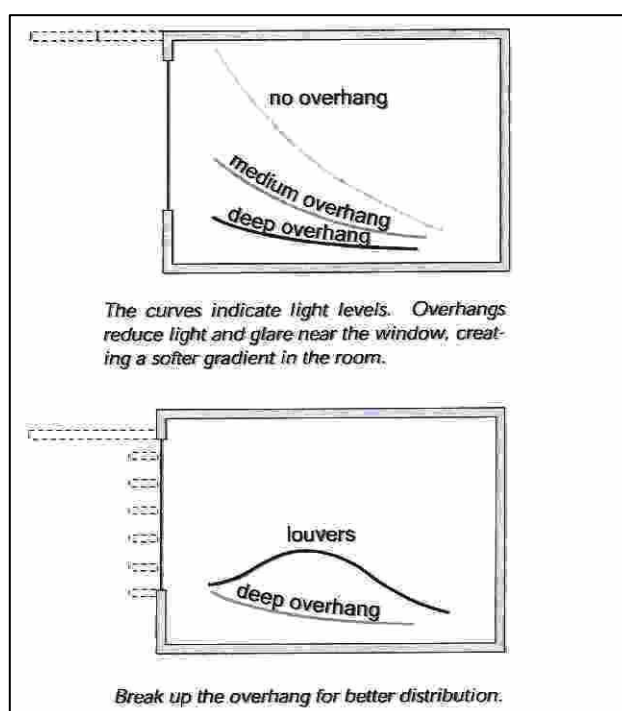


**Figura 2-6**  
Diferentes Aberturas para Luz e para Vista  
Fonte: O'Connor, 1997

▪ CONTROLE DA RADIAÇÃO DIRETA

Incorporar às janelas elementos de sombreamento evita a radiação direta e sua elevada carga térmica e suaviza os fortes contrastes da luz do dia.

O desenho de cima mostra a variação nos níveis de da iluminação em relação à profundidade da marquise. O desenho de baixo aponta para a maior uniformidade de distribuição da luz quando uma marquise é subdividida em várias de menor profundidade (louvres) (O'CONNOR, 1997, p.3-3).



**Figura 2-7**  
Efeito das Marquises na Distribuição de Luz  
Fonte: O'Connor, 1997



## 2.2 A INTERAÇÃO ENTRE ILUMINAÇÃO NATURAL E ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Para ambientes de determinadas formas e com específico tipo de distribuição de mobiliário, o fato de serem iluminados somente com a luz do dia, significa menor consumo e, conseqüentemente, o menor custo de energia. Porém para outros, e aí se incluem os escritórios, a melhor relação custo/benefício é alcançada quando a luz natural é complementada por iluminação artificial controlada.

Nos horários diurnos, a luz artificial serve para melhorar a uniformidade da iluminação reduzindo contrastes e para aumentar a iluminância na área da tarefa visual.

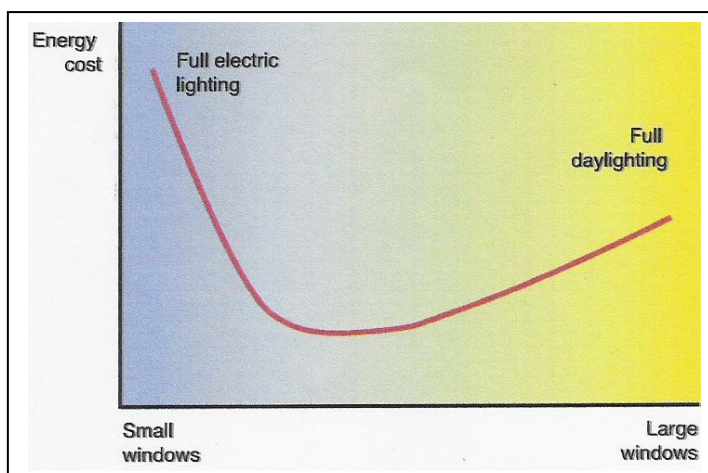
Nenhuma economia de energia é conseguida com a disponibilidade da luz natural se não houver uma integração entre esta e a luz artificial. (DETR, 1998, p.10) Na prática isto significa que durante o dia, as luminárias distantes da janela estariam sempre ligadas; as localizadas próximo das janelas seriam acionadas após o por do sol e as intermediárias seriam ligadas ou desligadas, dependendo das condições do dia ou do horário. Para isto os circuitos da iluminação artificial precisam ser setorizados em relação à distribuição de luz do dia.

Assim, quando se pensa em economia de energia em ambientes de trabalho, é fundamental considerar a luz natural e a integração desta com a luz artificial. De fato, nem a iluminação natural, nem a artificial podem ser sustentáveis ou energeticamente eficientes se não estiverem associadas.

O projeto com pé direito alto e grandes áreas envidraçadas para aumentar a luz do dia e reduzir o uso da luz artificial resulta também em maior custo da construção e aumento nos ganhos térmicos. Grandes janelas significam também a maior possibilidade de ofuscamento e radiação solar direta no ambiente o que resulta em persianas cerradas e iluminação artificial acionada. Por outro lado, com aberturas muito pequenas, a iluminação natural é pouco usada e a satisfação dos usuários tende a decrescer. A Figura 2-8 mostra que a otimização é atingida quando há a complementação da luz natural pela luz artificial durante o dia.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> CARBON TRUST ACTION ENERGY. *Daylighting*, 2003, p.3. Disponível em: < <http://www.actionenergy.org.uk> >



**Figura 2-8**  
Área de Janelas x Consumo de Energia  
Fonte: DETR, 1998

Se a iluminação artificial vai complementar a natural é importante o uso de lâmpadas com temperatura de cor em torno de 4000K para que se combine o melhor possível com a luz do dia. De toda a forma, não se consegue a perfeita integração, pois a luz do dia varia sua temperatura de cor.

Elementos fundamentais na interface entre sistemas natural e artificial de iluminação são os controles automatizados de luminárias, com acionamento através de sensores de luz do dia. Este tipo de controle garante que a iluminação artificial será acionada quando, onde e no nível em que é necessária.

Como a luz do dia não é constante, e pode mesmo apresentar grandes variações, dependendo da latitude, da estação, ou de quanto o céu está encoberto, o controle do sistema de luz artificial é necessário para que, de tempos em tempos, o sistema de iluminação seja adaptado.

De uma maneira geral, pode-se dizer que os controles aumentam o uso da luz natural; reduzem o uso da luz artificial, propiciam a economia de energia e permitem aos usuários ajustar seu nível preferido de iluminação.<sup>24</sup>

Em avaliações de pós-ocupação foi concluído que o sucesso de um sistema de iluminação projetado para economizar energia não é só determinado pela quantidade de luz admitida no ambiente (DETR, 1998, p.4); para que o sistema funcione adequadamente, é essencial um sistema de controle para a iluminação artificial de fácil acesso e utilização.

<sup>24</sup> COPE-Cost-effective Open-Plan Environment Project. *Lighting Design*. In: NRC-CNRC, Ottawa, Canada, 2004, p. 8. Disponível em: <<http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>>

A satisfação dos usuários e o consumo de energia estão relacionados; pesquisas mostraram que qualquer tipo de desconforto e não apenas o visual, pode afetar o uso correto do sistema. Pessoas com incomodadas com ofuscamento, calor excessivo ou mesmo com ruídos constantes, tendem a acionar inadequadamente os controles.

Estudos desenvolvidos pela Carbon Trust, revelam que é possível economizar mais de 50% no consumo de energia artificial para iluminação, quando a luz natural é considerada desde o projeto e a luz artificial é utilizada somente quando necessária.

Segundo Susan Roaf ter um sistema de iluminação eficiente, significa

- "(1) Seguir as normas sobre iluminação tanto em termos quantitativos como qualitativos.
- (2) Escolher o sistema de iluminação adequado.
- (3) Especificar corretamente as luminárias e outros equipamentos de iluminação.
- (4) Controlar as horas de uso da iluminação elétrica.
- (5) Providenciar manutenção adequada ao sistema." <sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> ROAF, Susan; HANCOCK, Mary, ed. *Energy Efficient Building*. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1992, p72. Tradução livre do inglês.

## 2.3 A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES

Há três tipos de documentos que regulam ou orientam o uso da iluminação natural em edifícios de escritórios:

- 1 Leis, que são de observância obrigatória e estabelecidas por ações governamentais;
- 2 Normas, desenvolvidas por associações técnicas com alcance nacional ou até internacional, representam a boa prática e podem ser usada como apoio para as leis ou na solução de problemas legais ligados à construção.
- 3 Certificações ou sistemas de avaliação voluntária que por um conjunto de pré-requisitos e exigências, conferem um selo de qualidade para prédios ou projetos.

Muitos autores como Boubekri, consideram que conquanto os regulamentos de atendimento obrigatório seriam os únicos mecanismos que poderiam otimizar o uso da luz natural nos edifícios, leis neste sentido são praticamente inexistentes (BOUBEKRI, 2004, p.63).

De fato, as únicas leis, portanto de observância obrigatória, que estabelecem porcentagens mínimas de janela em relação à área de piso, não podem ser consideradas suficientes para uma legislação sobre luz natural pois a área da janela, por si só, não assegura a conveniente admissão de luz do dia (BOUBEKRI, 2004, p.).

Temos, sem dúvida, que considerar que a regulamentação da iluminação natural é uma tarefa complexa, devido à natureza da luz do dia: seu espectro, de difícil reprodução artificialmente, faz com que a luz do dia seja uma fonte completamente diferente daquela obtida com a iluminação artificial. Devido às suas características e qualidades superiores, é necessário menor quantidade de luz do dia do que de luz artificial para realizar a mesma tarefa. A natureza da luz natural complica a regulamentação do seu uso por ser dinâmica, em constante mudança de intensidade e de propriedades de cor.

Estudos e pesquisas são realizadas em todo o mundo sobre o aproveitamento da luz do dia; com isto muitos avanços são alcançados e publicados em forma de recomendações ou normas. Não sendo tão rígidas quanto o são as leis, normas podem ser modificadas ou substituídas com mais facilidade, sempre que há um progresso no conhecimento.

As normas são documentos elaborados sob o consenso de especialistas e autoridades na área e estão fundamentados na boa prática. Este material é farto e abrange muitos aspectos da questão, porém não possuem caráter de atendimento obrigatório. A força destes regulamentos reside na possibilidade de um litígio. Qualquer um que tenha ignorado estas recomendações não se encontra apto a fundamentar sua defesa na observância da boa prática (BOYCE, 2003).

Destas organizações, as mais conhecidas internacionalmente são: CIBSE, IESNA, DIN, CIE, ASHRAE.

No Brasil temos as Normas Brasileiras, sempre consultadas em qualquer demanda e de, implicitamente, atendimento obrigatório por parte dos arquitetos e engenheiros.

Sobre, especificamente, iluminação natural ainda temos muito pouco, mas já existem grupos de estudos e pesquisa empenhados na elaboração destas normas.

Outro mecanismo de regulamentação que iniciou-se nos EUA por iniciativa da LEED, são as certificações voluntárias. Estes sistemas de certificação fizeram muito sucesso e estimularam a criação de sistemas similares em outros países. Apesar de serem de aplicação voluntária há um grande interesse, inclusive no Brasil, por parte dos atores da construção em obter tais certificações de qualidade, uma vez que este selo agrega valor à construção, aumentando seu preço de mercado.

Os requisitos das certificações LEED foram elaborados a partir de normas e recomendações conhecidas e respeitadas como as da IESNA e ASHRAE e, conquanto, a respeito de luz natural, ainda existam aspectos a serem desenvolvidos, abrangem várias questões relativas: à visão do exterior; ao bloqueio da radiação direta; à profundidade das salas, ao fator de luz diurna e à iluminância.

O fato de não serem obrigatórias, libera as certificações do demorado processo pelo qual as leis devem passar quando se faz necessária uma modificação em seus textos; a frequência com que são feitas revisões nas certificações da LEED, por exemplo, confere a estes documentos um caráter dinâmico e aberto às conclusões que as pesquisas apontam.

O uso da energia para os sistemas de iluminação é, na maioria das vezes, regulamentado pelos códigos de edificações, promulgados pelo governo federal ou estadual como nos EUA ou pelo governo das províncias como no Canadá.

Leis e incentivos fiscais com o objetivo da conservação da energia, já existem em países como os EUA e Canadá. Estes regulamentos estabelecem os requisitos mínimos que promovem os corretos princípios de projeto e o uso de sistemas eficientes de iluminação.

Dois abordagens são comuns na regulamentação do uso de energia para iluminação:

- Regulamentos que limitam a potência total instalada para os sistemas de iluminação e
- Regulamentos que apresentam requisitos mínimos de eficiência para os componentes dos sistemas de iluminação

De forma indireta estas leis promovem o uso e otimização da luz natural, pois atingir os objetivos de consumo para a iluminação requisitados, torna-se mais fácil por meio da integração entre luz artificial e luz do dia.



## 3.1 BRASIL

### 3.1.1 LEIS

No Brasil as leis sobre iluminação natural constam dos códigos de edificações estaduais e municipais.

São apresentados, neste capítulo, o Decreto do Estado de São Paulo e a Lei Municipal da Prefeitura do Município de São Paulo, ambos em vigência, no que se referem à iluminação natural nos ambientes de trabalho.

Para edifícios de escritórios, a Prefeitura do Município de São Paulo concede Alvará de Construção para projetos que estejam em conformidade com a Lei Municipal nº 11.228 de 25/06/1992 e o Decreto Regulamentador nº 32.329 de 23/09/1992. No caso de prédios industriais, além das leis da prefeitura deve ser seguido o Decreto Estadual nº 52.497 de 21 de julho de 1970. Desta forma, os setores ou prédios destinados a escritórios, que pertençam a complexos industriais devem obedecer a estas duas legislações: estadual e municipal.

A seguir a Ementa e as partes do texto que tratam de iluminação natural do Decreto e da Lei Municipal.

#### 3.1.1.1

#### **Decreto Estadual nº 52.497 de 21 de julho de 1970**

“

##### EMENTA

APROVA O REGULAMENTO A QUE SE REFERE O ARTIGO 22 DO DECRETO-LEI 211, DE 30 DE MARÇO DE 1970, QUE DISPÕE SOBRE NORMAS DE PROMOÇÃO, PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA SAÚDE NO CAMPO DE COMPETÊNCIA DA SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE.

##### TÍTULO III

Da Orientação, Insolação e Arejamento dos Prédios

Artigo 47 – Para fins de iluminação e ventilação, todo o compartimento deverá dispor de abertura comunicando-o diretamente com o exterior.

§ 1º Excetuam-se os corredores de uso privativo, os de uso coletivo até 10m de comprimento, as caixas de escadas, poços e “hall” de elevadores, devendo as escadas de uso obrigatório ter iluminação natural.



- § 2º Para efeito de ventilação, iluminação e insolação serão também considerados os espaços livres contíguos de imóveis vizinhos, desde que garantidos por recuos legais obrigatórios ou servidão em forma legal.
- § 3º Para efeito de insolação e iluminação, as dimensões dos espaços livres, em planta, serão contadas entre as projeções das saliências exceto nas fachadas voltadas para o quadrante Norte.
- § 4º Para efeito deste Regulamento e de suas Normas Técnicas Especiais, considera-se a hipótese de que exista na divisa do lote, parede com altura igual à máxima das paredes projetadas, salvo no que se referir a recuos legais obrigatórios.

Artigo 48 – Consideram-se suficientes para insolação de dormitórios, salas, salões e locais de trabalho, os espaços livres fechados, que contenham, em plano horizontal, área equivalente a  $H^2/4$  (H ao quadrado dividido por quatro), onde H representa a diferença de nível entre o teto do pavimento mais alto e o piso do pavimento mais baixo a ser insolado, sendo permitido o escalonamento.

Parágrafo único – A dimensão mínima nesse espaço livre fechado será sempre igual ou superior a  $H/4$ , não podendo ser inferior a 2m, e área mínima de 10m<sup>2</sup>, podendo ter qualquer forma desde que possa ser inscrito no plano horizontal um círculo de diâmetro igual a  $H/4$ .

Artigo 49 – Os espaços livres abertos em duas faces – corredores – quando para a insolação dos dormitórios, salas e locais de trabalho, só serão considerados suficientes se dispuserem de largura igual ou maior que  $H/5$  com o mínimo de 2m.

Artigo 53 – Não serão considerados insolados ou iluminados os compartimentos cuja profundidade, a partir da abertura iluminante, for maior que três vezes seu pé-direito, ou duas vezes e meia a sua largura, incluída na profundidade a projeção das saliências, pórticos, alpendres ou outra coberturas.

Artigo 54 – A superfície iluminante dos compartimentos deverá ser no mínimo de 1/8 da área do piso do compartimento, respeitando sempre o mínimo de 0,60 m<sup>2</sup>. A área de ventilação será, no mínimo, igual à metade da superfície iluminante. ■■

### 3.1.1.2

## **Lei Municipal nº 11.228 de 25 de junho de 1992. Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo**

### ■■ EMENTA

DISPOE SOBRE AS REGRAS GERAIS E ESPECÍFICAS A SEREM OBEDECIDAS NO PROJETO, LICENCIAMENTO, EXECUÇÃO, MANUTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES, DENTRO DOS LIMITES DOS IMÓVEIS, REVOGA A LEI 8.266/75, COM AS ALTERAÇÕES ADOTADAS POR LEIS POSTERIORES, E DAS OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

### SEÇÃO 11.1 – Classificação e Dimensionamento

Os compartimentos das edificações classificar-se-ão em “GRUPOS”, em razão da função exercida, que determinará seu dimensionamento mínimo e a necessidade de aeração e insolação naturais.

11.1.2 – Classificar-se-ão no “GRUPO B” aqueles destinados a:

- a) repouso, em edificações destinadas a prestação de serviço de hospedagem;
- b) estudo, em edificações destinadas a prestação de serviços de educação, salvo os estabelecimentos de ensino até o nível de segundo grau;
- c) trabalho, reunião, espera e prática de exercício físico ou esporte, em edificações em geral.

11.1.2.1 – Quando situados no volume “Vs”, estes compartimentos terão, preferencialmente, sua aeração e insolação proporcionadas pelo espaço livre “l”. Quando voltados unicamente para a faixa livre “A”, deverão ter sua aeração e insolação suplementadas por meios artificiais de renovação de ar e iluminação.

### SEÇÃO 11.2 - Aberturas (Portas e Janelas)

11.2.2 – As aberturas para aeração e insolação dos compartimentos poderão estar ou não em plano vertical e deverão, observado o mínimo de 0,60 m<sup>2</sup> (sessenta decímetros quadrados) ter dimensões proporcionais à área do compartimento de, no mínimo:

- a) 15% (quinze por cento) para insolação de compartimentos dos “GRUPOS A e B”;
- b) 10% (dez por cento) para insolação de compartimentos do “GRUPO C”.

11.2.3 – As proporções das aberturas poderão ser reduzidas quando se tratar de abertura zenital.

11.2.4 – As aberturas dos compartimentos dos “GRUPOS B e C” poderão ser reduzidas, desde que garantido desempenho, no mínimo similar ao exigido, pela adoção de meios mecânicos e artificiais de ventilação e iluminação.

11.2.5 – Os compartimentos classificados nos “GRUPOS A, B e C” poderão apresentar, no máximo, a partir do plano de insolação, profundidade igual a três vezes sua largura e seu pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as dimensões das aberturas para aeração e insolação forem iguais ou superiores ao dobro do mínimo necessário exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser igual a cinco vezes a sua largura e seu pé-direito. ||

### 3.1.2 NORMAS

A seguir, os números e títulos das Normas Brasileiras que tratam de iluminação com seus objetivos, conforme aparecem no texto das mesmas.

#### 3.1.2.1

##### **NBR 5382 Verificação do nível de Iluminamento de Interiores, 1977**

''

###### OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método de ensaio pelo qual se faz a verificação do nível de iluminamento de interiores, com o uso de fotômetro. ''

#### 3.1.2.2

##### **NBR 5413 Iluminância de Interiores, 1992**

''

###### 1 OBJETIVO

Esta Norma estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

###### 4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75m do piso.

4.2 No caso de ser necessário elevar a iluminância em limitado campo de trabalho, pode-se usar iluminação suplementar.

4.3 A iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor.

4.4 Recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382 ''

O item 5.3 da norma traz as iluminâncias em lux, por tipo de atividades (valores médios em serviço). São apresentados, para cada atividade, três valores sendo que o valor do meio é o que deve ser utilizado na maioria dos casos.

O valor mais alto deve ser considerado quando a tarefa é desenvolvida em condições críticas e o valor mais baixo pode ser usado no caso de refletâncias ou contrastes altos e no caso da tarefa ser executada ocasionalmente ou sem a necessidade específica de velocidade e precisão.

Para escritório, temos:

5.3.14 Escritórios		
- escritórios de:		
.registros, cartografia, etc.		750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura		750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço		300 – 500 – 750

**Tabela 3-1**

Valores de iluminâncias por tipo de atividades, em escritórios

Fonte: NBR 5413, 1977

### 3.1.2.3

#### **NBR 15215, 2005**

A NBR 15215, subdividida em quatro partes e com textos baseados em documentos produzidos pela IESNA e pela CIE, veio a uniformizar os procedimentos básicos para a consideração e avaliação da luz natural no interior e no exterior das edificações.

#### **NBR 15215-1: Conceitos Básicos e Definições, 2005.**

##### ” OBJETIVO

Esta Norma estabelece conceitos e define termos relacionados com a Iluminação Natural e o Ambiente Construído, agrupando-os em três linhas:

- a) termos gerais;
- b) componentes de iluminação natural; e
- c) elementos de controle ”

A parte 1 da norma traz conceitos básicos e cerca de 60 definições de termos gerais, componentes da iluminação natural e elementos de controle, tais como: ângulo de declinação solar, céu artificial hemisférico, átrio, clarabóia, etc.

#### **NBR 15215-2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural, 2005.**

##### ” 1 OBJETIVO

Esta Norma estabelece procedimentos estimativos de cálculo da disponibilidade da luz natural em planos horizontais e verticais externos, para condições de céu claro, encoberto e parcialmente encoberto ou intermediário.

Esta Norma é uma referência básica para desenvolvimento de ferramentas de projeto e trabalhos de pesquisa, uma vez que não é direcionada apenas para projetistas, mas também para qualquer pesquisador interessado na área.

NOTAS:

1 Os valores estimados da disponibilidade de luz natural para uma localidade qualquer, de acordo com os procedimentos apresentados nesta Norma, não devem ser entendidos como valores instantâneos, mas como referenciais para projeto. São dados obtidos por algoritmos universalmente aceitos que, por sua vez, derivam de valores medidos e de modelos estimativos desenvolvidos em diversos países ao longo de várias décadas. Os valores assim determinados apresentam boa confiabilidade, pois levam em conta aspectos da órbita solar relativa a cada latitude, dia e mês do ano, assim como distintas condições atmosféricas.

2 Os algoritmos apresentados nesta Norma podem ser utilizados no desenvolvimento de programas computacionais ¶¶

A Parte 2, estabelece procedimentos de cálculo de disponibilidade de luz natural, em função de características geográficas e climáticas.

**NBR 15215-3: Procedimentos de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos, 2005.**

¶¶ 1 OBJETIVO

Esta Norma descreve um procedimento de cálculo para a determinação da quantidade de luz natural incidente em um ponto interno num plano horizontal através de aberturas na edificação. ¶¶

A parte 3 apresenta um método gráfico de cálculo.

**NBR 15215-4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações Método de medição, 2005.**

¶¶ 1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve métodos para a verificação experimental das condições de iluminância e luminância de ambientes internos. ¶¶

Uma vez que procedimentos de verificação de iluminação são cada vez mais empregados, se fazia necessário a normatização de um método. A parte 4 da NBR 15215 regulamenta esta verificação experimental, especificamente, a verificação das condições internas de iluminação natural ou artificial, das edificações. O texto orienta questões como: quantos pontos devem ser medidos, por quanto tempo, em que períodos.

### 3.1.3 CERTIFICAÇÕES

#### 3.1.3.1

#### **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos Certificação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2006**

Em 12 de setembro de 2006, o CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - aprovou uma versão experimental da Certificação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Este trabalho é importante e decisivo na efetivação de uma regulamentação energética para o Brasil, no que se refere à iluminação natural. Até então, o que tínhamos a este respeito, eram os Códigos de Edificações Estaduais e Municipais com prescrições de área de janelas, em relação às áreas de piso dos compartimentos e as normas da ABNT com Conceitos, Terminologia, Métodos e Procedimentos de Cálculo para avaliação da iluminação natural. Com o sucesso que as certificações norte-americanas do LEED vêm alcançando, muitas das principais empresas brasileiras da construção civil, procuraram por estas certificações para obterem um Selo de Qualidade para seus empreendimentos. Nada mais apropriado, portanto, que a iniciativa do CGIEE, de estabelecer parâmetros para uma etiquetagem para o Brasil, fundamentada nas específicas condições brasileiras.

A seguir, parte do texto de apresentação e o Capítulo 3 deste documento que trata especificamente da iluminação.

#### II Apresentação

Texto com os requisitos técnicos necessários para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, visando a etiquetagem voluntária, com foco na eficiência energética para edificações comerciais e públicas. Esta regulamentação inclui três requisitos principais: eficiência e potência instalada do **sistema de iluminação**, eficiência do **sistema de condicionamento do ar** e o desempenho térmico da **envoltória** do edifício.

Este documento foi elaborado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina através do convênio ECV 007/2004 firmado com a Eletrobrás no âmbito do programa Procel EDIFICA. As discussões foram conduzidas na Secretaria Técnica e submetidas ao GT Edificações do MME que após aprovação enviou para o Comitê Gestor de Índices e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE (Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001).

### 3. Sistema de Iluminação

Escopo: Estabelece o limite de potência de iluminação interna para cada ambiente da edificação. Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Aplica-se aos espaços internos dos edifícios.

#### 3.1. Método de cálculo da densidade de potência de iluminação

- a. Determinar o índice de ambiente de cada ambiente da edificação usando a

$$\text{Eq. 3.1} \quad K = \frac{C \cdot L}{H(C+L)}$$

onde: K é o índice de ambiente (adimensional);  
 C é o comprimento total do ambiente (m);  
 L é a largura total do ambiente (m);  
 h é a altura média entre a superfície de trabalho e o plano das luminárias no teto.

- b. Obter o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação por 100lux (W/m<sup>2</sup>/100lux) em função do índice de ambiente na Tabela 3.1. Usar interpolação quando necessário.
- c. Calcular a Densidade de Potência de Iluminação obtida no projeto luminotécnico em W/m<sup>2</sup> por 100 lux de iluminância média proporcionada no ambiente ao final do período de manutenção. Para efeito dessa norma, adotar coeficiente de manutenção igual a 0,80, o que corresponde a um período de 24 meses. O nível de iluminância de projeto alcançado ao final do período de 24 meses não deve ser superior ao nível de iluminância definido de acordo com o item 3.2 acrescido de 20%.
- d. Classificar o ambiente em função dos limites estabelecidos na Tabela 3.1, de acordo com o índice de ambiente. Valores de Densidade de Potência Iluminação maiores que os limites do nível D, serão considerados de nível E (menos eficiente).

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível D)
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,43	3,86	4,32	5,57
1,00	2,34	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,91	2,79	3,11	4,01
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,88	2,38	2,57	3,31
3,00	1,74	2,31	2,46	3,17
4,00	1,74	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	1,91	2,24	2,89

**Tabela 3-2** Tabela 3.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido.

Fonte: CGIEE, 2006

Obs.: Foram adotadas as seguintes refletâncias do ambiente: Teto = 70%; Parede = 50%; Piso = 10%.

#### 3.2. Determinação do nível de iluminância de projeto

Determinar o nível de iluminação necessário para cada ambiente através do uso da NBR 5413 – Iluminância de Interiores – Item 5.3.

Da Tabela 3.2 (tabela 2 da NBR 5413) constam os valores de iluminância por classe de tarefas visuais. O uso adequado de iluminância específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 3.2 (Tabela 2 da Norma de Iluminância: a idade, a velocidade e precisão e a refletância do fundo da tarefa).

Características do observador e da tarefa	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

**Tabela 3-3** Tabela 3.2: Extraída da NBR 5413  
Fonte: CGIEE, 2006

No caso desta regulamentação, para efeito da etiquetagem, a soma destes três fatores deve ser igual a -2 ou -3 para que a iluminância inferior do grupo seja adotada. Em casos especiais onde a idade do observador for superior a 55 anos ou a velocidade e precisão da tarefa for crítica ou importante, adotar medidas locais para atender à maior exigência, por exemplo, iluminação de tarefa e aumento da refletância do fundo.

Na documentação para a entrada com o pedido de etiquetagem, deve-se demonstrar os valores selecionados, indicando a tarefa com o respectivo nível de precisão e refletância do fundo.

Devem ser excluídos do cálculo do cálculo da potência instalada da iluminação os sistemas que forem complementares à iluminação geral e com controle independente nas seguintes situações:

- Iluminação de destaque que seja parte essencial para o funcionamento de galerias, museus e monumentos;
- Iluminação contida em ou que seja parte de equipamentos ou instrumentos desde que instalada pelo próprio fabricante, como lâmpadas de refrigeradores, geladeiras, etc;
- Iluminação especificamente projetada para uso exclusivo em procedimentos médicos ou dentários e iluminação contida em equipamentos médicos ou dentários;
- Iluminação contida em refrigeradores e freezers, tanto abertos quanto fechados por vidro;
- Iluminação totalmente voltada a aquecimento de alimentos e a equipamentos de preparação de alimentos;
- Iluminação totalmente voltada ao crescimento de plantas ou sua manutenção;
- Iluminação em ambientes especificamente projetados para uso de deficientes visuais;
- Iluminação em vitrines de lojas varejistas, desde que a área da vitrine seja fechada por divisórias cuja altura alcance o forro;
- Iluminação em ambientes internos que sejam especificamente designados como um marco histórico de acordo com o IPHAN, ou outros órgãos municipais ou estaduais de competência análoga;



- j. Iluminação totalmente voltada à propaganda ou à sinalização;
- k. Sinais indicando saída e luzes de emergência;
- l. Iluminação à venda ou sistemas de iluminação para demonstração com propósitos educacionais;
- m. Iluminação para fins teatrais, incluindo apresentações ao vivo e produções de filmes e vídeos;
- n. Áreas de jogos ou atletismo com estrutura permanente para transmissão pela televisão.

### 3.3. Controle do sistema de iluminação

Para efeito de classificação da edificação, além dos limites de potência instalada estabelecidos no item 3.1, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido, conforme os requisitos abaixo:

- a. Nível A – o controle do sistema de iluminação deve atender as características estabelecidas nos itens 3.3.1, 3.3.2, e 3.3.3.
- b. Nível B – o controle do sistema de iluminação deve atender pelo menos as características estabelecidas nos itens 3.3.1 e 3.3.2.
- c. Nível C – o controle do sistema de iluminação deve atender pelo menos as características estabelecidas no item 3.3.1.

#### 3.3.1. Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de edifícios com área construída deve possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação em todos os espaços. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- a. um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário predeterminado. Uma programação independente deve ser proporcionada para áreas não maiores do que 2500m<sup>2</sup> e não mais do que um pavimento; ou
- b. um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- c. um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

#### 3.3.2. Divisão dos circuitos

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independentemente da iluminação interna do ambiente.

Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que o ocupante possa ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Para ambientes maiores do que 250m<sup>2</sup>, cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250m<sup>2</sup> para ambientes até 1000m<sup>2</sup>;
- uma área de até 1000m<sup>2</sup> para ambientes maiores do que 1000m<sup>2</sup>.

#### 3.3.3. Contribuição da luz natural

Visando aproveitar a contribuição da luz natural, em ambientes com janela voltada para o ambiente externo ou voltada para átrio não coberto ou de cobertura translúcida; e com mais de uma fileira de luminárias paralelas à janela, deverá ser instalado um controle manual ou automático para o acionamento da fileira de luminárias mais próxima à janela. ||

No que tange à iluminação artificial, a Certificação apresenta parâmetros de densidade de iluminação e controle de sistemas, cuja observância é fundamental para o bom desempenho energético do edifício.

Quanto à luz natural, o texto traz somente um parágrafo, referente à interface com a luz artificial, porém sob a forma de recomendação sem estabelecer parâmetros quantitativos. Assim, ficam disponíveis ao estudo e pesquisa itens importantes a se incorporarem ao texto da Certificação, tais como a quantidade de luz natural que os ambientes devem dispor e a admissão da luz natural e seus controles de radiação direta e ofuscamento.

## 3.2 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

### 3.2.1 LEIS

#### 3.2.1.1

#### USA Federal Government, Energy Policy Act of 2005

O *Energy Policy Act of 2005* (EPAAct2005) é a última versão de uma série de atos federais em política energética, iniciados com o que é considerado a primeira lei em energia: o *Energy Policy Act of 1992*.<sup>26</sup>

O EPAAct2005, como ficou conhecido, determina ações para a pesquisa e programas de desenvolvimento em eficiência energética e produção de energia; apresenta um programa de incentivos fiscais e estabelece o fornecimento de assistência técnica aos Estados para ajudar a implementar os requerimentos que lhes são pertinentes.

Este Ato abrange desde a geração, transmissão e distribuição de energia artificial até o consumo e a eficiência de produtos usados em iluminação, condicionamento do ar, aquecimento d'água e na envoltória dos edifícios.

Por meio deste regulamento, foram oferecidos incentivos fiscais aos empreendimentos que atendessem às exigências do programa.

As normas ASHRAE 90.1-2001 foram usadas como base para elaboração destas exigências.

A Seção 914, transcrita abaixo, trata do programa de assistência à criação de normas que visem o projeto e a construção de edifícios de alta *performance* energética.

#### " SEC. 914. BUILDING STANDARDS.

(a) DEFINITION OF HIGH PERFORMANCE BUILDING.—In this section, the term “high performance building” means a building that integrates and optimizes all major high-performance building attributes, including energy efficiency, durability, life-cycle performance, and occupant productivity.

(b) ASSESSMENT.—Not later than 120 days after the date of enactment of this Act, the Secretary shall enter into an agreement with the National Institute of Building Sciences to—

(1) conduct an assessment (in cooperation with industry, standards development organizations, and other entities, as appropriate) of whether the current voluntary consensus standards and rating systems for high performance buildings are consistent with the current

---

<sup>26</sup> GOULART, Solange V. G., LAMBERTS, Roberto. *Levantamento da Experiência Internacional. Experiência nos Estados Unidos - AET N° 03/04*. In: Universidade Federal de Santa Catarina, LABEEE. Florianópolis, 2005, p.8.

technological state of the art, including relevant results from the research, development and demonstration activities of the Department;

(2) determine if additional research is required, based on the findings of the assessment; and

(3) recommend steps for the Secretary to accelerate the development of voluntary consensus-based standards for high performance buildings that are based on the findings of the assessment.

(c) GRANT AND TECHNICAL ASSISTANCE PROGRAM.—Consistent with subsection (b) and section 12(d) of the National Technology Transfer and Advancement Act of 1995 (15 U.S.C. 272 note), the Secretary shall establish a grant and technical assistance program to support the development of voluntary consensus-based standards for high performance buildings ■■

### 3.2.1.2

#### **Department of Energy: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 10 CFR Parts 434 and 435**

Em janeiro de 1999, o Departamento de Energia dos Estados Unidos estabeleceu um regulamento de eficiência energética para novos edifícios em atendimento ao EAct1992. Este regulamento exigia do Departamento de Energia, que fossem criadas leis que atendessem, no mínimo, aos níveis fixados pela norma 90.1-1989 da ASHRAE/IESNA.

No item 401.3.2 desta lei, aparece o cálculo a ser feito para avaliação da potência instalada máxima permitida para iluminação. Estes cálculos podem ser feitos:

1) Usando a tabela 401.3.2A: multiplicar a área iluminada pelo índice relativo ao uso (no caso, escritórios) e à área do compartimento.

2) Usando a tabela 401.3.2B: multiplicar a área iluminada pelo índice relativo ao uso e pelo fator de área obtido pela fórmula da figura 401.3.2e.

A seguir, as tabelas mencionadas no cálculo da potência máxima instalada, permitida. Das tabelas, foram extraídas, e aqui transcritas, somente as informações referentes a escritórios.

TABLE 401.3.2A.—INTERIOR LIGHTING POWER ALLOWANCE W / FT <sup>2</sup>						
Building space activity <sup>1</sup>	Gross lighted area of total building					
	0 to 2,000 ft <sup>2</sup>	2,001 to 10,000 ft <sup>2</sup>	10,001 to 25,000 ft <sup>2</sup>	25,001 to 50,000 ft <sup>2</sup>	50,001 to 250,000 ft <sup>2</sup>	250,000 ft <sup>2</sup>
Offices	1.90	1.81	1.72	1.65	1.57	1.50

<sup>1</sup> If at least 10% of the building area is intended for multiple space activities, such as parking, retail, and storage in an office building, then calculate for each separate building type/space activity.  
<sup>2</sup> The values in the categories are building wide allowances which include the listed activity and directly related facilities such as conference rooms, lobbies, corridors, restrooms, etc.

TABLE 401.3.2B.—UNIT INTERIOR LIGHTING POWER ALLOWANCE	
Common area/activity <sup>1</sup>	UPD W / ft <sup>2</sup>
Office Category 1	
Enclosed offices, all open plan offices w/o partitions or w/partitions <sup>6</sup> lower than 4.5 ft below the ceiling. <sup>5</sup>	
Reading, Typing and Filing.....	1.5
Drafting.....	1.9
Accounting.....	1.6
Office Category 2:	
Open plan offices 900 ft <sup>2</sup> or larger w/partitions 1 3.5 to 4.5 ft below the ceiling.	
Offices less than 900 ft <sup>2</sup> shall use category 1 <sup>3</sup>	
Reading, Typing and Filing.....	1.5
Drafting.....	2.0
Accounting.....	1.8
Office Category 3:	
Open plan offices 900 ft <sup>2</sup> or larger w/partitions <sup>6</sup> higher than 3.5 ft below the ceiling.	
Offices less than 900 ft <sup>2</sup> shall use category 1. <sup>3</sup>	
Reading, Typing and Filing.....	1.7
Accounting.....	1.9
Common Activity Areas	
Conference/Meeting Room <sup>2</sup> .....	1.3
Computer/Office Equipment.....	1.1
Filing, Inactive.....	1.0
Mail Room.....	1.8
Unlisted Space.....	0.2

<sup>1</sup> Use a weighted average UPD in rooms with multiple simultaneous activities, weighted in proportion to the area served.  
<sup>2</sup> A 1.5 power adjustment factor is applicable for multi-function spaces when a supplementary system having independent controls is installed that has installed power ≤ 33% of the adjusted lighting power for that space.  
<sup>3</sup> Area factor of 1.0 shall be used for these spaced.  
<sup>4</sup> UPD includes lighting power required for clean-up purposes.  
<sup>5</sup> Area factor shall not exceed 1.55.  
<sup>6</sup> Not less than 90 percent of all work stations shall be individually enclosed with partitions of at least the height described.

Figure 401.3.2e—Area Factor Formula

$$10.21 (CH - 2.5)$$

where n =  $\frac{\dots}{\sqrt{Ar}} - 1$

Area Factor Formula: Area Factor (AF) = 0.2 + 0.8(1 / 0.9<sup>n</sup>)  
 Where: AF = area factor; CH = ceiling height (ft); Ar = space area (ft<sup>2</sup>).  
 If AF < 1.0 use 1.0; if AF > 1.8 use 1.8

**Tabela 3-4** Tabela 401.3.2A, Tabela 401.3.2B e Figura 401.3.2e—Potência de Iluminação Permitida  
Fonte: Department of Energy, 2000

No caso do ambiente possuir lâmpadas controladas pelos usuários, pela luz do dia ou por timer programável, a potência total instalada para iluminação, calculada de acordo com o item 401.3.2 pode ser diminuída da seguinte forma: usando-se a tabela 401.3.3, multiplica-se o Fator de Ajuste de Potência (PAF) pelas potências das lâmpadas controladas, conforme o tipo de dispositivo empregado. A primeira coluna da tabela relaciona 21 tipos de dispositivos. Esta redução tem dois limites: 1) É válida somente para a específica área iluminada pela lâmpada controlada; e 2) Somente um ajuste pode ser feito para cada espaço do edifício ou lâmpada.

Automatic control devices	PAF
(1) Daylight Sensing controls (DS), continuous dimming .....	0.30
(2) DS, multiple step dimming .....	0.20
(3) DS, ON/OFF .....	0.10
(4) DS continuous dimming and programmable timing .....	0.35
(5) DS multiple step dimming and programmable timing .....	0.25
(6) DS ON/OFF and programmable timing .....	0.15
(7) DS continuous dimming, programmable timing, and lumen maintenance .....	0.40
(8) DS multiple step dimming, programmable timing, and lumen maintenance .....	0.30
(9) DS ON/OFF, programmable timing, and lumen maintenance .....	0.20
(10) Lumen maintenance control .....	0.10
(11) Lumen maintenance and programmable timing control .....	0.15
(12) Programmable timing control .....	0.15
(13) Occupancy sensor (OS) .....	0.30
(14) OS and DS, continuous dimming .....	0.40
(15) OS and DS, multiple-step dimming .....	0.35
(16) OS and DS, ON/OFF .....	0.35
(17) OS, DS continuous dimming, and lumen maintenance .....	0.45
(18) OS, DS multiple-step dimming and lumen maintenance .....	0.40
(19) OS, DS ON/OFF, and lumen maintenance .....	0.35
(20) OS and lumen maintenance .....	0.35
(21) OS and programmable timing control .....	0.35

Tabela 3-5 Tabela 401.3.3 Fatores de Ajuste da Potência para Iluminação  
 Fonte: Department of Energy, 2000

### 3.2.1.3

#### California Energy Commission. 2005 Building Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings

As normas em conservação da energia, desenvolvidas pelo Governo da Califórnia foram incluídas neste levantamento pelo sucesso e alcance que tiveram. Estabelecidas em 1978, em resposta à necessidade de legislação que promovesse a redução do consumo de energia naquele Estado, estima-se que sua aplicação tenha promovido uma economia em energia artificial e gás natural de 36 bilhões de dólares (GOULART; LAMBERTS, 2005, p.29).

Na Seção 119 temos as exigências para instalação funcionamento de dispositivos de controle da iluminação natural ou artificial; na Seção 130, os locais e em que circunstâncias devem ser instalados os dispositivos e equipamentos para controle da iluminação.

Na seção 143, que traz as exigências para a envoltória dos edifícios, aparece, sob o item (a), o limite imposto ao tamanho das janelas para evitar ganhos térmicos:

1) As janelas da fachada oeste devem ter área menor que 40% da área bruta da fachada ou menor que o produto: 2m multiplicado pela extensão da fachada (aplica-se o resultado maior).

2) A área total de janelas menor que 40% da área bruta das fachadas ou menor que o produto: 2m multiplicado pelo perímetro das fachadas (aplica-se o resultado maior).

5. **Windows.** Windows shall:
- A. Have (1) a west-facing area no greater than 40 percent of the gross west-facing exterior wall area, or six feet times the west-facing display perimeter, whichever is greater; and (2) a total area no greater than 40 percent of the gross exterior wall area, or six feet times the display perimeter, whichever is greater;

Ainda nesta seção, a Tabela 143-F relaciona a área necessária de *skylights* com a densidade de potência instalada para iluminação e a abertura efetiva de *skylights*. A abertura efetiva é calculada pela fórmula 146-A.

TABLE 143-F MINIMUM SKYLIGHT AREA TO DAYLIT FLOOR AREA OR MINIMUM SKYLIGHT EFFECTIVE APERTURE IN LOW-RISE ENCLOSED SPACES > 25,000 FT <sup>2</sup> DIRECTLY UNDER A ROOF		
General Lighting Power Density in Daylit Areas Area (W/ft <sup>2</sup> )	Minimum Skylight to Daylit Area Ratio	Minimum Skylight Effective Aperture
1.4 W/ft <sup>2</sup> ≤ LPD	3.6%	1.2%
1.0 W/ft <sup>2</sup> ≤ LPD < 1.4 W/ft <sup>2</sup>	3.3%	1.1%
0.5 W/ft <sup>2</sup> ≤ LPD < 1.0 W/ft <sup>2</sup>	3.0%	1.0%

**Tabela 3-6** Tabela 143-F— Relação entre a densidade de potência instalada para iluminação, a área necessária de *skylights* e a abertura efetiva de *skylights*  
Fonte: California Energy Commission, 2005

EQUATION 146-A – EFFECTIVE APERTURE OF SKYLIGHTS	
Effective Aperture =	$\frac{0.85 \times \text{Total Skylight Area} \times \text{Glazing Visible Light Transmittance} \times \text{Well Efficiency}}{\text{Daylit Area Under Skylights}}$

**Quadro 3-1** Equação 146-A - Abertura efetiva de *skylights*  
Fonte: California Energy Commission, 2005

Sob o item (b) da Seção 146, são mostradas, em tabelas, as densidades máximas de potência instalada para iluminação, conforme o uso e o método de cálculo empregado.

Para escritórios, podem ser utilizados dois dos três métodos apresentados:

1) *Complete Building Method*: emprega a área total do prédio e pode ser usado quando o mesmo abrigar apenas uma categoria de uso. No caso de edifício de escritórios, calculada a área por este método, a Tabela 146-B aponta a densidade de 1,1 W / ft<sup>2</sup>.

2) *Area Category Method*: por este método, as áreas são separadas por usos distintos e a potência total permitida será a soma das potências de cada área. Para escritórios, a Tabela 146-C indica a densidade de 1,2 W / ft<sup>2</sup>.

### 3.2.2 NORMAS

#### 3.2.2.1

##### **IESNA RP-5-99 IES Recommended Practice of Daylighting**

Este guia foi publicado pela primeira vez em 1949, e atualizado em 1978. Da edição de 78 até esta de 99, a pesquisa em iluminação avançou muito: os efeitos da luz natural sobre o ser humano; o advento do computador nos escritórios; a necessidade de estudar a iluminação não só no plano horizontal como também no vertical; o desenvolvimento de vidros com transmissão seletiva do espectro luminoso são todos acontecimentos destes vinte anos. Esta edição da RP atualizou as recomendações segundo os resultados das pesquisas e avanços da tecnologia e focou-se nos projetos para o aproveitamento da luz natural e para o eficiente uso da iluminação artificial, deixando a parte de procedimentos de cálculo para outras publicações da IESNA.

A RP-5-99 reúne de forma clara e concisa todos os aspectos da iluminação natural. Vem sendo utilizada como guia para projetos, para o ensino e para a elaboração de leis e normas.

Os capítulos são:

- 1) Introdução
- 2) Considerações sobre Fatores Humanos na Iluminação Natural
- 3) Características da Luz Natural
- 4) Considerações sobre os Efeitos da Luz Natural nos Materiais e Plantas



- 5) Desenvolvimento e Implementação de Projetos de Iluminação Natural
- 6) Sistemas de Luz Natural
- 7) Integração entre Luz Artificial e Luz do Dia
- 8) Economia de Energia com o Uso da Iluminação Natural
- 9) Análise de Custo para Sistemas de Iluminação Natural

Praticamente todo o texto desta norma é importante num estudo sobre iluminação natural; serão transcritos, a seguir, os itens mais relevantes e que se aplicam à iluminação natural em edifícios de escritórios.

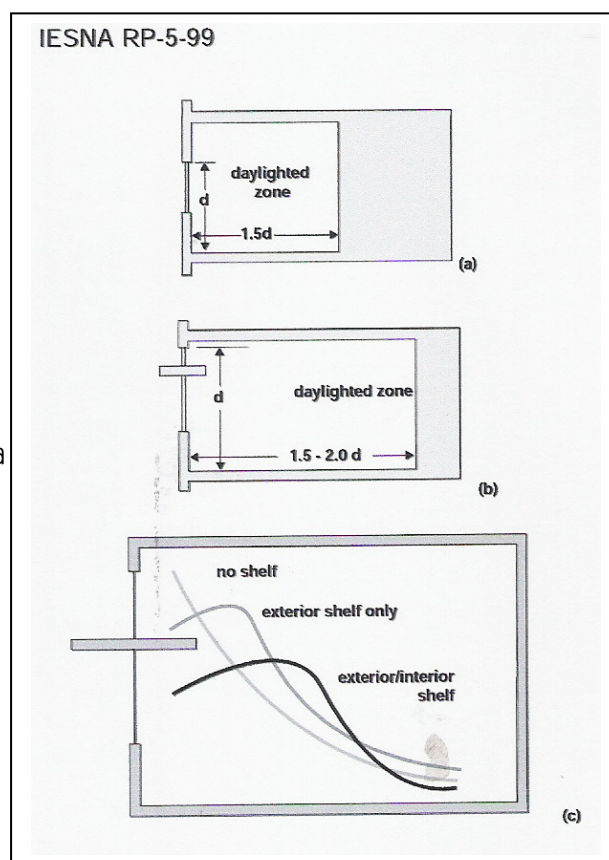
Sob o item 1.1 da Introdução, aparece uma relação de tópicos considerados essenciais à primeira abordagem num projeto de Iluminação Natural que vise à conservação da energia:

"1) Planejar os espaços internos para o acesso da luz do dia

Ao iluminar escritórios com janelas, uma janela contínua de no mínimo 1m de altura é recomendado. "

A Figura 3-1 mostra em (a) que a luz do dia é aproveitável num compartimento com profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela. Uma bandeja de luz pode aumentar este limite para 2 vezes a altura da verga da janela (b). A bandeja de luz diminui a as iluminâncias junto à janela, favorecendo a uniformidade da iluminação natural (c).

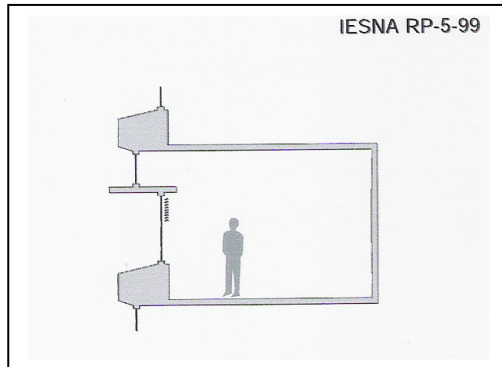
**Figura 3-1** Relação entre altura da verga e profundidade do compartimento.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999



"2) Minimizar a radiação solar direta próximo de tarefas visuais críticas"

Evitar excessivos ganhos térmicos e ofuscamento provenientes da radiação solar direta com o uso de protetores solares externos ou, como mostrado na Figura 3-2, por meio de

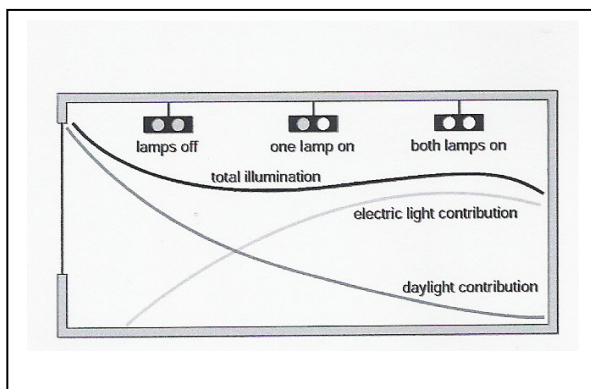
bandeja de luz. Esta estratégia ao mesmo tempo em que propicia uma abertura adicional, admitindo a luz do dia, exclui a radiação direta no plano de trabalho.



**Figura 3-2** Janela com bandeja de luz.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999

"3) Projetar espaços de modo a minimizar o ofuscamento"

"4) Setorizar a iluminação artificial para que seja controlada por sensores de luz do dia"



**Figura 3-3**  
Interface entre iluminação natural e artificial.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999

A instalação das luminárias em linha, e com controles separados para cada linha, de acordo com a proximidade das janelas, permite o acionamento setorizado da iluminação, conforme a disponibilidade da luz natural.

"5) Prever controles de acionamento da luz artificial por sensores de luz do dia  
Prever acionamento e dimerização da iluminação artificial, por meios manuais ou automáticos, em resposta a disponibilidade de luz natural. "

"6) Providenciar a verificação e manutenção de todos os controles automáticos"

"Garantir: que o desempenho do sistema instalado esteja de acordo com as especificações; que o sistema esteja calibrado; e que a manutenção seja realizada adequadamente. "

#### "1.2 Considerações Básicas em Iluminação Natural

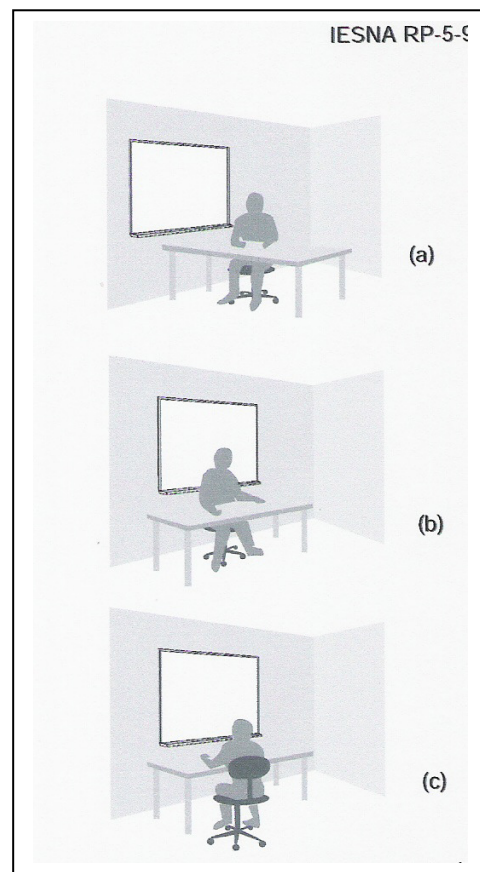
As variações da luz do dia são um atrativo e um desafio para os projetistas. A luz natural é admitida nos edifícios por várias razões:

- A luz do dia é grandemente apreciada como uma fonte estimulante de luz devido às variações que expressam os horários ao longo do dia, as estações e as condições do tempo.
- A luz do dia está associada com a visão do exterior e é uma consequência das aberturas que fornecem esta visão.
- A luz do dia pode ser usada para melhorar a eficiência energética nos edifícios.
- Em alguns projetos é possível obter níveis de iluminância com a luz natural que seriam considerados proibitivos com a iluminação artificial.
- As pessoas estão acostumadas com a reprodução de cor que a luz do dia proporciona, bem como com seu espectro."

### "2.3 Conforto Visual

Os problemas com o ofuscamento aumentam à medida que se aproxima do centro do campo de visão ou quanto mais crítica for a tarefa. A posição mais confortável é usualmente perpendicular à parede que contem a janela.

A posição em relação à janela é importante para o conforto visual. A posição mais confortável é a da janela localizada ao lado do usuário (a) com a tarefa bem iluminada e com a fonte de luz, fora da direção da linha de visão. Sentar com a janela às costas (b) significa que o usuário pode fazer sombra sobre a tarefa. Está-se sendo usado um computador, sua tela pode refletir a luz da janela. Quando o usuário senta de frente para a janela (c), grandes contrastes aparecem. É muito cansativo para a visão ter ambos, a janela fortemente iluminada e uma tarefa relativamente escura, no mesmo campo de visão. "



**Figura 3-4**  
Posição da mesa em relação à janela.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999

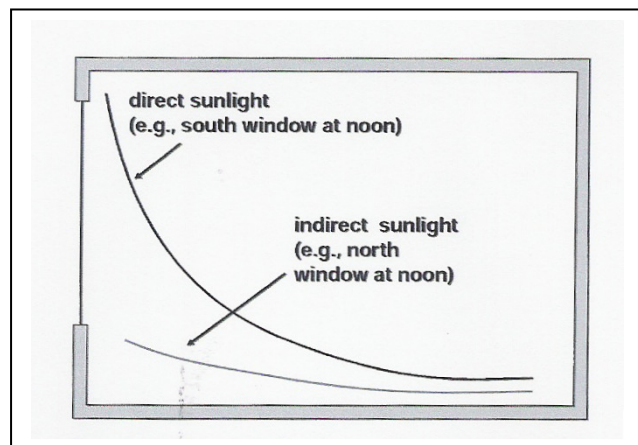
## "2.8 O usuário e as Proteções Internas Ajustáveis

Descobriu-se que muitos usuários de escritórios com persianas nas janelas, preferiam fixar a posição das aletas no lugar de ajustá-las conforme as condições ao longo do dia ou a estação. Aparentemente esta preferência visa excluir a radiação solar direta. Uma consequência é o provável insucesso na esperada economia de energia com o uso da luz do dia. É melhor projetar janelas e sistemas de proteção para um bom desempenho independente da intervenção humana. "

## "6.1 Sistemas de Iluminação Lateral

Sistemas de iluminação lateral se constituem num desafio porque a fonte de luz está perto, ou na direção do campo de visão e porque a iluminância declina em proporção geométrica à medida que aumenta a distância até a parede que contém a janela.

Cuidados devem ser tomados quanto ao ofuscamento que resulta destas condições. A penetração da luz do dia através de aberturas laterais é especialmente sensível aos efeitos das divisões do espaço e colocação dos móveis. Divisórias paralelas à parede que contém a janela, e com altura de 1,6m ou mais, reduzirão a luz do dia a níveis abaixo dos utilizáveis, em espaços com



**Figura 3-5**

Penetração da luz do dia em relação à profundidade.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999

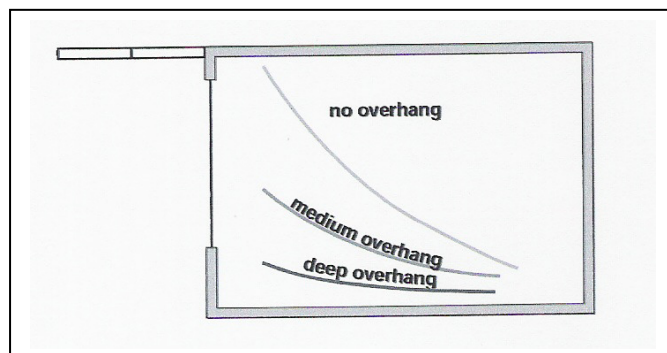
2,8m de pé direito. Para pés-direitos mais altos, os efeitos das divisórias e dos móveis na iluminação natural devem ser calculados ou checados por medições em modelo reduzido. "

### "6.1.1 Sistemas Básicos. "

"Janela simples. Para um pé-direito de 3,3m, com verga da janela na mesma altura, os últimos 0,6m da janela contribuem com mais de um terço da luz natural que chega ao plano de trabalho. Por esta razão, a verga das janelas são freqüentemente colocadas próximas do teto, ainda que o aumento de exposição às áreas mais altas do céu possa também aumentar o ofuscamento. Para evitar iluminâncias da luz natural variando, num

espaço, mais do que 25:1, considera-se o limite de profundidade da zona iluminada pela luz do dia como sendo duas vezes a altura da verga da janela. "

"Janela com marquise. Marquises são mais efetivas próximo do equador (de 0 a 30 graus de latitude) onde conseguem evitar a radiação direta sobre o plano de trabalho na maior parte do ano. Marquises também podem fornecer sombra adequada durante o verão em latitudes entre 30 e 40 graus. "



**Figura 3-6**  
Distribuição de luz natural em relação ao tamanho da marquise.  
Fonte: IESNA IES RP-5, 1999

"Marquises reduzem a luz e o ofuscamento próximo às janelas, criando uma suave variação no ambiente. Na Figura 3-6, as curvas mostram os níveis internos de luz em três diferentes condições de marquise. "

"Janela com bandeja de luz. Bandejas de luz são sistemas de sombreamento fixos internos e/ou externos, usados em conjunto com envidraçamento acima da altura usual de janelas. Por mascarar a parte de cima da esquadria, a bandeja de luz permite o uso de uma janela relativamente alta ao mesmo tempo em que as gradações de iluminância são reduzidas (o efeito é similar ao do uso de marquise). Bandejas de luz reduzem as iluminâncias no plano de trabalho, próximo à parede da janela significativamente mais do que reduzem as iluminâncias próximas à parede do fundo, Esta característica causa uma melhor uniformidade na iluminação. Bandejas de luz funcionam melhor com tetos altos: 3m ou mais. Em escritórios, bandejas de luz devem se localizar acima do nível dos olhos para evitar o ofuscamento (no mínimo 2m acima do piso). A distância entre o forro e a superfície superior da bandeja, deve permitir a difusão pelo teto da luz que ela reflete. Uma distância de no mínimo 0,6m deve ser prevista. Nas latitudes Norte, protetores solares adicionais podem ser necessários, acima da bandeja de luz para evitar a radiação solar direta sobre as áreas de tarefas críticas mais distantes da janela. "

## "8. Economia de Energia pela Iluminação Natural

O potencial de conservação de energia dos sistemas de iluminação natural deve ser considerado em relação à diminuição das densidades de potência de iluminação e à economia possível em, simplesmente, apagar as luzes em áreas desocupadas. Os padrões de ocupação durante o dia e a resultante necessidade de iluminação, são fundamentais nos resultados alcançados com a iluminação natural. Uma estimativa realista de economia é importante na avaliação custo-benefício de qualquer estratégia de controle. "

"Estudos recentes mostraram que os trabalhadores ficam fora dos seus escritórios 30-70 por cento do tempo, durante as horas de trabalho. Mas devido ao tempo de atraso dos sistemas de controle de ocupação, somente cerca de 80 % da economia potencial, é efetivamente conseguida com os controles de presença. "

"A monitoração da luz do dia conectada a sistemas de dimerização em locais com janelas simples, indicam uma redução no uso anual de eletricidade de cerca de 30 por cento em relação a espaços nos quais a iluminação artificial foi usada durante as horas com disponibilidade de luz natural. Esta redução é menor do que os cálculos prévios indicavam devido à ação dos ocupantes que excluíram a luz do sol e ao fraco desempenho dos sistemas de controle de iluminação com sensores de luz do dia. "

"Em resumo, o potencial de redução da energia gasta com iluminação num sistema de luz natural, será função de:

- O padrão de ocupação durante o dia.
- A densidade de potência instalada para iluminação.
- As horas em que efetivamente é aplicada a iluminação natural potencial.
- A relação anual entre as horas do dia com disponibilidade de luz natural, com as horas do dia em que o espaço é ocupado.

Todos os lugares do planeta recebem igual número de horas com iluminação natural, por ano. No entanto, aumentando a distância ao equador, a distribuição de horas de iluminação natural entre verão e inverno, se torna progressivamente desigual. Para prédios que operam por muitas horas todos os dias, a fração de horas de trabalho nas quais a iluminação natural é adequada podem nivelar-se ao longo do ano. Para prédios, onde a ocupação segue o dia normal de trabalho, o maior número de horas com iluminação

natural no verão não irá compensar a necessidade de iluminação artificial, na média dos dias do ano.

- O uso que os ocupantes fazem das proteções internas.
- A eficácia do sistema de controle de iluminação artificial, tanto manual como automático. "

#### "8.2 Economia de Energia Artificial Secundária devida à Iluminação Natural

Em climas quentes, a redução do uso de eletricidade para iluminação pode vir acompanhada por substanciais reduções em energia necessária para resfriamento do ar. Por outro lado, em climas frios, a iluminação natural pode propiciar o aumento dos ganhos térmicos, economizando o consumo do sistema de aquecimento. "

##### "8.3.1 Economia de Energia com Controles Automáticos.

A Norma ASHRAE-IES 90.1-1989 fornece uma estimativa da redução no uso da energia com o uso de diversas estratégias de controle. A economia depende de fatores tais como a qualidade do equipamento e o controle de ofuscamento (se as persianas são acionadas para excluir a luz do sol, a economia no uso da luz artificial pode ser mínima)."

##### "8.3.2 Economia de Energia com Controles Manuais.

Os espaços iluminados com luz natural que conseguiram os mais baixos índices de consumo de eletricidade, o fizeram com controles manuais. No entanto, ocorre muitas vezes, que os usuários acionam a luz artificial mesmo quando a luz natural é adequada. Uma possível solução seria a adoção de sistemas de acionamento manual que são desligados por sensores de presença."

### 3.2.2.2

#### **ASHRAE Standard 90.1-2004**

A primeira norma da série 90 foi publicada em 1975. Revisões desta edição foram lançadas em 1980, 1989 e 1999, seguindo as atualizações periódicas da ANSI (American National Standards Institute) e da ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers). Em cada uma destas revisões a norma 90 foi publicada na íntegra.

Como as pesquisas em energia e a tecnologia envolvida têm mudado muito rapidamente, foi adotado o procedimento de publicar adendos à norma completa, cada vez que isto se

fizesse necessário. Porém, para que houvesse uma sistematização, a partir de 2001 e a cada três anos, é elaborada uma edição completa, reunindo adendos e erratas do período.

Esta norma é usada como parâmetro no sistema de avaliação do LEED. No capítulo 9, encontram-se as tabelas para o cálculo da potência instalada permitida, para iluminação. Este cálculo pode ser feito por dois métodos que a norma apresenta:

1) Pelo *Area Method*, a área bruta do pavimento é multiplicada pela densidade permitida conforme o uso (Tabela 9.5.1). No caso de escritórios, a densidade permitida é  $11\text{ W / m}^2$ .

Building Area Type <sup>a</sup>	Lighting Power Density (W/m <sup>2</sup> )
Automotive Facility	10
Convention Center	13
Court House	13
Dining: Bar Lounge/Leisure	14
Dining: Cafeteria/Fast Food	15
Dining: Family	17
Dormitory	11
Exercise Center	11
Gymnasium	12
Healthcare-Clinic	11
Hospital	13
Hotel	11
Library	14
Manufacturing Facility	14
Motel	11
Motion Picture Theater	13
Multi-Family	8
Museum	12
Office	11
Parking Garage	3
Penitentiary	11
Performing Arts Theater	17

**Tabela 3-7**

Table 9.5.1 (parcial) Densidade de Potência para Iluminação Usando o Método Área do Edifício  
Fonte: ASHRAE, 2004

2) Já pelo *Space-by-Space Method*, é calculada a área de cada compartimento (medida pelo eixo das paredes divisórias) e multiplicada esta área, pela densidade encontrada na tabela 9.6.1, conforme o uso. A soma das potências de todas as áreas resultará na potência total permitida para iluminação. No caso de escritórios a Tabela (9.6.1) indica  $12\text{ W / m}^2$ .



Common Space Types <sup>a</sup>	LPD (W/m <sup>2</sup> )	Building Specific Space Types (Continued)	LPD (W/m <sup>2</sup> )
Office-enclosed →	12	Fire Stations	
Office-open plan →	12	Fire Station Engine room	9
Conference/ Meeting/ Multipurpose	14	Sleeping Quarters	3
Classroom/ Lecture/ Training	15	Post Office - Sorting Area	13
For Penitentiary	14	Convention Center - Exhibit Space	14

**Tabela 3-8**

Table 9.6.1 (parcial) Densidade de Potência para Iluminação Usando o Método Espaço por Espaço  
Fonte: ASHRAE, 2004

### 3.2.2.3

#### IESNA Lighting Handbook Reference & Application, 8th Edition

O Lighting Handbook da IESNA com suas 800 páginas é um livro de referência nas questões de iluminação.

Dois capítulos são particularmente interessantes para este trabalho: 8 *Daylighting* e 15 *Office Lighting*. No capítulo 8, são tratadas questões teóricas como: fonte e disponibilidade de luz natural; efeitos da iluminação natural sobre o ser humano, materiais e plantas; projeto e sistemas para a iluminação natural; cálculo e medição da luz natural. O capítulo 15 trata da iluminação e o trabalho em escritórios, em tópicos:

- A importância da iluminação no ambiente do escritório.
- O ambiente luminoso.

Neste item é fornecida uma tabela com as proporções recomendáveis entre os valores de luminâncias de áreas do escritório, de modo a evitar o ofuscamento:

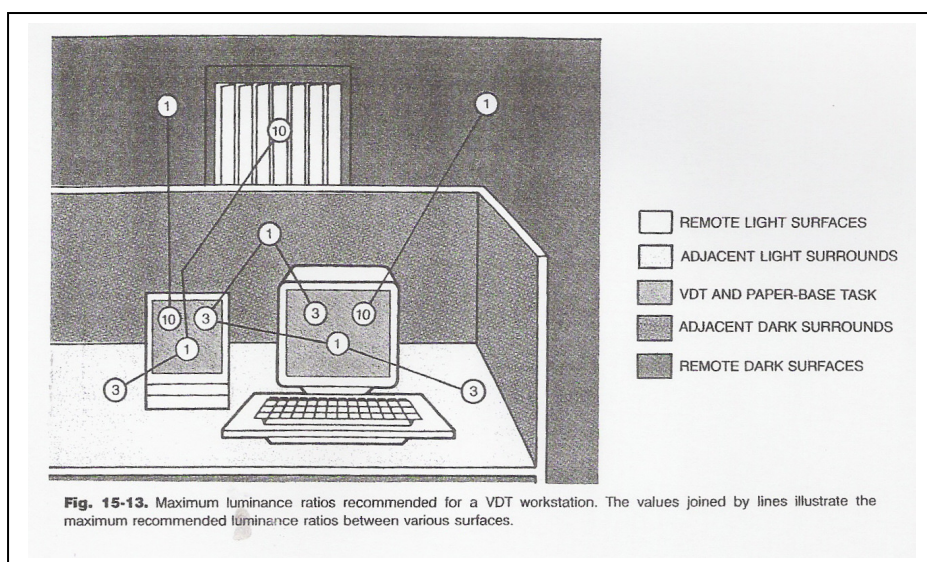
Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

**Tabela 3-9**

Relação das luminâncias entre áreas do escritório  
Fonte: IESNA, 1995

- Considerações sobre tarefas visuais
- O efeito psicológico da iluminação em escritórios
- Considerações sobre economia e energia. Sobre consumo e economia, são listados três fatores cuja ocorrência determina o desperdício de energia:

- 1) A iluminação é acionada quando não necessária (controle de iluminação inexistente ou inadequado).
  - 2) O sistema de iluminação é ineficiente ou de baixa qualidade.
  - 3) A quantidade de iluminação excede àquela necessária.
- Para os controles de iluminação, tanto manuais como automáticos, é recomendado:
    - 1) Cada escritório ou área separada deve ter seu próprio interruptor.
    - 2) Em grandes espaços abertos, as áreas de trabalho devem ser agrupadas e possuírem controles em separado.
    - 3) Quando luminárias com 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes são usadas, as luminárias adjacentes devem ser instaladas em circuitos alternados.
    - 4) Quando são usadas luminárias de três lâmpadas, a lâmpada do meio deve ser conectada a um circuito separado das outras duas.
    - 5) No caso de luminárias com quatro lâmpadas fluorescentes, as duas do meio devem ser conectadas a um circuito separado das duas de fora.
    - 6) Considerar a dimerização quando reatores eletrônicos são usados.
    - 7) Circuitos separados para áreas de trabalho com altas iluminâncias.
    - 8) Luminárias ao longo das paredes com janelas devem ser acionadas separadamente.



**Figura 3-7**

Relações máximas recomendadas entre luminâncias, para estação de trabalho com monitor.

Fonte: IESNA, 1995

- Projeto de iluminação para áreas específicas dos escritórios.
- Escritórios com telas de vídeo de computadores.

A tabela a seguir indica as luminâncias médias recomendadas e luminâncias máximas, para luminárias usadas em iluminação direta de um ambiente com terminais de computador, em relação ao ângulo com a vertical.

**Fig. 15-16. Recommended Preferred and Maximum Average Luminance for Luminaires Used in the Direct Lighting of a VDT Environment**

Angle from Vertical (deg)	Average Luminance,* cd / m <sup>2</sup>	
	Preferred	Maximum
55	850	—
65	350	850
75	175	350
≥ 85	175	175

\*Luminance is measured along the lengthwise, crosswise and 45° horizontal planes.

**Tabela 3-10**

Luminâncias médias recomendadas e luminâncias máximas para luminárias em iluminação direta - ambientes com terminais de computador

Fonte: IESNA, 1995

#### 3.2.2.4

#### Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006

Este documento descreve os critérios a serem utilizados em projetos de iluminação para os prédios e instalações do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Consta de um conjunto de diretrizes que visam iluminação eficiente e que propiciem redução no consumo de energia.

Esta versão, elaborada em 2006, foi incluída neste trabalho por duas razões:

1) Inclui a luz natural como uma importante fonte de luz.

Atualiza os critérios de iluminação segundo as Normas da IESNA, mais especificamente a 9ª edição do *Lighting Handbook*, que enfatiza os tópicos ofuscamento e uniformidade como fundamentais, juntamente com os critérios de iluminância, para um ambiente adequadamente iluminado.

2) No capítulo 4, são apresentadas recomendações para a otimização do uso da luz do dia, por:

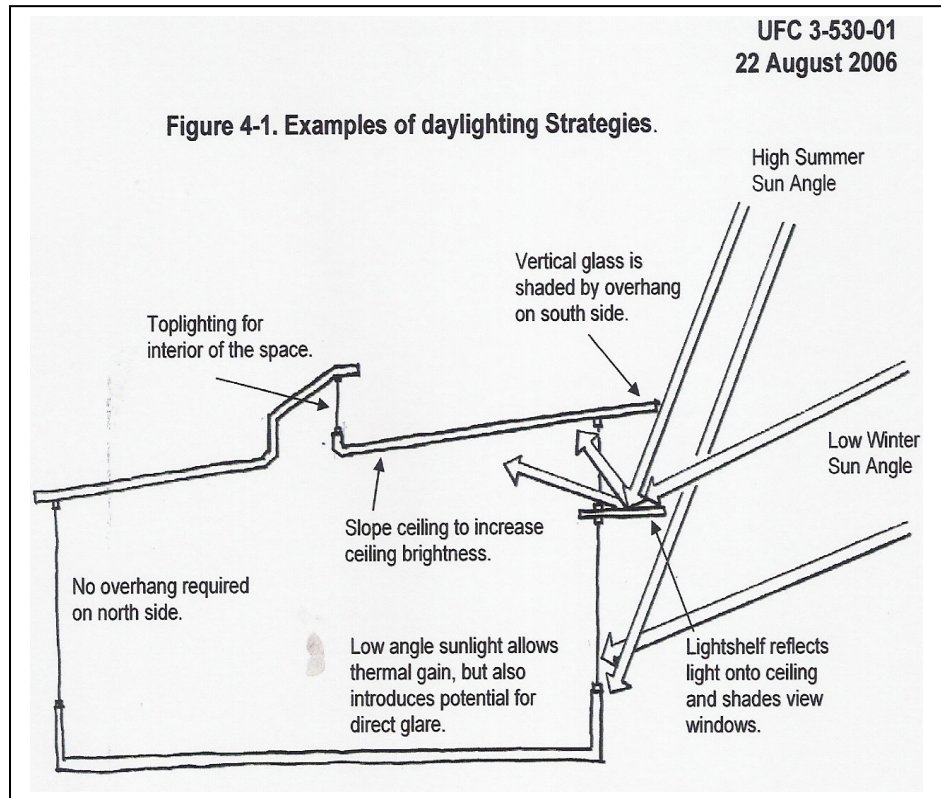
- dimerização e controle do sistema elétrico, em resposta à disponibilidade de luz natural: suplementação da luz natural e não a duplicação desta, pela luz artificial.
- janelas localizadas nas faces norte e sul.
- pés-direitos altos para maior a profundidade de penetração da luz do dia.
- janelas altas para aumentar a penetração da luz.

- bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- instalação de dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, no nosso hemisfério).
- dispositivos manuais de controle da luz para as janelas com orientação sul (norte).  
Persianas horizontais controlam melhor a luz desta direção.
- dispositivos manuais de controle da luz para as janelas com orientação leste e oeste.  
Persianas verticais controlam melhor a luz destas direções.
- uso de vidros que maximizem a transmissão luminosa nas aberturas tipo shed (70 ou mais).
- uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.
- uso de vidros com baixo coeficiente de ganhos térmicos (50% ou menos).
- uso de vidros transparentes. Não usar vidros com películas coloridas ou reflexivas.
- uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar e diminuir os contrastes com a luz natural.
- evitar obstruções à luz do dia tais como muros próximos ao perímetro do edifício.
- janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem contrastes desconfortáveis e o ofuscamento que deles resulta.
- 0.09 m<sup>2</sup> (1 sq ft) de abertura no teto podem fornecer 10 vezes a iluminação que uma abertura lateral fornece, ainda que não sirva para a visão do exterior.
- afastar os *skylights* uma vez e meia a dimensão do pé-direito para uma iluminação bem distribuída.
- *skylights* com área entre 2 e 9% da área do piso dependendo do clima.

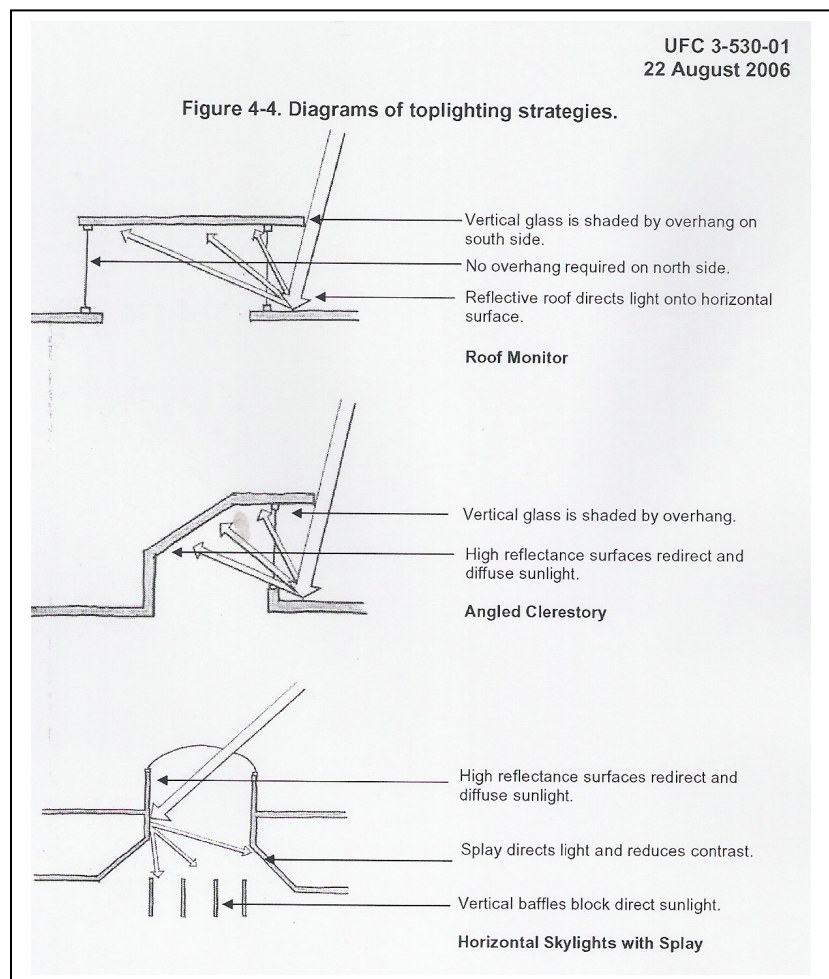
**Tabela 3-11**  
 Comparação de tipos de vidros  
 Fonte: UFC, 2006

**Table 4-1. Comparison of glass types. (from AlpenGlass Heat Mirror)**

Sample Glass Types	Total Daylight Transmittance %	Solar Heat Gain Coefficient
Clear Double Insulating Glass (1/8" thick)	81	0.75
Laminated Glass (1/2" clear)	85	0.72
HM 88/Clear	72	0.57
HM SC75/Clear	62	0.36
HM 55/Clear	47	0.30



**Figura 3-8**  
Exemplos de estratégias  
para iluminação natural.  
Fonte: UFC, 2006



**Figura 3-9**  
Diagramas de estratégias  
para iluminação zenital.  
Fonte: UFC, 2006

### 3.2.3 CERTIFICAÇÕES

Nos EUA, a partir de 1999, vêm sendo publicadas consecutivas versões da certificação voluntária do LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Desenvolvidas pelo USGBC (*United States Green Building Council*), têm por objetivo promover o projeto e a construção de edifícios de alto desempenho energético. Este sistema de certificação obteve grande sucesso e hoje é utilizado por vários países, entre eles o Brasil.

O Sistema de Avaliação LEED consta de diferentes documentos, para os diferentes tipos de prédios. Assim:

*New Commercial Construction and Major Renovation Projects* (NC) – para construções comerciais novas ou grandes reformas.

*Guidelines for Multiple Buildings and On-Campus Building Projects* (MB) – para projetos condominiais, campus universitários, instalações governamentais, renovação urbana.

*Existing Buildings Operations and Maintenance* (EB) – para operação e manutenção de edifícios existentes.

*Commercial Interiors Projects* (CI) – para projetos de interiores de escritórios de alta performance.

*Core & Shell Development Projects* (CS) – para projeto e construção de edifícios de escritórios de grandes lajes com entrega apenas de "núcleo e fachada".

*Homes* (H) – para projeto e construção de edifícios residenciais.

*Neighbourhood Development* (ND) – desenvolvimento de loteamentos, urbanismo e equipamentos comunitários.

*LEED for Schools* (LS) – para projetos escolares em desenvolvimento.

Cada um destes sistemas de certificação está dividido em seis capítulos relativos a:

*Sustainable Sites* (SS) – sustentabilidade do local da construção: recuperação de terrenos poluídos, densidade de ocupação, infiltração de água de chuva, uso de transporte público.

*Water Efficiency* (WE) – eficiência no consumo d'água, tratamento de esgoto e aproveitamento da água de chuva.

*Energy & Atmosphere (EA)* - administração energética do edifício, eficiência no consumo de energia pelos critérios da ASHRAE 62.1, uso de energias alternativas e fontes renováveis.

*Materials & Resources (MR)* – gerenciamento de resíduos, uso de reciclados e de materiais regionais para economizar no transporte.

*Indoor Environmental Quality (EQ)* – restrições ao tabagismo, ventilação e iluminação natural, uso de materiais com baixas emissões de gases (colas, selantes, pinturas, carpetes), uso de madeiras e fibras vegetais recicladas, conforto térmico e lúxico.

*Innovation & Design Process (ID)* – desenho inovador em favor da melhoria dos itens anteriores e uso de profissionais certificados pelo LEED.

Cada capítulo é constituído itens obrigatórios ou pré-requisitos que, se não adotados, impossibilitam a certificação, e itens que conferem pontuação cumulativa. Em cada capítulo é possível obter um número máximo de pontos em função do tipo de edifício que se quer certificar.

A seguir, são apresentadas as páginas de cada um destes documentos CS, NC e CI, que contem requisitos referentes à iluminação natural.

### 3.2.3.1

#### LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development, Version 2.0. US Green Building Council, 2006

Na p.36, o pré-requisito referente ao desempenho mínimo de energia, exige que o edifício atenda simultaneamente às:

a) Seções 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 e 10.4 da norma ASHRAE/IESNA 90.1-2004

e às:

b) Seções 5.5, 6.5, 7.5 e 9.5 ou à Seção 11 da mesma norma.

Entre estas, as de número 9.4 e 9.5 são referentes à iluminação.

#### II EA Prerequisite 2: Minimum Energy Performance Required

##### Intent

Establish the minimum level of energy efficiency for the proposed building and systems.

##### Requirements

Design the building project to comply with both—

- the mandatory provisions (Sections 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 and 10.4) of ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004 (without addenda); and
- the prescriptive requirements (Sections 5.5, 6.5, 7.5 and 9.5) or performance requirements (Section 11) of ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004 (without addenda).

### **Potential Technologies & Strategies**

Design the building envelope, HVAC, lighting, and other systems to maximize energy performance. The ASHRAE 90.1-2004 User's Manual contains worksheets that can be used to document compliance with this prerequisite. For projects pursuing points under EA Credit 1, the computer simulation model may be used to confirm satisfaction of this prerequisite.

If a local code has demonstrated quantitative and textual equivalence following, at a minimum, the U.S. Department of Energy standard process for commercial energy code determination, then it may be used to satisfy this prerequisite in lieu of ASHRAE 90.1-2004. Details on the DOE process for commercial energy code determination can be found at [www.energycodes.gov/implement/determinations\\_com.stm](http://www.energycodes.gov/implement/determinations_com.stm). ||

Dentro do mesmo capítulo: Energia e Atmosfera, nas p.38, 39 e 40, o item que trata da otimização do desempenho energético, apresenta 3 alternativas para que seja satisfeita a exigência.

Possibilita ainda, um ponto adicional se o sistema de iluminação atender às exigências da tabela da zona climática onde o prédio está localizado, publicada na ASHRAE *Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings*.

## || **EA Credit 1: Optimize Energy Performance 1–8 Points**

### **Intent**

Achieve increasing levels of energy performance above the baseline in the prerequisite standard to reduce environmental and economic impacts associated with excessive energy use.

### **Requirements**

Select one of the three compliance path options described below. Project teams documenting achievement using any of the three options are assumed to be in compliance with EA Prerequisite 2.

#### **OPTION 1 — WHOLE BUILDING ENERGY SIMULATION (1–8 Points)**

Demonstrate a percentage improvement in the proposed building performance rating compared to the baseline building performance rating per ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004 (without amendments) by a whole building project simulation using the Building Performance Rating Method in Appendix G of the Standard. The minimum energy cost savings percentage for each point threshold is as follows:



New Buildings	Existing Building Renovations	Points
10.5%	3.5%	1
14%	7%	2
17.5%	10.5%	3
21%	14%	4
24.5%	17.5%	5
28%	21%	6
31.5%	24.5%	7
35%	28%	8

Appendix G of Standard 90.1-2004 requires that the energy analysis done for the Building Performance Rating Method include ALL of the energy costs within and associated with the building project. To achieve points using this credit, the proposed design—

- must comply with the mandatory provisions (Sections 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 and 10.4) in Standard 90.1-2004 (without addenda);
- must include all the energy costs within and associated with the building project; and
- must be compared against a baseline building that complies with Appendix G to Standard 90.1-2004 (without addenda). The default process energy cost is 25% of the total energy cost for the baseline building. For buildings where the process energy cost is less than 25% of the baseline building energy cost, the LEED submittal must include supporting documentation substantiating that process energy inputs are appropriate.

For the purpose of this analysis, process energy is considered to include, but is not limited to, office and general miscellaneous equipment, computers, elevators and escalators, kitchen cooking and refrigeration, laundry washing and drying, lighting exempt from the lighting power allowance (e.g. lighting integral to medical equipment) and other (e.g. waterfall pumps). Regulated (nonprocess) energy includes lighting (such as for the interior, parking garage, surface parking, façade, or building grounds, except as noted above), HVAC (such as for space heating, space cooling, fans, pumps, toilet exhaust, parking garage ventilation, kitchen hood exhaust, etc.), and service water heating for domestic or space heating purposes.

For EA Credit 1, process loads shall be identical for both the baseline building performance rating and for the proposed building performance rating. However, project teams may follow the Exceptional Calculation Method (ASHRAE 90.1-2004 G2.5) to document measures that reduce process loads. Documentation of process load energy savings shall include a list of the assumptions made for both the base and proposed design, and theoretical or empirical information supporting these assumptions.  
OR

OPTION 2 — PRESCRIPTIVE COMPLIANCE PATH (3 Points possible)

Comply with the ASHRAE Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings recommendations.

Project teams must fully comply with all applicable criteria as established in the ASHRAE Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings for the climate zone in which the building is located. It should be noted that this compliance path may only be used for office buildings up to 20,000 ft<sup>2</sup>. (Note: the envelope, lighting and HVAC & SWH requirements vary by climate. For each climate there is a table that lists recommended levels for each "system".)

...

**Lighting Systems: (1 additional point possible)**

Install lighting systems which comply with all the lighting recommendations in the ASHRAE Advanced Energy Design Guide for Small Office Buildings table for the climate zone in which the building is located.

All such systems shall be included in systems commissioned under EA P1, Fundamental Building Systems Commissioning.

II

Entre os itens que tratam especificamente de iluminação natural, temos:

Nas p.75, 76 e 77 são oferecidas 4 opções para a demonstração de que o ambiente é provido de luz natural em 75% de sua área:

Opção 1: Atender ao *glazing factor* mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O *glazing factor* é calculado segundo uma fórmula dada.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Opção 3: Demonstrar os mesmos níveis pedidos na Opção 2, por meio de medições feitas com equipamentos, no espaço considerado. As medições devem ser feitas segundo uma malha de 10 pés.

Opção 4: Demonstrar os mesmos níveis pedidos na Opção 2, por meio da combinação das iluminações lateral e zenital. São apontadas as condições para a demonstração e dois croquis ilustram o que é considerado obstrução para efeito deste cálculo.

II

**EQ Credit 8.1: Daylight & Views: Daylight 75% of Spaces**

**1 Point**

**Intent**

Provide for the building occupants a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the building.

**Requirements**

OPTION 1 — CALCULATION

Achieve a minimum glazing factor of 2% in a minimum of 75% of all regularly occupied areas.

The glazing factor is calculated as follows:

Glazing Factor	=	$\frac{\text{Window Area [SF]}}{\text{Floor Area [SF]}}$	X	Window Geometry Factor	X	$\frac{\text{Actual } T_{vis}}{\text{Minimum } T_{vis}}$	X	Window Height Factor
-------------------	---	--	---	------------------------------	---	--	---	----------------------------

**Figura 3-10** Fórmula para o cálculo do *glazing factor*  
Fonte: LEED CS, 2006

OR

OPTION 2 — SIMULATION

Demonstrate, through computer simulation, that a minimum daylight illumination level of 25 footcandles has been achieved in a minimum of 75% of all regularly occupied areas. Modeling must demonstrate 25 horizontal footcandles under clear sky conditions, at noon, on the equinox, at 30 inches above the floor.

OR

OPTION 3 — MEASUREMENT

Demonstrate, through records of indoor light measurements, that a minimum daylight illumination level of 25 footcandles has been achieved in at least 75% of all regularly occupied areas. Measurements must be taken on a 10-foot grid for all occupied spaces and must be recorded on building floor plans.

OR

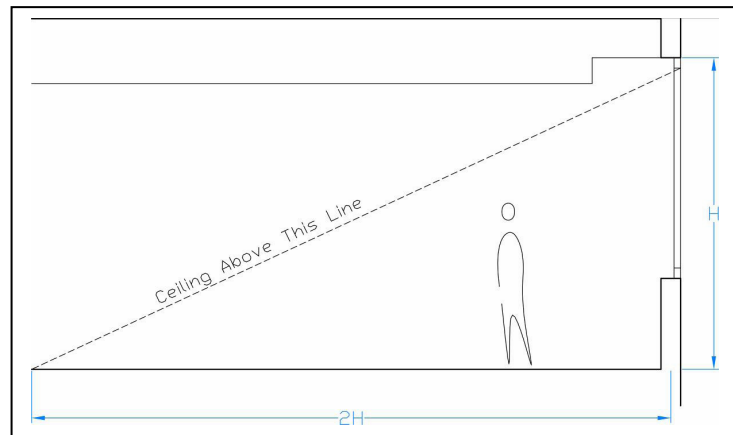
OPTION 4 – PRESCRIPTIVE

Use a combination of side-lighting and top-lighting to achieve a total Daylighting Zone (that floor area meeting the following requirements) that is at least 75% of all the regularly occupied spaces.

Sidelighting Daylight Zone:

- Achieve a product of the visible light transmittance (VLT) and window to floor area ratio (WFR) of daylight zone between the values of 0.150 and 0.180. Window area included in the calculation must be of the portion of the window at least 2'-6" above the floor.
- $0.150 < VLT \times WFR < 0.180$
- Ceiling should not obstruct a line in section that joins the window-head to a line on the floor that is parallel to the plane of the window and is, in distance from the plane of the glass as measured perpendicular to the plane of the glass, two times the height of the window head above the floor. See diagram below.
- Provide sunlight redirection and/or glare control devices to ensure daylight effectiveness.

**Figura 3-11**  
 Diagrama: relação entre o teto e a abertura  
 Fonte: LEED CS, 2006

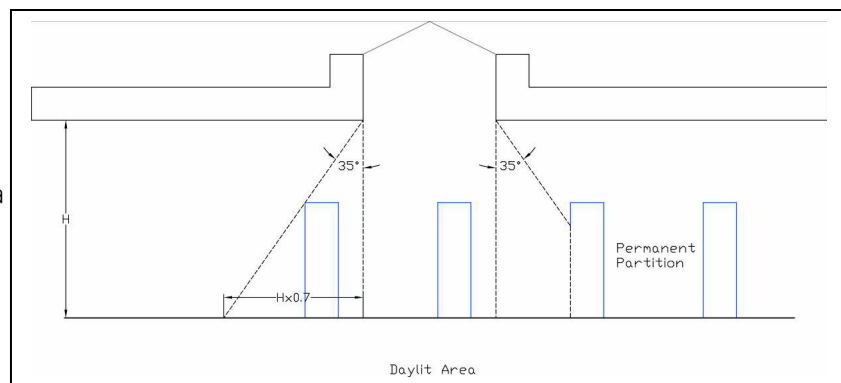


Toplighting Daylight Zone:

- The daylit zone under a skylight is the outline of the opening beneath the skylight, plus in each direction the lesser of: 70% of the ceiling height, one half of the distance to the edge of the nearest skylight, or the distance to any permanent opaque partition (if transparent show VLT) which is farther away than 70% of the distance between the top of the partition and the ceiling. See diagram below.
- Achieve a skylight roof coverage that is between 3% and 6% of the roof area with a minimum 0.5 visible light transmittance (VLT) for the skylights.
- The distance between the skylights shall not be more than 1.4 times the ceiling height
- Skylight diffuser with a measured haze value of greater than 90% when tested according to ASTM D1003. Avoid direct line of sight to skylight diffuser.

Exceptions for areas where tasks would be hindered by the use of daylight will be considered on their merits.

**Figura 3-12**  
 Diagrama: área considerada iluminada pela luz do dia com skylights.  
 Fonte: LEED CS, 2006





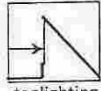
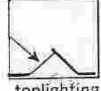
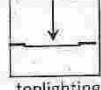
In all cases, only the square footage associated with the portions of rooms or spaces meeting the minimum illumination requirements can be applied towards the 75% of total area calculation required to qualify for this credit.

In all cases, provide daylight redirection and/or glare control devices to avoid high-contrast situations that could impede visual tasks. Exceptions for areas where tasks would be hindered by the use of daylight will be considered on their merits.

**Potential Technologies & Strategies**

Design the building to maximize interior daylighting. Strategies to consider include building orientation, shallow floor plates, increased building perimeter, exterior and interior permanent shading devices, high performance glazing and automatic photocell-based controls. Predict daylight factors via manual calculations or model daylighting strategies with a physical or computer model to assess foot-candle levels and daylight factors achieved.     **II**

Para o cálculo do *glazing factor*, o sistema LEED apresenta uma tabela com os índices a serem utilizados na aplicação da fórmula, conforme o tipo de janela considerada.

Window Type	Geometry Factor	Minimum $T_{vis}$	Height Factor	Best Practice Glare Control
 sidelighting daylight glazing	0.1	0.7	1.4	Adjustable blinds Interior light shelves Fixed translucent exterior shading devices
 sidelighting vision glazing	0.1	0.4	0.8	Adjustable blinds Exterior shading devices
 toplighting vertical monitor	0.2	0.4	1.0	Fixed interior Adjustable exterior blinds
 toplighting sawtooth monitor	0.33	0.4	1.0	Fixed interior Exterior louvers
 toplighting horizontal skylights	0.5	0.4	1.0	Interior fins Exterior fins Louvers

**Tabela 3-12**  
Tabela 1: Critérios para cálculo do *glazing factor*  
Fonte: LEED CS, 2006

O crédito 8.2, na p.78, requer que, no mínimo, 90% das áreas ocupadas tenham visão direta do exterior, através de superfície envidraçada entre 2'6" e 7'6" acima do piso acabado.

**II EQ Credit 8.2: Daylight & Views: Views for 90% of Spaces**

**1 Point**

**Intent**

Provide for the building occupants a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the building.

### Requirements

Achieve direct line of sight to the outdoor environment via vision glazing between 2'6" and 7'6" above finish floor for building occupants in 90% of all regularly occupied areas. Determine the area with direct line of sight by totaling the regularly occupied square footage that meets the following criteria:

- In plan view, the area is within sight lines drawn from perimeter vision glazing.
- In section view, a direct sight line can be drawn from the area to perimeter vision glazing.

Line of sight may be drawn through interior glazing. For private offices, the entire square footage of the office can be counted if 75% or more of the area has direct line of sight to perimeter vision glazing.

For multi-occupant spaces, the actual square footage with direct line of sight to perimeter vision glazing is counted.

The core and shell design needs to develop a feasible tenant layout(s) per the default occupancy counts (or some other justifiable occupancy count) that can be used in the analysis of this credit.

### Potential Technologies & Strategies

Design the space to maximize daylighting and view opportunities. Strategies to consider include lower partition heights, interior shading devices, interior glazing, and automatic photocell-based controls.

Allow the tenant to design the space to maximize daylighting and view opportunities. Strategies to consider include lower partition heights, interior shading devices, interior glazing, and photo integrated light sensors.

This credit requires consideration of tenant design for views that can be implemented during future tenant build-out. Core and shell design documents should include drawings or specifications that detail the design assumptions and information on how the tenant can use this capability. If Tenant Design and Construction Guidelines are created, this information should also be included in the guidelines.

II

O Apêndice 2 do sistema de avaliação *Core and Shell*, apresenta os parâmetros que os projetos que procuram a certificação devem seguir, nos seus cálculos e demonstrações.

II

Appendix 2 – Core & Shell Energy Modeling Guidelines

These guidelines are intended to ensure that projects in different markets with different project teams are approaching the energy modeling requirements in a similar manner and that a minimum benchmark for energy optimization is established.

#### 1. Create the ASHRAE 90.1-2004 baseline building model and proposed building model

1.1 Follow the ASHRAE 90.1-2004 Building Performance Rating Method. This is a whole building model inclusive of both shell and core, and tenant space scope. The following describes the prescriptive requirements for developing the whole building modeling of both the known shell and core work and unknown tenant space development.

1.2 Tenant spaces are defined as meeting all the following conditions:

1.2.1 Components exclusively serve the tenant space;

1.2.2 Components specifically designed for the tenant space;

1.2.3 Energy using components are metered and apportioned and/or billed to the tenant;

1.2.4 The tenant will pay for the components.

1.3 The core and shell building is all parts of the building that is not a tenant space.

## 2 Proposed Building Model

### 2.1 Core and Shell Building

#### 2.1.1 HVAC Systems

2.1.1.1 Model the building system as described in the design documents.

- If the HVAC system is not yet designed, use the same HVAC system as the baseline model.

#### 2.1.2 Building Envelope

2.1.2.1 Model the building envelope as shown on the architectural drawings.

#### 2.1.3 Lighting

2.1.3.1 Model the lighting power as shown in the design documents for the core and shell spaces.

### 2.2 Tenant Spaces

#### 2.2.1 Lighting

2.2.1.1 Model separate electric meters for the lighting in the core building and the tenant spaces.

2.2.1.2 Choose a space type classification for the building spaces. Use lighting levels shown in chart 9.3.1.2 of ASHRAE 90.1-2004 for the space type use classification.

- If the tenant lighting is designed and installed as part of the core and shell work, the project team may model the designed or installed lighting systems.

#### 2.2.2 Receptacle and Other Loads

2.2.2.1 Model separate meters for tenant plug loads and process loads.

2.2.2.2 Use the following values to model tenant plug loads or provide documentation for the modeled loads (See the Process energy section on page 44 of this section):

##### 2.2.2.3 Computer intensive offices

- 2.0 W/sq. ft.

##### 2.2.2.4 General office areas

- 1.5 W/sq. ft.

##### 2.2.2.5 Large conference areas

- 1.0 W/sq. ft.

##### 2.2.2.6 Corridors

- 0 W/sq. ft.

##### 2.2.2.7 Server/computer rooms

- 50 W/sq. ft.

##### 2.2.2.8 Other uses

- Use diversity in calculations

- 3 **Baseline Building Model**
  - 3.1 Core and Shell Building
    - 3.1.1 HVAC system
      - 3.1.1.1 Model the baseline building HVAC system determined from Table G3.1.1A in ASHRAE 90.1-2004.
    - 3.1.2 Building Envelope
      - 3.1.2.1 Comply with the prescriptive requirements of ASHRAE 90.1-2004.
    - 3.1.3 Lighting
      - 3.1.3.1 Model the lighting power in the core and shell areas as determined by the space type classification in chart 9.6.1 of ASHRAE90.1-2004.
  - 3.2 Tenant Spaces
    - 3.2.1 Lighting
      - 3.2.1.1 Model separate electric meters for the lighting in the core building and the tenant spaces.
      - 3.2.1.2 Use the same lighting power as modeled in the proposed building.
    - 3.2.2 Receptacle and other Loads
      - 3.2.2.1 Model separate meters for tenant receptacle loads and process loads.
      - 3.2.2.2 Use the same values for receptacle loads as used in the proposed building.
- 4 **Perform Energy Simulation of Baseline Building and Proposed Building**
  - 4.1 Simulate building performance for an entire year.
- 5 **Compare Annual Energy Costs of Baseline Building and Proposed Building**
  - 5.1 From the simulation, determine the annual energy costs of the budget building and design building.
  - 5.2 Verify that 25% of the overall energy cost is process load.
  - 5.3 Determine the percentage savings for annual energy costs.

||

### 3.2.3.2

## LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations, Version 2.2. US Green Building Council, 2005

O Sistema de Avaliação para Novas Construções e Grandes Reformas traz, na p.33, o pré-requisito *Minimum Energy Performance*, com exigências iguais às do no sistema *Core & Shell*.

No que se refere à iluminação, o item: *Optimize Energy Performance*, na p.35, é também, o mesmo ao do documento exposto em 3.2.3.1. Na p.73, há o crédito de 1 ponto para o edifício que oferecer sistema de controle de iluminação individual ou por grupos de usuários, acessível a, no mínimo, 90% dos ocupantes e que permita ao sistema de iluminação ajustar-se às necessidades individuais ou das tarefas a serem desenvolvidas.



## EQ Credit 6.1: Controllability of Systems: Lighting

### 1 Point

#### Intent

Provide a high level of lighting system control by individual occupants or by specific groups in multi-occupant spaces (i.e. classrooms or conference areas) to promote the productivity, comfort and well-being of building occupants.

#### Requirements

Provide individual lighting controls for 90% (minimum) of the building occupants to enable adjustments to suit individual task needs and preferences.

AND

Provide lighting system controllability for all shared multi-occupant spaces to enable lighting adjustment that meets group needs and preferences.

#### Potential Technologies & Strategies

Design the building with occupant controls for lighting. Strategies to consider include lighting controls and task lighting. Integrate lighting systems controllability into the overall lighting design, providing ambient and task lighting while managing the overall energy use of the building. ■■

No crédito: *Daylight & Views: Daylight 75% of Spaces*, na p.77 são oferecidas 3 opções para a demonstração de que o ambiente é provido de luz natural em 75% de sua área.

Opção 1: Atender ao *glazing factor* mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O *glazing factor* é calculado segundo uma fórmula dada, igual à fórmula apresentada pelo LEED CS (Figura 3-10).

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Opção 3: Demonstrar os mesmos níveis pedidos na Opção 2, por meio de medições feitas com equipamentos, no espaço considerado. As medições devem ser feitas segundo uma malha de 10 pés.

Na p.79, em *Daylights & Views: Views for 90% of Spaces*, a exigência é a mesma do documento *Core and Shell*, porém naquele há a necessidade de apresentar um layout com a ocupação da área. Isto porque o sistema CS trata de certificar prédios com grandes lajes e entregues sem acabamento de piso ou divisórias.

### 3.2.3.3

#### LEED for Commercial Interiors, Version 2.0. US Green Building Council, 2005

O Sistema de Avaliação para Interiores Comerciais apresenta na p.21, o pré-requisito *Minimum Energy Performance* que demanda o cumprimento da norma 90.1-2004 da ASHRAE/IESNA, ou do código de energia local, o que for mais restritivo. Comenta que para os propósitos da LEED, o código California Title 24 é mais restritivo que a ASHRAE 90.1-2004. Assim sendo, no caso do projeto seguir este código, não há a necessidade de apresentar demonstração de equivalência.

#### II **Minimum Energy Performance**

Required

##### **Intent**

Establish the minimum level of energy efficiency for the tenant space systems.

##### **Requirements**

Design portions of the building as covered by the tenant's scope of work to comply with ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004 or the local energy code, whichever is more stringent.

##### **Submittals**

□ Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the licensed professional engineer, architect or other responsible party, stating that the tenant space complies with ASHRAE/IESNA 90.1-2004 or local energy codes, whichever is more stringent. If local energy codes were applied, demonstrate that the local energy code is more stringent than ASHRAE/IESNA 90.1-2004.

California Title 24 2001 has been deemed to be more stringent than ASHRAE 90.1-2004 for LEED purposes. No demonstration of equivalency is required for project teams implementing Title 24 2001.

##### **Potential Technologies & Strategies**

Design the systems impacted in the tenant's scope of work to maximize energy performance. Use a computer simulation model to assess the energy performance and identify the most cost effective energy measures. Quantify energy performance as compared to the baseline building. II

Na p.23, são oferecidos até três pontos para prédios que aumentarem os níveis de conservação da energia, em comparação aos níveis estipulados pela norma 90.1-2004 da ASHRAE/IESNA.

Os projetos que reduzirem a densidade de potência instalada para iluminação em 15%, abaixo da norma, terão 1 ponto adicionado na sua avaliação; para reduções de 25%, 2 pontos; para reduções de 35%, 3 pontos.

**II Optimize Energy Performance, Lighting Power**

1 – 3 points

**Intent**

Achieve increasing levels of energy conservation beyond the referenced standard to reduce environmental impacts associated with excessive energy use.

**Requirements**

Reduce connected lighting power density below that allowed by ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004\* using either the Space-by-Space Method or by applying the whole building lighting power allowance to the entire tenant space.

Option A. Reduce lighting power density to 15% below the standard. (1 point)

OR

Option B. Reduce lighting power density to 25% below the standard. (2 points)

OR

Option C. Reduce lighting power density to 35% below the standard. (3 points)

**Submittals**

Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the professional engineer or other responsible party, stating that the lighting power density is reduced below ASHRAE requirements consistent with the level of credit being sought. Complete the Lighting Compliance Documentation provided in the ASHRAE/IESNA Standard 90.1 User's Manual. Provide a separate calculation that shows the percentage reduction in lighting power.

**Potential Technologies & Strategies**

Design the connected lighting power to maximize energy performance. If the project warrants, consider a computer simulation model to assess the performance and identify the most cost-effective energy efficiency measures.

---

\*When the USGBC membership approved the LEED-CI Rating System in October, 2004, ASHRAE/IESNA 90.1-2001 (with all addenda) was the referenced standard. Because it is considered to set earlier edition. This change and potentially others are noted by Errata, and available from [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org). In this Reference Guide for LEED-CI Version 2.0, all references to specific sections come from 90.1-2004.

II

Ainda no capítulo: Energia e Atmosfera, na p.24, o crédito de 1 ponto é conferido ao edifício que tiver instalados sensores de luz do dia num raio de 15 pés de uma janela ou sob iluminação zenital.

**II Optimize Energy Performance, Lighting Controls**

1 point

**Intent**

Achieve increasing levels of energy conservation beyond the prerequisite standard to reduce environmental impacts associated with excessive energy use.

### Requirements

Install daylight responsive controls in all regularly occupied spaces within 15 feet of windows and under skylights.

### Submittals

Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the professional engineer or other responsible party, stating that lighting controls were installed consistent with the credit requirement.

AND

Provide a narrative describing the lighting controls that have been incorporated in the tenant space design. Include a plan of lighting control zones showing each control device and lighting equipment controlled. Provide a schedule of lighting controls showing model, type and other characteristics.

### Potential Technologies & Strategies

Design the lighting controls to maximize energy performance. "

Na p.66, há o crédito de 1 ponto para o edifício que oferecer sistema de controle de iluminação individual ou por grupos de usuários, acessível a, no mínimo, 90% dos ocupantes e que permita ao sistema de iluminação ajustar-se às necessidades individuais ou das tarefas a serem desenvolvidas.

## " Controllability of Systems, Lighting

1 point

### Intent

Provide a high level of lighting system control for individual occupants, and specific groups in multi-occupant spaces (e.g., classrooms and conference areas), to promote the productivity, comfort and well-being of building occupants.

### Requirements

Provide lighting controls for:

At least 90% of occupants, enabling adjustments to suit individual task needs and preferences,

AND

All shared multi-occupant spaces where transient groups must share lighting controls.

### Submittals

Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the architect or other responsible party, demonstrating and declaring that the required lighting controls are provided.

### Potential Technologies & Strategies

Design the tenant space with occupant controls for lighting. Strategies to consider include lighting controls and task lighting.

AND

Provide a narrative describing the lighting controls that have been incorporated in the tenant space design. Include a plan of lighting control zones showing each control device and lighting equipment controlled. Provide a schedule of lighting controls showing model, type and other characteristics.

**Potential Technologies & Strategies**

Design the lighting controls to maximize energy performance. II

O crédito apresentado na p.70 será adquirido se, no mínimo 75% das áreas ocupadas, alcançarem pelo menos 2% como fator de luz diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou o uso de simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 25 *footcandles*. É necessário ainda, que o ambiente possua redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

No caso do uso da simulação em computador, a mesma deverá ser realizada considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

**II Daylight and Views, Daylight 75% of Spaces**

1 point

**Intent**

Provide the occupants with a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the tenant space.

**Requirements**

For at least 75% of all regularly occupied areas:

Achieve a minimum Daylight Factor of 2% (excluding all direct sunlight penetrations)

OR

Using a computer simulation model, achieve at least 25 footcandles.

AND

Provide daylight redirection and/or glare control devices to ensure daylight effectiveness.

Exceptions for areas where tasks would be hindered by the use of daylight will be considered on their merits.

**Submittals**

- Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the responsible party, indicating the required daylighting is accomplished in at least 75% of the regularly occupied areas.
- Provide area calculations that define the daylight zones and provide a summary of daylight factor prediction calculations through manual methods or a summary of computer simulations illustrating that the footcandle levels have been achieved.

**Potential Technologies & Strategies**

Design the space to maximize interior daylighting and view opportunities. Strategies to consider include lower partition heights, interior shading devices, interior glazing and photo-integrated light sensors. Predict daylight factors via manual calculations or model daylighting strategies with a physical or computer model to assess footcandle levels and daylight factors achieved. Modeling must

demonstrate 25 horizontal footcandles under clear sky conditions, at noon, on the equinox, at 30 inches above the floor. Any portion of a room achieving the requirements can qualify for this credit. ||

Na p.71, o crédito com o título: *Daylight and Views, Daylight 90% of Spaces*, adiciona mais um ponto ao edifício que apresentar 90% dos espaços ocupados com nível de iluminação igual ao do item anterior e calculado da mesma forma.

|| **Daylight and Views, Daylight 90% of Spaces**

1 point

**Intent**

Provide the occupants with a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the tenant space.

**Requirements**

For at least 90% of all regularly occupied areas:

Achieve a minimum Daylight Factor of 2% (excluding all direct sunlight penetrations)

OR

Using a computer simulation model, achieve at least 25 footcandles.

AND

Provide daylight redirection and/or glare control devices to ensure daylight effectiveness.

Exceptions for areas where tasks would be hindered by the use of daylight will be considered on their merits.

**Submittals**

- Provide the LEED-CI Letter Template, signed by the responsible party, indicating the required daylighting is accomplished in at least 90% of the regularly occupied areas.
- Provide area calculations that define the daylight zones and provide a summary of daylight factor prediction calculations through manual methods or a summary of computer simulations illustrating that the footcandle levels have been achieved.

**Potential Technologies & Strategies**

Design the space to maximize interior daylighting and view opportunities. Strategies to consider include lower partition heights, interior shading devices, interior glazing and photo-integrated light sensors. Predict daylight factors via manual calculations or model daylighting strategies with a physical or computer model to assess footcandle levels and daylight factors achieved. Modeling must demonstrate 25 horizontal footcandles under clear sky conditions, at noon, on the equinox, at 30 inches above the floor. Any portion of a room achieving the requirements can qualify for this credit. ||

Na p.72, em *Daylights & Views: Views for 90% of Seated Spaces*, a exigência é a mesma da apresentada no documento NC.

## 3.3 CANADÁ

## 3.3.1 LEIS

## 3.3.1.1

## Canada Labour Code, Canadian Occupational Safety and Health Regulations, Part VI, 1989

Na parte IV deste código há seções que se aplicam a iluminação de escritórios. São elas:

"6.3 Para os propósitos das seções 6.4 a 6.10, o nível médio de iluminação num plano de trabalho ou numa área deve ser determinado

(a) por quatro medições em diferentes lugares representativos do nível de iluminação no plano de trabalho ou, numa área, que represente o nível de iluminação 1m acima do piso; e

(b) dividindo a soma destes resultados por quatro. "

SCHEDULE I (s. 6.4) LEVELS OF LIGHTING IN OFFICE AREAS	
Column I	Column II
Item Task position or area	Level in lx
1. DESK WORK	
(a) Task positions at which cartography, designing, drafting, plan-reading or other very difficult visual tasks are performed .....	1 000
(b) Task positions at which business machines are operated or stenography, accounting, typing, filing, clerking, billing, continuous reading or writing or other difficult visual tasks are performed .....	500
2. OTHER OFFICE WORK	
Conference and interview rooms, file storage areas, switchboard or reception areas or other areas where ordinary visual tasks are performed .....	300
3. SERVICE AREAS	
(a) Stairways and corridors that are	
(i) used frequently.....	100
(ii) used infrequently.....	50
(b) Stairways that are used only in emergencies .....	30

SOR/89-515, s. 1.

**Tabela 3-13** Níveis de Iluminação em Áreas de Escritórios  
Fonte: Canada Labour Code, 1989

"6.4 O nível médio de iluminação num plano de trabalho ou numa das áreas que aparecem na coluna I, em um dos itens da tabela I (Tabela 3-13), exceto as áreas referidas na seção 6.7 ou 6.9, não deve ser menos que o nível apresentado na coluna para o mesmo item."

"6.7 (1) O nível médio de iluminação num plano de trabalho ou numa das áreas que aparecem na coluna I, em um dos itens da tabela IV (Tabela 3-14), exceto as áreas referidas na seção 6.7 ou 6.9, não deve ser menos que o nível apresentado na coluna para o mesmo item.

(2) Ofuscamento por reflexão numa tela de computador (VDT) deve ser reduzido ao ponto onde um empregado na estação de trabalho esteja apto a

(a) ler todas as partes de qualquer texto que aparece na tela; e

(b) enxergar todas as partes da imagem na tela.

(3) Onde o trabalho com terminais de computador requer a leitura de um documento, iluminação complementar deve ser providenciada onde necessário para fornecer um nível de iluminação de no mínimo 500 lx sobre o documento. "

SCHEDULE IV (s. 6.7)	
LEVELS OF LIGHTING — VDT WORK	
Item Column I	Column II
Task position or area	Level in lx
1. VDT WORK	
(a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently .....	500
(b) Task positions at which data entry work is performed exclusively .....	750
(c) Air traffic controller areas .....	100
(d) Telephone operator areas .....	300
SOR/89-515, s. 1.	

**Tabela 3-14** Níveis de Iluminação em Áreas com Terminais de Computador  
 Fonte: Canada Labour Code, 1989



"6.11 (1) Assunto das subseções (2) e (4), o nível de iluminação de qualquer lugar num plano de trabalho ou numa área que pode ser medida para os propósitos da seção 6.3 não deve ser menor que um terço do nível de iluminação prescrito por esta Parte para aquele plano de trabalho ou área.

(2) O nível de iluminação de qualquer lugar num plano de trabalho ou numa área que aparece na Coluna I do item 8 ou 9 da Tabela III ou na Coluna I do item 1 da Tabela IV que pode ser medida para os propósitos da seção 6.3 não deve ser menor que um décimo do nível de iluminação prescrito por esta Parte para aquele plano de trabalho ou área. "

### 3.3.1.2

#### **Model National Energy Code of Canada for Buildings 1997**

Conforme seu prefácio: "o *Model Energy Code of Canada for Buildings* (MNECB) foi elaborado pela *Canadian Commission on Building and Fire Codes* (CCBFC) e publicado pelo *National Research Council* (NCR). Uma vez que, de acordo com o *Constitution Act*, os regulamentos sobre construção, no Canadá, são de responsabilidade dos governos das províncias e territórios, o MNECB foi preparado na forma de código modelo para permitir adaptação por parte das autoridades locais."

"O MNECB por se referir à proteção do meio ambiente e à conservação dos recursos energéticos, difere dos códigos modelo tradicionalmente produzidos pelo CCBFC que se dirigiam à saúde e segurança dos usuários. Este documento é, essencialmente, um conjunto de mínimos requisitos para a eficiência energética em edifícios. Estes requisitos são, na maior parte, baseados em extensas análises de custo-benefício, que levaram em consideração o clima, os tipos e custos de combustível, e os custos da construção. O MNECB estabelece uma norma de construção para os prédios, exceto os pequenos prédios residenciais, no que concerne à sua eficiência energética. "

A Parte 4 e o Apêndice E deste regulamento contem os artigos que se aplicam à iluminação em escritórios. São eles:

#### "4.2.4.1. Requisitos para Controles

- 1) Exceto como permitido em 2), todo o sistema de iluminação interno deve estar provido de controles manuais, automáticos ou programáveis.
- 2) Controles não são exigidos onde
  - a) iluminação contínua é exigida por motivos de segurança, ou
  - b) a iluminação é de saída ou de emergência.
- 3) Todo espaço fechado por paredes ou divisórias de piso-teto deve estar provido de um ou mais controles que sejam capazes de desligar toda a iluminação elétrica do espaço.
- 4) No mínimo um controle deve ser instalado em cada circuito. "

#### "4.2.4.2. Controles para Iluminação Noturna

- 1) Controles que permitam níveis mais baixos de iluminação à noite, são exigidos para espaços de escritórios:
  - a) com 40 m<sup>2</sup> ou mais de área,
  - b) fechados por paredes ou divisórias piso-teto,
  - c) nos quais a iluminação conectada é maior do que 12 W / m<sup>2</sup>, e
  - d) com mais de uma luminária.
- 2) Onde controles de iluminação noturna são exigidos, no mínimo uma luminária deve ser controlada separadamente para assegurar o nível mínimo de luz que permita o deslocamento seguro através do espaço quando o espaço não está sendo usado.
- 3) As luminárias controladas para fornecer iluminação noturna devem
  - a) estar localizadas numa densidade de não mais que uma luminária por cada 40 m<sup>2</sup>, e
  - b) fornecer um nível médio de iluminação no piso de não menos que 10 lx. "

#### "4.2.4.3. Localização dos Controles

- 1) Exceto pelo disposto em 2) e 3), os controles de iluminação devem ser
  - a) localizados próximo da entrada principal ou entrada do compartimento ou espaço nos quais a iluminação é controlada por estes controles,
  - b) localizados de tal maneira que exista uma linha clara de visão do controle à área iluminada, e
  - c) prontamente acessível às pessoas que ocupam ou usam o espaço.
- 2) Os controles de iluminação podem estar centralizados em locais remotos onde

- a) os controles são automáticos,
- b) os controles são programáveis, ou
- c) é desejável, por motivos de segurança, que a iluminação esteja sob o controle da direção ou da gerência predial.
- 3) Onde a iluminação de tarefa está instalada em outro local que não o teto, a mesma deve ser provida de interruptores localizados na estação de trabalho servida ou em local adjacente a ela.
- 4) Onde um ou mais controles estão instalados como exigido pelo artigo 4.2.4.2., os mesmos devem ser localizados mais próximos da entrada do compartimento ou espaço cuja iluminação é acionada por estes controles.
- 5) Exceto pelo disposto em 6), controles de iluminação agrupados, devem estar identificados para indicar a área controlada por cada um.
- 6) Os controles não necessitam atender ao disposto em 5) se estiverem instalados no interior de uma unidade habitacional. "

A Seção 4.3 traz a tabela 4.3.2.1 com as densidades máximas de potência instalada para iluminação de acordo com o tipo de prédio.

Building or Area Type	Gross Lighted Area of Building or Area <sup>(1)</sup> , m <sup>2</sup>					
	0 to 200	201 to 1000	1001 to 2500	2501 to 5000	5001 to 25000	>25000
Assembly						
Food service						
Fast food/cafeteria	16.2	14.8	14.4	14.2	14.1	14.0
Leisure dining/bar	23.7	20.6	18.4	16.8	15.7	15.1
Schools						
Pre-school/elementary	19.4	19.4	18.5	17.8	16.9	16.2
Junior high/high school	20.4	20.4	20.2	19.7	18.9	18.3
Technical/vocational	25.8	25.1	23.4	21.6	19.8	18.3
Business and Personal Services						
Offices	20.4	19.5	18.5	17.8	16.9	16.2
Service establishment	29.1	25.5	22.4	20.7	19.4	18.3
Mercantile						
Retail	35.5	33.2	30.9	26.9	24.5	22.6
Mall concourse						
Multi-store service	17.2	17.0	16.4	15.7	15.4	15.1
Industrial						
Storage garages	3.2	3.0	2.6	2.4	2.3	2.2
Warehouse/storage	8.6	7.1	6.0	5.2	4.6	4.3

Tabela 3-15 Densidade de Potência para Iluminação por Tipo de Prédio.

Fonte: MNEC, 1997

### 3.3.3 CERTIFICAÇÕES

#### 3.3.3.1

**LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations  
LEED Canada-NC, Version 1.0, 2004**

#### 3.3.3.2

**LEED Green Building Rating System *Addendum* For New Construction and Major Renovations  
LEED Canada-NC, Version 1.0, 2007**

O sistema de certificação canadense, publicado em 2004, foi desenvolvido a partir da certificação LEED norte-americana, mais especificamente da *LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations, Version 2.1*, do *US Green Building Council*. Em 2007, surgiu o *Addendum*, um documento baseado no *LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations, Version 2.2*, que atualizou o anterior de acordo com as modificações apresentadas pela Versão 2.2 da certificação norte-americana.

Os textos de cada um destes sistemas (NC e NC *Addendum*), que contem requisitos referentes a iluminação natural e artificial são apresentados a seguir, com comentários.

Como o *Addendum* traz somente os itens que sofreram alterações, neste trabalho apresentamos as duas publicações juntas, selecionando os itens que dizem respeito à iluminação de um ou de outro documento, conforme o caso.

Na página retirada do *Addendum*, as modificações feitas estão sublinhadas.

O Capítulo: Energia e Atmosfera consta de 3 pré-requisitos e 6 itens de créditos. No que concerne à iluminação, o primeiro item é o pré-requisito: *Minimum Energy Performance Required*, da p.35, do NC.

Este item apresenta duas opções para novos edifícios e duas opções para grandes reformas em edifícios existentes, de modo a satisfazerem o pré-requisito.

Opção 1 - Novos Edifícios:

- Redução no consumo de energia de acordo com o percentual exigido no Programa de Incentivos para Edifícios Comerciais de Recursos Naturais do Canadá (CBIP): 25% menos, em

relação ao consumo do edifício referência, mencionado no *Model National Energy Code for Buildings*, de 1997 (MNECB).

ou,

- Redução dos custos com energia em menos 18% em relação ao edifício referência da norma 90.1-1999 da ASHRAE/IESNA.

Opção 2 – Grandes Reformas em Edifícios Existentes:

- Redução no consumo de energia de acordo com o percentual exigido no Programa de Incentivos para Edifícios Comerciais de Recursos Naturais do Canadá (CBIP): 10% menos, em relação ao consumo do edifício referência, mencionado no *Model National Energy Code for Buildings*, de 1997 (MNECB).

ou,

- Projeto de acordo com a Norma 90.1-1999 da ASHRAE/IESNA.

## **II Minimum Energy Performance Required Intent**

Establish the minimum level of energy efficiency for the base building and systems.

### **Requirements**

#### *Option 1 – New Buildings:*

- Reduce the design energy consumption to comply with Natural Resources Canada’s Commercial Building Incentive Program (CBIP) requirement for a 25% reduction relative to the consumption of the reference building designed to the Model National Energy Code for Buildings 1997 (MNECB) including supplemental CBIP requirements. Compliance shall be demonstrated by using whole building energy simulation. The calculation of percentage energy reduction shall be in accordance with the procedures used in the CBIP program (i.e., includes “non-regulated” plug loads but excludes process equipment).

OR,

- Reduce the design energy cost by 18% relative relative to the reference building designed to ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999 (without amendments). Compliance shall be demonstrate using whole building energy simulation. The calculation of percentage energy reduction shall be in accordance with ASHRAE 90.1 procedures and excludes “non-regulated” loads.

#### *Option 2 – Major Renovations to Existing Buildings:*

- Reduce the design energy consumption by 10% relative to the consumption of the reference building designed to the CBIP adaptation of MNECB. Compliance shall be demonstrated by a whole building energy simulation. The calculation of percentage energy reduction shall be in accordance with

the procedures used in the CBIP program (i.e., includes “non-regulated” plug loads but excludes process equipment).

OR,

- Design the building to comply with ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999 (without amendments) II

Na p.39, I item Optimize Energy Performance, mostra duas tabelas: uma para novas construções e outra para reformas. As tabelas relacionam os números de pontos ganhos, na avaliação, conforme a redução dos custos de energia que o projeto a ser certificado apresentar em relação ao código MNECB e à norma 90.1-1999 da ASHRAE/IESNA.

### Optimize Energy Performance

#### II Intent

Achieve increasing levels of energy performance above the prerequisite standard to reduce environmental impacts associated with excessive energy use.

#### Requirements

*New Buildings:*

- Reduce design energy cost compared to the energy cost of the MNECB or ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999 reference building for energy systems regulated by these standards. Points are awarded according to *Table 1*. Compliance shall be demonstrated by using whole building energy simulation using the same compliance path (MNECB/CBIP or ASHRAE 90.1) as was used for EAp2. The calculation of percentage energy cost reduction shall exclude “non-regulated” loads.

#### Tabela 3-16

Pontos Adquiridos por  
 Porcentagem de Redução no  
 Custo de Energia segundo  
 MNECB e ASHRAE 90,1  
 Edifícios Novos  
 Fonte: LEED NC&MR, 2004

*Table 1: Points Awarded for Percentage Reductions in Design Energy Cost Relative to MNECB and ASHRAE 90.1 – New Buildings*

Points	MNECB	ASHRAE/IESNA 90.1-1999
1	24%	15%
2	29%	20%
3	33%	25%
4	38%	30%
5	42%	35%
6	47%	40%
7	51%	45%
8	55%	50%
9	60%	55%
10	64%	60%

*Major Renovations to Existing Buildings:*

- Reduce design energy cost compared to the energy cost of the MNECB/CBIP or ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999 reference building for energy systems regulated by these standards. Points are awarded according to *Table 2*. Compliance shall be demonstrated by using whole building energy

simulation using the same compliance path (MNECB/CBIP or ASHRAE 90.1) as was used for EAp2. The calculation of percentage energy cost reduction shall exclude “non-regulated” loads.

*Table 2: Points Awarded for Percentage Reductions in Design Energy Cost Relative to MNECB and ASHRAE 90.1 – Existing Buildings*

Points	MNECB	ASHRAE/IESNA 90.1-1999
1	15%	5%
2	20%	10%
3	24%	15%
4	29%	20%
5	33%	25%
6	38%	30%
7	42%	35%
8	47%	40%
9	51%	45%
10	55%	50%

**Tabela 3-17**

Pontos Adquiridos por Porcentagem de Redução no Custo de Energia segundo MNECB e ASHRAE 90,1 Edifícios Existentes  
Fonte: LEED NC&MR, 2004

Regulated loads include HVAC (heating, cooling, fans and pumps), service hot water and interior lighting. Non-regulated loads include plug loads, exterior lighting, garage ventilation, elevators (vertical transportation) and process loads. II

O crédito apresentado na p.88 será adquirido se, no mínimo 75% das áreas ocupadas, alcançarem pelo menos 2% como fator de luz diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou o uso de simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx. É necessário ainda, que o ambiente possua redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

No caso do uso da simulação em computador, a mesma deverá ser realizada considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 0,75m acima do piso.

**Daylight & Views: Daylight 75% of Spaces**

II

**Intent**

Provide for the building occupants a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the building.

**Requirements**

Achieve a minimum Daylight Factor of 2% (excluding all direct sunlight penetration) or achieve at least 250 Lux (25footcandles) using a computer simulation model in 75% of all regularly occupied areas with the aid of a computer simulation model. Exceptions for areas where tasks would be hindered by the use of daylight will be considered on their merits.

...

### Potential Technologies & Strategies

Design the building to maximize interior daylighting. Strategies to consider include building orientation, shallow floor plates, increased building perimeter, exterior and interior permanent shading devices, high performance glazing and photo-integrated light sensors. Predict daylight factors via manual calculations or model daylighting strategies with a physical or computer model to assess illuminance levels and daylight factors achieved. Modeling must demonstrate 250 horizontal Lux (25 footcandles) under clear sky conditions, at noon, on the equinox, at 0.75 m (30 inches) above the floor. Any portion of a room achieving the requirements can qualify for this credit. "

O crédito da p.59, do Addendum requer que, no mínimo, 90% das áreas ocupadas tenham visão direta do exterior, através de superfície envidraçada entre 0,76m e 2,3m acima do piso acabado. Áreas diretamente ligadas às janelas devem apresentar uma razão entre superfície envidraçada e área de piso de, no mínimo, 0,07.

### " Daylight & Views

#### Views for 90% of Spaces

##### Intent

Provide for the building occupants a connection between indoor spaces and the outdoors through the introduction of daylight and views into the regularly occupied areas of the building.

##### Requirements

Achieve direct line of sight to the outdoor environment via vision glazing between 0.76 m (2'6") and 2.3 m (7'6") above finish floor for building occupants in 90% of all regularly occupied areas. Areas directly connected to perimeter windows must have a glazing-to-floor area ratio of at least 0.07. Determine the area with direct line of sight by totaling the regularly occupied square footage that meets the following criteria:

- In plan view, the area is within sight lines drawn from perimeter vision glazing.
- In section view, a direct sight line can be drawn from the area to perimeter vision glazing at a recommended height of 1.1 m (42"), representing the average seated height, or at an otherwise appropriate height as determined by the design team.

Line of sight may be drawn through interior glazing. For private offices, the entire square footage of the office can be counted if 75% or more of the area has direct line of sight to perimeter vision glazing. In all other cases, if the view area of any applicable room exceeds 90%, the entire square footage of the room can be counted.

...

### Potential Technologies & Strategies

Design the building to maximize daylight and views opportunities. Strategies to consider include lower partition heights, interior shading devices, interior glazing, and automatic photocell-based controls.

"



### 3.3.3.3

#### **LEED Canada Green Building Rating System for Commercial Interiors, Version 1.0, 2006**

O LEED *Canada Green Building Rating System for Commercial Interiors, Version 1.0* foi baseado no LEED CI norte-americano e no que se refere à iluminação natural e artificial, os pré-requisitos e os créditos são os mesmos que os da certificação LEED CI dos Estados Unidos.

## 3.4 PORTUGAL

### 3.4.1 LEIS

#### 3.4.1.1

#### **Decreto-Lei 38.382, Artigos 71 a 75**

O Decreto-Lei 38.382 de 1951 veio para atualizar as disposições do Regulamento de Salubridade das Edificações Urbanas, de 1903. Ainda que não se refira especificamente à iluminação, alguns artigos tratam da implantação das edificações de modo a assegurar que os espaços de trabalho e estar tenham apropriada ventilação e iluminação natural.

##### II Art 58

A construção ou reconstrução de qualquer edifício deve executar-se por forma que fiquem assegurados o arejamento, iluminação natural a exposição prolongada à acção directa dos raios solares, e bem assim o seu abastecimento de água potável a evacuação inofensiva dos esgotos....

##### Art 59

A altura de qualquer edificação será fixada de forma que em todos os planos verticais perpendiculares à fachada nenhum de seus elementos com excepção de chaminés e acessórios decorativos, ultrapasse o limite definido pela linha recta a 45º, traçada em cada um destes planos a partir do alinhamento da edificação fronteira, definido pela intersecção do seu plano com o terreno exterior....

##### Art 63

As câmaras municipais, salvo o disposto no artigo seguinte, não poderão consentir qualquer tolerância quanto ao disposto nos artigos anteriores deste capítulo, a não ser que reconhecidamente se justifiquem por condições excepcionais e irremediáveis, criadas antes da publicação deste regulamento, e somente se ficarem garantidas, em condições satisfatórias, a ventilação e iluminação natural e, tanto quanto possível, a insolação do edifício em todos os seus pisos habitáveis. II

Os artigos 47, 60, 62, 69, 71, 73, 75, 77 e 79 também tratam da implantação dos edifícios e os espaços necessários para iluminação e ventilação, porém estes artigos são referentes a prédios residenciais.

#### 3.4.1.2

#### **Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 2006**

O Decreto – Lei 78 de 2006 aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), em atendimento à Diretiva 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho que estabeleceu que os Estados, membros da União Européia, devem implementar um sistema de certificação energética que informe o cidadão

da qualidade térmica das edificações. A Diretiva exige também que o sistema de certificação abranja os grandes edifícios públicos e os visitados freqüentemente.

O Decreto – Lei 79 de 2006 aprova e publica o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE).

O Decreto – Lei 80 de 2006 aprova e publica a nova versão do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que já havia sido aprovado anteriormente pelo Decreto – Lei 40/90. Este foi o primeiro instrumento legal que, em Portugal, impôs requisitos ao projeto e a grandes reformas de edifícios, no sentido de promover o conforto térmico com um desempenho energético otimizado.

O RCCTE não inclui nenhum cálculo relacionado à iluminação natural.

Porém, indiretamente, a questão da iluminação se apresenta pois de acordo como o disposto no item 3 do Anexo IX, o fator solar máximo permitido para as áreas envidraçadas que excederem a 5% da área de piso pode chegar a 0,10.

Como já observou Luisa Brotas (2004) ao analisar o RCCTE de 1990,

“... é prática comum, reduzir a área de janelas ou usar vidros coloridos para satisfazer de maneira fácil, à regulamentação. Isto, na maioria dos casos, resulta numa redução significativa no acesso da luz do dia.”<sup>27</sup>

- II 3 – Factor solar máximo admissível. – Nenhum vão envidraçado da envolvente de qualquer edifício com área total superior a 5% da área útil de pavimento do espaço que serve, desde que não orientado para norte (entre noroeste e nordeste), pode apresentar um factor solar correspondente ao vão envidraçado com o(s) respectivo(s) dispositivo(s) de proteção 100% activo(s) que exceda os valores indicados no quadro IX.2 II

**Tabela 3-18**

Quadro IX.2 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem

Fonte: RCCTE, 2006

Quadro IX.2			
Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem			
Classe de inércia térmica, factor solar:	Zona Climática		
	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

<sup>27</sup> BROTAS, Luisa Gomes Mota e Costa. *Daylight and Planning in Europe*. Londres, 2004. Tese (Doutorado)- Philosophy, London Metropolitan University, p.45. Tradução livre do inglês.

## 3.5 REINO UNIDO

### 3.5.1 LEIS

#### 3.5.1.1

#### **Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2006 edition**

O Reino Unido, com o *Building Regulations 2000 for England and Wales*, estabeleceu uma série de regulamentos com o objetivo de melhorar a eficiência energética das instalações de iluminação.

O *Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2006 edition* faz parte de uma série que foram aprovados pela Secretaria de Estado com o propósito de fornecer um guia prático aos requerimentos técnicos do *Buildings Regulations 2000*.

Refere-se ao uso de lâmpadas eficientes, ao controle de equipamentos e luminárias e à instalação de sistemas de controle que permitam o efetivo uso da luz do dia onde apropriado. São apontadas maneiras de atender a estes requisitos, tais como o uso de lâmpadas de alta eficiência ou o uso de equipamentos de iluminação tais que, quando considerada a eficiência média de lâmpada e luminária para todo o edifício, a correspondente eficiência do projeto de iluminação não seja inferior a 45 lumens/Watt.

Apresenta, também, requisitos que dizem respeito aos controles de iluminação, encorajando o máximo uso da luz do dia e evitando o consumo desnecessário quando os espaços estão desocupados.

Os itens que se aplicam à iluminação em escritórios são:

"51 Fornecer iluminação com uma eficácia inicial média de não menos que 45 luminária-lumens/circuito-Watts como média de todas as áreas do edifício com o mesmo tipo de utilização. "

"54 Devem ser instalados controles de iluminação para evitar iluminação desnecessária no horário que os níveis de iluminação natural estão adequados ou quando os espaços estão desocupados.

**55** Instalar controles em locais de fácil acesso em cada área de trabalho ou na divisa entre duas áreas de trabalho e nos corredores de circulação geral, que sejam acionados manualmente pela ação deliberada dos usuários. "

"**57** A distância, no plano, entre qualquer controle local e qualquer luminária que o mesmo controla, não deve ser maior que 6m ou duas vezes a distância da luminária ao piso, o que for maior. Quando o espaço é iluminado pela luz do dia, proveniente de janelas laterais, é desejável que a fileira de luminárias do perímetro seja comandada separadamente.

**58** Controles locais acionados pelos usuários podem ser complementados por outros controles, tais como sistemas automáticos que:

- a. desligam as luzes quando os sensores indicam a ausência de pessoas; ou
- b. dimerizam ou desliguem a iluminação quando existe suficiente luz natural.

Quando instalados em locais apropriados, tais sistemas podem fazer uma útil contribuição no sentido de reduzir o BRE. "

"**90** BER é a Taxa de Emissão de CO<sub>2</sub> do Edifício.

**91** Espaço iluminado pela luz do dia significa qualquer espaço:

- a. até 6m de distância de uma parede com janela, desde que a área envidraçada corresponda ao menos a 20% da área interna da parede que contem a janela; ou
- b. debaixo de abertura zenital desde que a área envidraçada corresponda ao menos a 10% da área do piso. A transmitância luminosa do vidro deve ser no mínimo de 70%; ou, se a transmitância luminosa for reduzida abaixo de 70%, a área envidraçada deve ser aumentada proporcionalmente. "

### 3.5.1.2

#### **Approved Document L2B Conservation of fuel and power in existing buildings other than dwellings, 2006 edition**

Este documento, da mesma série do examinado acima, se refere a edifícios existentes.

Estes itens são iguais aos apresentados no documento L2A, com exceção da fórmula para cálculo da eficiência média da iluminação. No caso de edifícios existentes, a fórmula inclui o impacto dos controles de iluminação, e no caso de edifícios novos, este impacto já é considerado no método de avaliação do BRE - Taxa de Emissão de CO<sub>2</sub> do Edifício.

Assim, temos no item 52:

"52 A média luminária-lumens/circuito-Watt é calculada por:

Quantidade de lumens de todas as lâmpadas x LOR, dividido pelo total (circuito watts x fator de controle), onde:

LOR = taxa de saída de luz da luminária

Fator de controle = o fator aplicável quando controles automáticos reduzem substancialmente o consumo de energia quando a luz elétrica não é acionada. "

A tabela 4 apresenta os valores para o fator de controle:

Table 4 <b>Luminaire control factors</b>	
<b>Control function</b>	<b>Control Factor</b>
(a) The luminaire is in a daylit space and its light output is controlled by photoelectric switching or dimming control, with or without manual override.	0.90
(b) The luminaire is in a space that is likely to be unoccupied for a significant proportion of working hours and where a sensor switches off the lighting in the absence of occupants but switching on is done manually, except where this would be unsafe Central mechanical ventilation with heating and cooling	0.90
(c) Circumstances (a) and (b) combined	0.85
(d) None of the above	1.00

**Tabela 3-19** Tabela 4 - Fatores de Controle de Luminárias

Fonte: Approved Document L2B, 2006

## 3.5.2 NORMAS

### 3.5.2.1

#### **BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings**

Segundo seu Escopo, esta parte das Normas britânicas BS 8206. “fornece recomendações para o projeto de iluminação natural nos edifícios. Inclui recomendações sobre o projeto de iluminação elétrica, quando usada em conjunto com a luz do dia. A Seção 1 descreve o escopo do trabalho e apresenta as definições de alguns dos termos usados na norma. A Seção 2 dá os critérios para que os espaços internos disponham de vista, para o uso da luz do dia e da luz do sol na iluminação geral dos compartimentos e para o projeto de iluminação natural no desenvolvimento de tarefas. A Seção 3 compreende recomendações para o projeto de iluminação elétrica complementar e outros assuntos relacionados a projeto. Na Seção 4, métodos de cálculo são apresentados. Alguns dados para os cálculos são apresentados no Apêndice A. O Apêndice B traz as iluminâncias padrão de serviço e as iluminâncias de serviço para projeto.”

Na Seção 2, sob o título: A contribuição da luz do dia, são apresentadas recomendações para os três usos das janelas:

- "a) para vista;
- b) para realçar a aparência dos ambientes, usando a luz do sol (radiação direta) e a luz do dia (luz difusa);
- c) para a iluminação das tarefas visuais. "

Uma vez que as vistas do exterior mais limitadas costumam acontecer em compartimentos muito profundos e com janelas em apenas uma das paredes, a norma apresenta na Tabela 1 as áreas envidraçadas mínimas para uma visão adequada do exterior, nestes casos.

O uso da luz natural para iluminação de tarefas visuais, tem as seguintes características:

- a) Uma iluminância constante no plano de trabalho não pode ser mantida devido à variabilidade da luz natural ao longo do dia.
- b) A direção da luz proveniente da janela, a qual atua como uma grande fonte de luz difusa lateral ao usuário, fornece boa modelagem tri-dimensional. Aberturas zenitais apresentam um efeito modelador semelhante ao das luminárias instaladas no teto.

c) A distribuição espectral da luz do dia varia significativamente ao longo do dia, porém o índice de reprodução de cor desta luz é excelente.

**Tabela 3-20**

Tabela 1 – Áreas mínimas envidraçadas para vista quando as janelas estão restritas a uma parede  
Fonte: BSI 8206, 1992

Depth of room from outside wall (max.)	Percentage of window wall as seen from inside (min.)
m	%
< 8	20
8 – 11	25
11 – 14	30
> 14	35

NOTE Windows which are primarily designed for view may not provide adequate task illumination.

### Uniformidade

Quanto à uniformidade da iluminação natural a norma indica que a iluminância mínima não deve estar abaixo de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

### Ofuscamento

Muitas janelas causam ofuscamento, uma vez que a luz natural pode ser muito alta e o tamanho da fonte aparente (janela) é grande. Os efeitos do ofuscamento podem ser reduzidos por:

- o arranjo do layout de modo que o céu não esteja no campo imediato de visão do plano de trabalho;
- a janela esteja ao lado do usuário e não em frente a ele;
- uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão;
- previsão de iluminação adicional na parede da janela, através de outras janelas ou de iluminação elétrica.

No item 9 do capítulo 3: Eficiência Energética são feitas considerações sobre os controles de iluminação:

"Para que a luz natural faça uma real contribuição à eficiência energética de um edifício não é suficiente que ela seja admitida ao seu interior; apropriados controles de



iluminação são essenciais. Há quatro formas básicas de controle de iluminação ligados à luz natural:

- a) manual;
- b) desligamento automático com timer, com acionamento manual opcional;
- c) interruptor equipado com célula fotoelétrica;
- d) Controle de nível de iluminação com célula fotoelétrica.

A importância do controle da iluminação não pode ser subestimada. Num prédio comercial convencional, provido de iluminação natural, o uso de controles podem fazer uma diferença de 30 a 40% no uso da iluminação elétrica. "

#### Apêndice B

A Tabela 10 (Exemplos de atividades/interiores apropriadas para cada iluminância padrão em serviço) apresenta para atividades de escritórios:

"**500 lx** como iluminância padrão de serviço, para Escritórios em geral, cozinhas, laboratórios com características de atividade: tarefas com dificuldade visual moderada, isto é, detalhes a serem percebidos são de tamanho moderado e podem ser de baixo contraste; avaliação de cores também pode ser requerida. "

"**750 lx** como iluminância padrão de serviço, para Escritórios de desenho, pintura em porcelana com características de atividade: tarefas visuais difíceis, isto é, detalhes a serem percebidos são pequenos e de baixo contraste; boa avaliação de cores também pode ser requerida. "

A Figura 16 – Fluxograma para obtenção a iluminância de serviço para projeto a partir da iluminância de serviço padrão, reproduzida na página seguinte, detalha as atividades a serem exercidas no ambiente e mostra a variação da iluminância necessária em função destes detalhes.

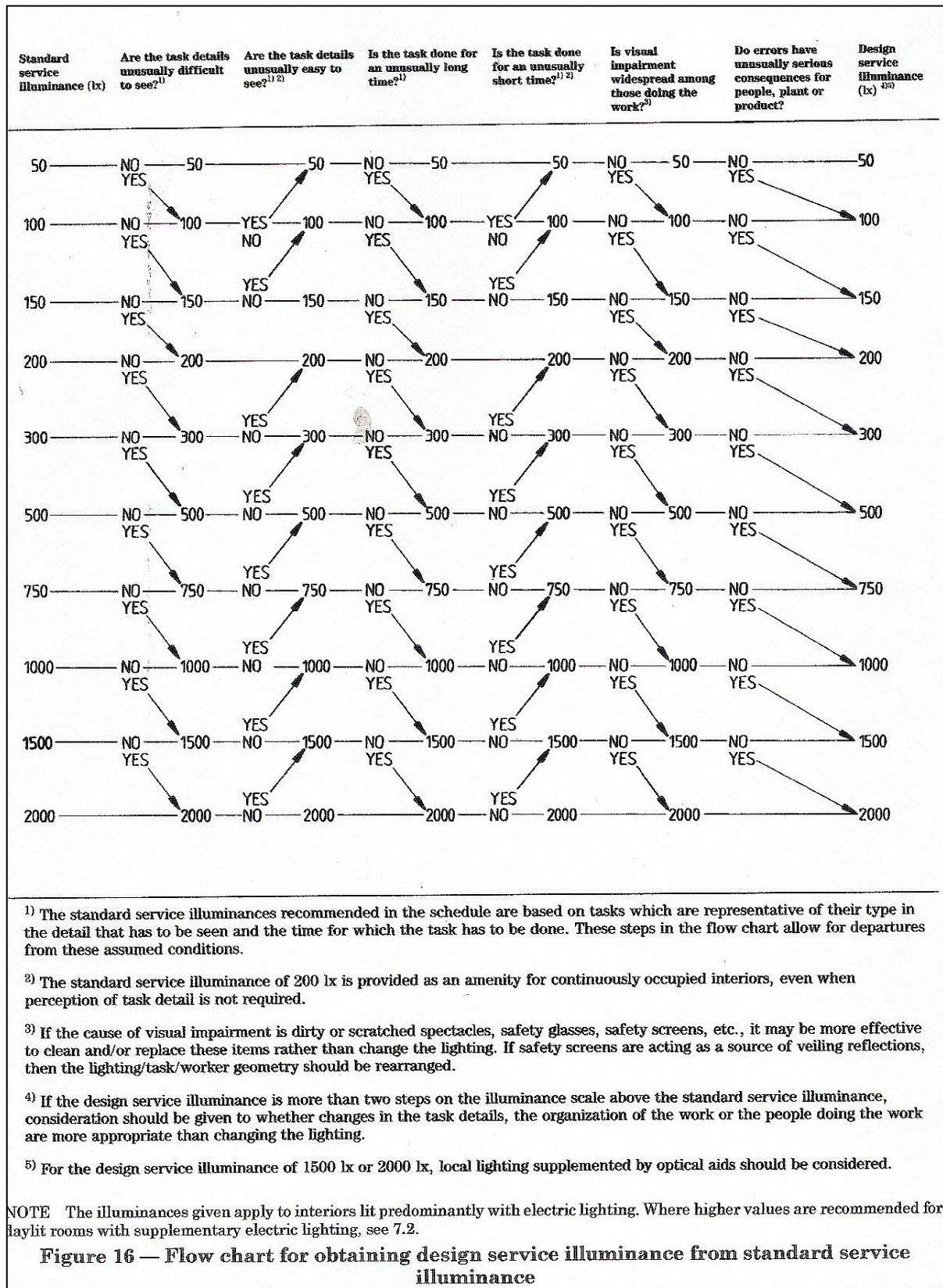


Figura 3-13 Figura 16 - Fluxograma para obtenção da iluminância de serviço de projeto a partir da iluminância de serviço padrão  
Fonte: BSI 8206, 1992

### 3.5.2.2

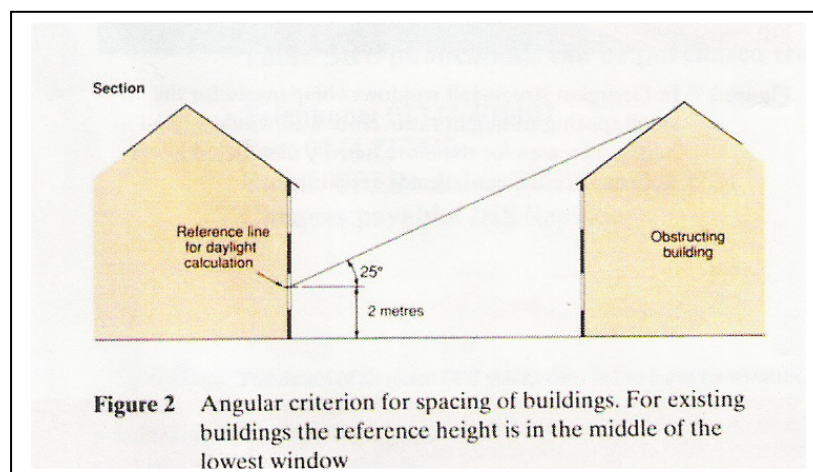
#### BRE Information Paper, IP 5/92 Site layout planning for daylight and sunlight, 1992

Este documento escrito por P. J. Littlefair, resume o relatório do BRE (*Building Research Establishment*) *Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice*, de 1991. Trata-se de um guia para o planejamento urbano, que apresenta recomendações com o objetivo de garantir luz natural para os edifícios bem como para os espaços abertos entre eles.

A IP 5/92 apresenta regras para planejamento urbano e implantação de edifícios que uma vez seguidas garantem a iluminação natural para os edifícios.

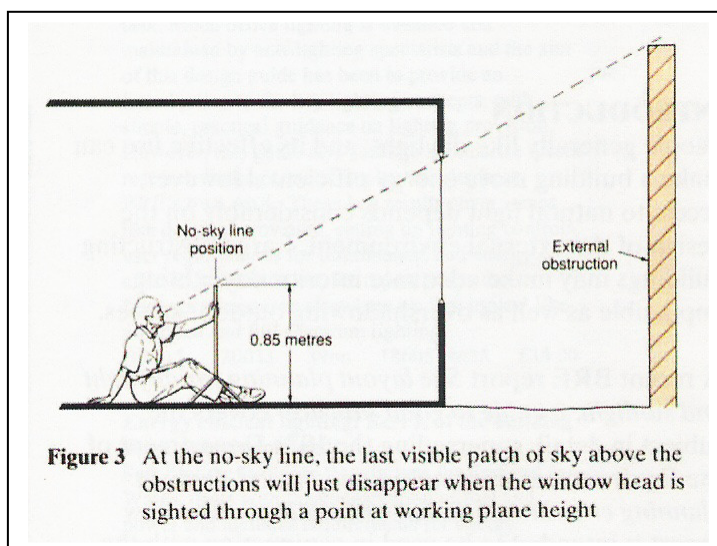
A primeira delas, representada pela Figura 3-13, propõem:

- a) desenhar um corte perpendicular à janela que se queira investigar;
- b) desenhar o ângulo formado por uma linha horizontal 2m acima do piso e a linha que passa pelo ponto mais alto da obstrução externa e pelo encontro da linha horizontal e a linha da janela;
- c) se este ângulo for igual ou menor que  $25^\circ$ , há potencial de boa iluminação natural para o interior.



**Figura 3-14** Critério angular para espaçamento de edifícios.  
Fonte: BRE, 1992

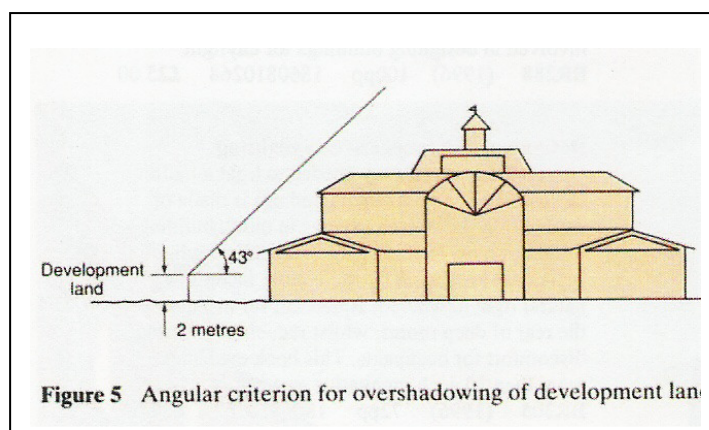
A distribuição da luz natural em edifícios existentes pode ser avaliada pela demarcação, com o auxílio de cortes perpendiculares à janela (Figura 3-14), da linha *no-sky*. Esta linha divide pontos do plano de trabalho que avistam ou não o céu.



**Figura 3-15**

Critério angular para a distância até a obstrução externa  
 Fonte: BRE, 1992

É apresentada também uma recomendação (Figura 3-15) que garante os recuos necessários a uma edificação para que ela não venha a obstruir o acesso à luz natural de edificações vizinhas.



**Figura 3-16** Critério angular para avaliação de sombreamento entre edificações.

Fonte: BRE, 1992

### 3.5.3 CERTIFICAÇÕES

#### 3.5.3.1

##### **BREEAM Offices 2006 Pre Assessment Estimator**

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) foi criado em 1990 em duas versões: residências e escritórios. Como este método de certificação está baseado nas *UK Buildings Regulations*, ele é revisado a cada modificação nos regulamentos. Desde o seu lançamento, foram surgindo diferentes versões para os diferentes tipos de prédios.

Estas versões tratam todas dos mesmos impactos ambientais: gerenciamento do edifício; saúde e bem estar; energia; transporte; água; materiais e desperdício; uso da terra e ecologia; poluição.

Para avaliações de prédios de escritórios estão disponíveis dois documentos: *Design & Procurement*: para construções novas e grandes reformas;

*Manegement & Operation*: para edifícios existentes e ocupados.

As partes destes dois documentos que se referem à iluminação natural são apresentadas abaixo:

##### *Design & Procurement:*

Credit Reference	HEALTH & WELLBEING	Points
<b>HW01</b>	Where at least 80% of net lettable office floor area is adequately daylit.	1.154
<b>HW02</b>	Where evidence provided demonstrates that all desks are within a 7m radius of a window.	1.154
<b>HW03</b>	Where evidence provided demonstrates that an occupant controlled glare control system (e.g. internal or external blinds) is fitted.	1.154
<b>HW04</b>	Where evidence provided demonstrates that high frequency ballasts are installed on all fluorescent and compact fluorescent lamps.	1.154
<b>HW05</b>	Where evidence provided demonstrates that all internal and external lighting, where relevant, is specified in accordance with the appropriate maintained illuminance levels (in lux) recommended by CIBSE.	1.154
<b>HW06</b>	Where evidence provided demonstrates that lighting, in all occupied areas, is zoned to allow separate control.	1.154

"	ENERGY	
Credit Reference		Points
<b>E02</b>	Where electricity sub metering is provided for substantive energy uses within the building covering <u>lighting</u> and <u>small power</u> , and each of the following where present: · Computer Room · Humidification Plant · Cooling Plant · Fans (major) · If a building has other major energy consuming items, they should be covered as appropriate e.g. catering facilities.	0.76
<b>E03</b>	Where evidence provided demonstrates sub-metering of energy use by tenancy/areas is installed within the building.	0.76
<b>E04</b>	Where energy efficient external luminaires are specified and all light fittings controlled for the presence of daylight.	0.76

*Management & Operation*

"	HEALTH & WELLBEING	
Credit Reference		Points
<b>HW01</b>	Where at least 80% of net lettable office floor area is adequately daylight.	1
<b>HW02</b>	Where evidence provided demonstrates that all desks are within a 7m radius of a window.	1
<b>HW03</b>	Where evidence provided demonstrates that an occupant controlled glare control system (e.g. internal or external blinds) is fitted.	1
<b>HW04</b>	Where evidence provided demonstrates that high frequency ballasts are installed on all fluorescent and compact fluorescent lamps.	1
<b>HW05</b>	Where evidence provided demonstrates that all internal and external lighting, where relevant, is specified in accordance with the appropriate maintained illuminance levels (in lux) recommended by CIBSE.	1
<b>HW06</b>	Where evidence provided demonstrates that lighting, in all occupied areas, is zoned to allow separate control.	1

"	ENERGY	
Credit Reference		Points
<b>E02</b>	Where electricity sub metering is provided for substantive energy uses within the building covering <u>lighting</u> and <u>small power</u> , and each of the following where present: · Computer Room · Humidification Plant · Cooling Plant · Fans (major) · If a building has other major energy consuming items, they should be covered as appropriate e.g. catering facilities.	0.64

<b>E03</b>	Where evidence provided demonstrates sub-metering of energy use by tenancy/areas is installed within the building.	0.64
<b>E04</b>	Where energy efficient external luminaires are specified and all light fittings controlled for the presence of daylight.	0.64
<b>E06</b>	Where preventative maintenance procedures for mechanical and electrical services have been installed in the building. This can be done where there are established periodic scheduled maintenance procedures in place covering the following: · calibration and operation of heating and cooling systems including boiler/burner systems. · ventilation and humidification systems. · lighting systems. · domestic hot water systems.	0.64 0.64 0.64 0.64

NOTE: These point scores ARE cumulative.

||

## 3.6 FRANÇA

### 3.6.1 LEIS

#### 3.6.1.1

##### Code du Travail

Os artigos do Código do Trabalho que se aplicam à iluminação em escritórios, são:

Artigo R 232-7-1

"A iluminação deve ser concebida e instalada de maneira a evitar a fadiga visual, bem como os problemas de visão que daí resultam... "

Artigo R 232-7-2

"Os níveis de iluminação medidos no plano de trabalho devem ser, no mínimo, iguais aos valores indicados na tabela abaixo. "

Types de locaux	Eclairage minimal (lux)
Voies de circulation intérieures	40
Escaliers et entrepôts	60
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200
Zones et voies de circulation extérieures	10
Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40

**Tabela 3-21** Níveis de iluminação de acordo com os tipos de locais de trabalho

Fonte: Code du Travail

Artigo R 232-7-3

"Na iluminação artificial, a razão dos níveis de iluminação, entre os da área de trabalho e os da iluminação geral deve estar entre 1 e 5; o mesmo para a razão entre os níveis de iluminação entre locais contíguos, em comunicação. "

Artigo R 232-7-4

"As estações de trabalho devem estar protegidas da radiação solar direta, tanto pelo projeto adequado das aberturas, como por proteções fixas ou móveis. "



#### Artigo R 232-7-5

"Estratégias apropriadas devem ser adotadas para proteger os empregados contra o ofuscamento e a fadiga visual provocados por superfícies com altos índices de luminância ou por diferenças muito grandes de luminâncias, entre superfícies vizinhas. As fontes de luz devem ter uma qualidade de reprodução de cor, relacionada com a atividade prevista e as mesmas não devem comprometer a segurança do pessoal. Os fenômenos de oscilação da luz não devem ser perceptíveis e não devem provocar o efeito estroboscópico. "

#### Artigo R 232-7-6

"Todos os dispositivos devem ser adotados para que os empregados não sejam incomodados pelos efeitos térmicos devido à radiação das fontes de luz. As fontes de luz devem ser instaladas de modo a evitar todo o risco de queimadura. "

#### Artigo R 232-7-7

"Os comandos de iluminação devem ser de fácil acesso. Nos locais de pouca visibilidade, devem possuir mostradores luminosos. "

#### Artigo R 235-2:

"As construções devem ser concebidas e projetadas de tal modo que a luz natural possa ser utilizada na iluminação dos locais de trabalho, salvo nos casos onde a natureza técnica do trabalho a isto se opõe. "

#### Artigo R 235-2-1:

"Estes locais devem igualmente comportar, à altura dos olhos, aberturas transparentes, permitindo a vista do exterior. "

### 3.6.1.2

#### **Code de la Construction et de l'Habitation**

Os artigos deste regulamento que tratam da iluminação nos locais de trabalho são:

#### Artigo R121-20, I. 1º

"As construções novas e as reformas nas existentes devem ser executadas de modo a respeitar as características térmicas mínimas assim como as condições seguintes:

1º O consumo de energia de um edifício para aquecimento, ventilação, climatização, aquecimento d'água e iluminação deve ser inferior ou igual ao consumo de energia de referência deste edifício e, para certos tipos de prédios, a um consumo máximo; "

Artigo R131-26

"Quando o custo total previsto das obras de reforma referentes à envoltória de um edifício de área útil superior a 1.000m<sup>2</sup>, e de suas instalações de aquecimento, produção de água quente, resfriamento, ventilação, e iluminação; ou referentes somente a sua envoltória, é superior a 25% de seu valor, o desempenho energético deve ser melhorado. "

Artigo R131-28

"Salvo no caso de instalações previstas no artigo 131-26, as características térmicas e as performances energéticas dos equipamentos, instalações, obras ou sistemas devem estar conforme as prescrições fixadas pelo despacho dos ministros encarregados da energia, assim que sejam colocados, instalados ou trocados.

A disposição da alínea precedente se aplica:

...- aos sistemas de iluminação dos locais. "

Artigo R134-2

"O diagnóstico de performance energética compreende:

As características pertinentes do edifício ou de parte do edifício e um descritivo de seus equipamentos de aquecimento do ambiente, de aquecimento d'água, de resfriamento, de ventilação e, em certos tipos de edifícios, da iluminação integrada dos locais indicando, para cada categoria de equipamentos, as condições de sua utilização e manejo, apresentando as incidências dos consumos energéticos. "

### 3.6.1.3

#### **Regulamentation Termique 2000**

Sob o título: Regulamentation Termique 2000 reúnem-se o Decreto 2000-1153 de 29 de novembro de 2000 e 12 Despachos. A RT2000 modifica o Código da Construção e da Habitação estabelecendo a aplicação da lei 96-1236 de 30 de dezembro de 1996 sobre a utilização racional da energia.

As partes destes regulamentos que se aplicam à iluminação de escritórios, são:

Despacho de 29 de novembro de 2000

Artigo 26

"A potência de iluminação de referência ( $P_{eclref}$ ) depende do uso do local. É dada, nas tabelas seguintes, em watt por metro quadrado de área de piso dos locais ou em watt por metro quadrado de área de piso para 100lux de iluminação mantida.

Qualquer um dos dois modos de cálculo, global ou detalhado, indicados no método de cálculo Th-C, pode ser utilizado para obter o consumo de referência de iluminação. "

Cálculo global

Destination de la zone	$P_{eclref}$
Commerces et bureaux	16 W / m <sup>2</sup>
Zone où l'éclairage général est insuffisant pour assurer seul le confort visuel	3 W / m <sup>2</sup> pour 100 lux

**Tabela 3-22** Potência de referência para iluminação – cálculo global  
 Fonte: Regulamentation Termique, 2000

Cálculo detalhado (Despacho de 22 de dezembro de 2003, artigo 9)

Type de local	$P_{eclref}$
Stockage et archives	6 W / m <sup>2</sup>
Hall d'accueil et circulations	12 W / m <sup>2</sup>
Autre local de 30 m <sup>2</sup> ou plus	15 W / m <sup>2</sup>
Autre local de moins de 30 m <sup>2</sup>	18 W / m <sup>2</sup>
Local demandant un éclairage à maintenir de plus de 600 lux ou local où l'éclairage général est insuffisant pour assurer seul le confort visuel:	
-local de moins de 30 m <sup>2</sup>	4 W / m <sup>2</sup> pour 100 lux
-local de 30 m <sup>2</sup> ou plus	3 W / m <sup>2</sup> pour 100 lux

**Tabela 3-23** Potência de referência para iluminação – cálculo detalhado  
 Fonte: Regulamentation Termique, 2000

Artigo 27

"O acesso à luz natural, tomado como referência, é:

- médio, no sentido adotado pelo método de cálculo Th-C, nas partes do edifício que tem acesso à luz do dia;
- impossível, nas partes do edifício que não tem acesso à luz do dia. "

#### Artigo 62

"Num mesmo local, as áreas iluminadas artificialmente que estão localizadas a menos de 4m de uma abertura devem ser comandadas separadamente dos outros pontos de iluminação, desde que a potência total instalada em cada uma destas áreas seja superior a 200W. "

#### Artigo 64

"Se a superfície iluminada passa de 1000m<sup>2</sup> um ou mais dispositivos devem permitir a monitoração do consumo com iluminação. "

### 3.6.1.4

#### **Regulation Termique 2005**

##### I. Decreto 2006-592 de maio de 2006

Este decreto altera a seção IV do capítulo Iº do título Iº do livro Iº do Código da Construção e da Habitação.

Os artigos deste decreto que se aplicam à iluminação em escritórios são:

#### Artigo 63

"Todos os locais onde os ocupantes podem atuar nos comandos da iluminação, devem comportar no mínimo, um dos dispositivos seguintes:

- um interruptor a cada saída;
- um sensor de presença, eventualmente temporizado, para o desligamento da iluminação quando o local estiver vazio;
- um comando manual que permita o acionamento das luminárias em cada estação de trabalho. "

#### Artigo 64

"Em todo o local onde o comando da iluminação compete a uma central de controle, mesmo durante o período de ocupação, deve haver um dispositivo permanente de acionamento da iluminação. Se este dispositivo não está situado no local considerado, o mesmo deverá mostrar o estágio de iluminação deste local, no lugar de instalação do comando. "

#### Artigo 66

"Num mesmo local, as áreas iluminadas artificialmente que estão localizadas a menos de 5m de uma abertura devem ser comandadas separadamente dos outros pontos de iluminação, desde que a potência total instalada em cada uma destas áreas seja superior a 200W. "

#### Artigo 67

"Quando a iluminação natural é suficiente, a iluminação artificial deve ser automaticamente desligada, pelo uso de dispositivo com sensor de claridade. "

### II. Despacho de 24 de maio de 2006

Este despacho tem o objetivo de determinar as modalidades de aplicação das regras editadas no artigo R111-20 do Código da Construção e da Habitação.

O texto dos artigos deste decreto que se aplicam à iluminação em escritórios são:

#### Artigo 4

"O consumo convencional de energia de um edifício para o aquecimento, a ventilação, o resfriamento, o aquecimento d'água e a iluminação dos locais, se exprime sob a forma de um coeficiente, expresso em kWh/m<sup>2</sup> de energia primária (Cep). A superfície levada em conta é igual à área útil do edifício, conforme definida no artigo R112-2 do Código do Urbanismo.

Estes coeficientes são calculados anualmente, adotando-se os dados climáticos convencionais para cada zona climática, segundo as modalidades de cálculo definidas no método de cálculo Th-C-E aprovado por um despacho do ministro encarregado da construção e da habitação e do ministro encarregado da energia. "

#### Artigo 32

"A potência de iluminação de referência ( $P_{eclref}$ ) depende do uso do local. É dada nas tabelas seguintes em watt por metro quadrado de área de piso dos locais ou em watt por metro quadrado de área de superfície útil para 100 lx de iluminação mantida. "

DESTINATION DE LA ZONE	$P_{eclref}$
Commerces et bureaux	12 W / m <sup>2</sup>
Local demandant um éclairage à maintenir de plus de 600 lux	2,5 W / m <sup>2</sup> pour 100 lux, avec une limite supérieure de 25 W / m <sup>2</sup>

**Tabela 3-24** Potência de referência para iluminação  
Fonte: Regulamentation Thermique, 2005

## 3.6.2 NORMAS

### 3.6.2.1

#### NFX 35-121 Travail sur écran de visualisation et clavier, 1987

A NFX 35-121 define a disposição e o entorno dos locais de trabalho equipados com terminais de computador.

Sob o título: Entorno Físico, o item: 2. Ambiente Luminoso trata especificamente das questões de iluminação:

#### 1) Ofuscamento

- para evitar o ofuscamento é necessário eliminar do campo visual dos trabalhadores as fontes luminosas ou as superfícies reflectantes que tenham uma luminância muito forte.
- é recomendável não ultrapassar a seguinte relação de luminâncias: 5 entre a tela, teclado, documento e plano de trabalho; 10 entre estes mesmos elementos e os outros elementos do entorno visual.
- para evitar reflexos sobre a tela é necessário deslocá-las da incidência direta da luz natural.

#### 2) Fontes luminosas

- nos locais de grandes dimensões que possuam superfícies reflexivas significativas, as telas devem ser móveis para ocultar as zonas de forte luminância;
- a iluminação geral deve assegurar uma iluminação uniforme (fator de uniformidade superior a 0,7) nos planos de trabalho do computador, de 200 a 300 lx;
- a iluminação deve provocar o menor reflexo possível sobre a tela; na iluminação artificial este efeito pode ser evitado com o uso de iluminação indireta;

- as fontes luminosas devem apresentar uma temperatura de cor, adaptada aos níveis de iluminação, de 3000 a 4000° K e um índice de reprodução de cores, igual ou acima de 80;
- oscilações na emissão de luz das lâmpadas, causa de doenças e fadiga visual, devem ser eliminadas por instalações elétricas, equipamentos e manutenção adequadas;
- nos locais de grandes dimensões instalar fileiras de luminárias, paralelamente às janelas, permitindo-se o acionamento independente das fileiras em função da luz do dia.

3) Superfícies iluminadas – são proibidos os revestimentos brilhantes e os fatores de reflexão devem ser:

- teto:  $\geq 0,7$
- paredes: entre 0,4 e 0,6
- piso: entre 0,2 e 0,4
- plano de trabalho: entre 0,3 e 0,5

#### 3.6.2.2

##### **NFX 35-103 Principes d'ergonomie visuelle pour l'éclairage des locaux, 1990**

Esta norma estabelece regras para adaptar os locais de trabalho às características físicas e psicológicas do usuário.

Recomenda o uso da luz natural na composição da iluminação do ambiente e apresenta três itens aplicáveis a iluminação de escritórios:

- 1) O nível de iluminação para os escritórios em geral, inclusive para locais de trabalho com computadores, deve ser de 500 lux.
- 2) Como temperatura de cor das lâmpadas, esta norma indica que iluminações superiores a 500 lx devem se constituir de lâmpadas com temperatura de cor acima de 5000° K e iluminações abaixo de 300 lx, de lâmpadas de 3300° K.
- 3) Para os fatores de reflexão, são indicados:
  - $\geq 0,7$  para o teto;
  - 0,3 a 0,7 para as paredes;
  - 0,2 a 0,4 para o piso;
  - 0,3 a 0,5 para o plano de trabalho.

## 3.6.2.3

NF EN 12464-1 *éclairage des lieux de travail* Partie 1, 2003

Esta norma apresenta as exigências de iluminação para os locais de trabalho internos aos edifícios, de modo a atender às necessidades de conforto e *performance* visual. Para a elaboração da norma, foram consideradas todas as tarefas visuais usuais, inclusive o trabalho com computadores.

As recomendações da NF EN 12464-1 estão apoiadas, basicamente em três quesitos:

- 1) A iluminação média a manter no plano de trabalho, que leve em conta o conforto visual, o bem estar, as necessidades de segurança e economia. A norma enfatiza que a iluminação média em serviço deve ser aumentada segundo um fator de aproximadamente 1,5 quando: o trabalho é crítico e os contrastes entre os objetos são mais fracos que habitualmente ou quando a busca pela produtividade é da mais alta importância.
- 2) O limite de ofuscamento – recomenda o cálculo da taxa de ofuscamento (GRL) pelo método da CIE.
- 3) Índice mínimo de reprodução de cor: 80, para locais de trabalho.

Tableau 1 - Rapport des éclairagements et uniformités entre les zones environnantes et la zone de travail	
Éclairage de la tâche $I_x$	Éclairage des zones environnantes immédiates
$\geq 750$	500
500	300
300	200
$\leq 200$	$E_{\text{tâche}}$
Uniformité: $\geq 0,7$	Uniformité: $\geq 0,5$

**Tabela 3-25**

Relação dos níveis de iluminação e uniformidades entre o entorno e a área de trabalho

Fonte: NF EN 12464-1, 2003

Os aspectos energéticos são abordados com a prescrição de comandos para controle da iluminação e da necessidade de considerar a iluminação natural.



Tableau 5.3 - Éclairage des bureaux

**3. Bureaux**

Nº ref.	Type d'Intérieur, tâche ou activité	$E_m$ lx	RGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Remarques
3.1	Classement, transcription Ecriture, dactylographie, lecture,	300	19	80	Pour le travail sur écran voir 4.11
3.2	traitement de donnés	500	19	80	
3.3	Dessin industriels Postes de travail, de conception	750	16	80	Pour le travail sur écran voir 4.11
3.4	assistée par ordinateur	500	19	80	
3.5	Salle de conférence et de réunion	500	19	80	Um contrôle de l'éclairage est recommandé
3.6	Réception	390	22	80	
3.7	Archives	200	25	80	

**Tabela 3-26** Índices exigidos para nível de iluminação média, limite de ofuscamento e índice de reprodução de cor  
 Fonte: NF EN 12464-1. 2003

### 3.6.2.4

#### NF EN 15193 Performance énergétique des bâtiments, 2007

A norma NF EN 15193 desenvolvida pela AFNOR (*Association Française de Normalisation*), foi adotada pelo CEN (*Comité Européen de Normalisation*).

Conforme o apresentado, na primeira página, sob o título – Análise:

"O presente documento especifica a metodologia de cálculo que permite avaliar a quantidade de energia utilizada para iluminação de um edifício e fornecer o indicador numérico para as exigências energéticas, em matéria de iluminação, aplicadas no processo de certificação. O método pode ser aplicado nas construções existentes e no projeto de construções novas. Apresenta também projetos de referência para fixar as metas energéticas que se referem à iluminação. Fornece igualmente uma metodologia para o cálculo de energia dinâmica de iluminação que permite estimar a performance energética total do edifício. "

O capítulo 4 é dedicado ao Cálculo da energia utilizada para iluminação.

"Energia total estimada:

$$W_t = W_{L,t} + W_{p,t} \text{ [kWh]} \quad \text{onde:}$$

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n \times F_c) \times [ (t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o) ] \} / 1000 \text{ [kWh]}$$

$$W_{p,t} = \sum \{ \{ P_{pc} \times [ t_y - (t_D + t_N) ] \} + (P_{em} \times t_e) \} / 1000 \text{ [kWh]}$$

$W_t$  - energia total utilizada para iluminação

$W_{L,t}$  - consumo de energia utilizada para iluminação

$W_{p,t}$  - consumo de energia auxiliar da luminária

$t_y$  - duração de um ano típico, suposto com 8760 h

$t_D$  - tempo de utilização a luz do dia

$t_N$  - tempo de utilização na ausência da luz do dia

$t_e$  - tempo de carga da iluminação de emergência

$F_D$  - fator de dependência da luz do dia fator

$F_o$  - fator de dependência da ocupação

$F_c$  - fator de iluminação constante

$P_n$  - potência de iluminação total instalada

$P_{pc}$  - potência auxiliar total instalada dos sistemas de regulação

$P_{em}$  - potência de carga total instalada absorvida pelas luminárias de emergência

Energia total anual utilizada pela iluminação:

$$W = W_L + W_p \text{ [kWh/an]} \quad \text{onde:}$$

$W_L$  - energia anual utilizada para iluminação

$W_p$  - energia auxiliar anual utilizada

Indicador numérico de energia para iluminação:

$$\text{LENI} = W / A \text{ [ kWh/(m}^2 \times \text{an) ]} \quad \text{onde:}$$

$A$  - área total útil de piso do edifício"

O capítulo 6 é dedicado ao detalhamento do método com os cálculos dos fatores de dependência da luz do dia, de ocupação e de iluminação constante.

No capítulo 7, temos:

"Referencial de exigências energéticas de iluminação

Quando do projeto dos edifícios novos ou de reformas, convém determinar os dados de referência com a estimativa das exigências energéticas totais de iluminação a partir de

um conjunto de dados padrão, como os que aparecem no Anexo F. Os dados mostram a densidade de potência instalada para iluminação determinada para cada tipo de uso. Os valores são baseados nos critérios de iluminação necessários e desejáveis aplicados ao edifício. "

No anexo F, a tabela dos valores de referência e critérios de concepção de iluminação.

**Annexe F**  
(informative)  
**Valeurs de référence et critères de conception de l'éclairage**

**Tableau F.1 — Valeurs de référence par défaut**

	Classe de qualité	Puissance auxiliaire de secours $P_{em}$ kWh/(m <sup>2</sup> × an)	Puissance auxiliaire des régulations $P_{pc}$ kWh/(m <sup>2</sup> × an)	PN		$f_D$	$f_N$	$F_c$		$F_o$		$F_D$		Éclairage sans rec		Éclairage avec rec		
				W/m <sup>2</sup>	h			h	Éclairage sans rec	Éclairage avec rec	Manuel	Auto	Manuel	Auto	LENI	LENI	LENI	LENI
				Valeur limite				Valeur limite		Manuel Auto		Manuel Auto		kWh/(m <sup>2</sup> × an)		kWh/(m <sup>2</sup> × an)		
Bureau	*	1	5	15	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	42,1	35,3	38,3	32,2		
	**	1	5	20	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	54,6	45,5	49,6	41,4		
	***	1	5	25	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	67,1	55,8	60,8	50,6		
Établissement d'enseignement	*	1	5	15	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	34,9	27,0	31,9	24,8		
	**	1	5	20	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	44,9	34,4	40,9	31,4		
	***	1	5	25	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	54,9	41,8	49,9	38,1		
Établissement sanitaire	*	1	5	15	3 000	200	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	70,6	55,9	63,9	50,7		
	**	1	5	25	3 000	200	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	115,6	91,1	104,4	82,3		
	***	1	5	35	3 000	200	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	160,6	126,3	144,9	114,0		
Hôtellerie	*	1	5	10	3 000	200	1	0,9	0,7	0,7	1	1	38,1	38,1	34,6	34,6		
	**		5	20	3 000	200	1	0,9	0,7	0,7	1	1	72,1	72,1	65,1	65,1		
	***	1	5	30	3 000	200	1	0,9	0,7	0,7	1	1	108,1	108,1	97,6	97,6		
Restauration	*	1	5	10	1 250	125	1	0,9	1	1	1	—	29,6	—	27,1	—		
	**	1	5	25	1 250	125		0,9	1	1	1	—	67,1	—	60,8	—		
	***	1	5	35	1 250	125	1	0,9	1	1	1	—	92,1	—	83,3	—		

(à suivre)

**Tabela 3-27** Valores de referência e critérios de concepção de iluminação  
 Fonte: NF EN 15193, 2007

No capítulo 8 temos: Concepção e prática em matéria de iluminação.

"A concepção e a prática em matéria de iluminação evoluem constantemente e podem apresentar dados importantes sobre as exigências energéticas de iluminação. Um número de fatores de influência são estudados e descritos no Anexo H sob os títulos:

- Controle individual:

Sistema de acionamento de iluminação utilizado nos locais de trabalho para fornecer o conforto de iluminação individual com regulagem em função de preferências pessoais.

- Luz algorítmica:

Sistema de iluminação que permite levar em conta os efeitos biológicos não visuais pela modificação automática dos níveis, da direção e da temperatura de cor da luz.

- Conduítes de luz:

Os conduítes de luz são tubos reflexivos que dirigem a luz do sol e a luz do dia proveniente de aberturas no teto dos edifícios até as luminárias instaladas no seu interior.

- Instalações de iluminação com regulagem cênica:

Sistema de iluminação que permite pré determinar diversas cenas de iluminação no tempo e no espaço para diferentes atividades praticadas num local.

- Direcionamento da luz do dia

É possível realizar economia de energia empregando sistemas de direcionamento da luz do dia que permitem que quantidades suficientes de luz do dia penetrem nos espaços mais profundos, com controle do ofuscamento e dos ganhos térmicos excessivos. "

### 3.6.3 CERTIFICAÇÕES

Ligada ao CSTB, a CERTIVEA reúne e acompanha as diversas certificações que, na França, se referem a construção e que se dividem em três tipos:

- 1) Certificações para profissionais que atuam na construção civil como arquitetos, incorporadores e engenheiros e administradores de prédios residenciais.
- 2) Certificações para obras e serviços a ela relacionados: Certificação HQE para edifícios.
- 3) Certificação para os especialistas da área da construção: *CSTB Competence*.

#### 3.6.3.1

##### **HQE Haute Qualité Environnementale**

Fundada em 1996, A Associação HQE é um fórum que promove a troca, diálogo e treinamento entre os profissionais da construção civil, com o objetivo no alto desempenho energético e na sustentabilidade dos edifícios.

Dentro deste espírito, foi criada a certificação voluntária HQE, um sistema de avaliação que tem seu foco na redução do consumo dos recursos naturais, na redução da emissão de poluentes e no conforto ambiental dos edifícios. Refere-se principalmente às fases de projeto e construção de edificações novas e de grandes reformas.

No Domínio D1 , sob o título “Gestão de Energia”, aparece a Exigência 4.1: Redução do consumo de energia primária não renovável. Para atender a este item é investigado o desempenho da envoltória em relação (entre outros fatores) à necessidade de iluminação artificial. Esta avaliação é feita pelo acesso à iluminação natural que os ambientes possuem, de acordo com os parâmetros apresentados pelo Decreto 2000-1153 de 29 de novembro de 2000.

No item 10 “Conforto Visual”, do Domínio 2, há três exigências relacionadas à iluminação de interiores:

10.1 Usar de maneira otimizada as qualidades da luz natural evitando seus inconvenientes (ofuscamento):

- Dispor da luz do dia nas zonas ocupadas do fundo;
- Buscar um equilíbrio de luminâncias;
- Evitar o ofuscamento direto ou indireto.

São apontados como indicadores para a avaliação destas exigência:

- Porcentagem dos locais que dispõe de iluminação natural;
- Fator de luz diurna (mínimo) para os diferentes tipos de local, segundo o uso ou classe de iluminação em função do cálculo:  $I_{vc} - 5I_p$  ( onde:  $I_{vc}$  é o índice de envidraçamento corrigido e  $I_p$  é o índice de profundidade);
- Parte dos locais onde o fator de luz diurna (ou a classe de iluminação) é suficiente segundo o uso do local;
- Estratégias adotadas para assegurar um bom equilíbrio de luminâncias em iluminação natural;
- Estratégias adotadas para evitar o ofuscamento, segundo o tipo de local (pouco sensível, sensível, muito sensível ao ofuscamento).

10.2 Dispor de uma iluminação artificial confortável (projetada para funcionar na ausência da luz natural ou em complementação a esta, quando necessário):

- Dispor de nível de iluminação de acordo com as atividades;
- Assegurar uma boa uniformidade de iluminação;
- Evitar o ofuscamento devido à iluminação artificial e buscar um equilíbrio das luminâncias;
- Assegurar uma boa qualidade de iluminação;
- Domínio do ambiente visual pelo usuário;
- Utilizar a iluminação artificial unicamente quando necessário.

O atendimento destas exigências é comprovado pela informação dos:

- Nível de iluminação artificial dos diferentes locais segundo seus usos;
- Coeficiente de uniformidade (dos diferentes tipos de locais) ou a relação  $e/h$  ( $e$ : distância entre duas luminárias,  $h$ : distância entre a luminária e o plano de trabalho);
- Estratégias adotadas para evitar o ofuscamento;
- Estratégias adotadas para assegurar um bom equilíbrio de luminâncias em iluminação artificial;
- Temperatura de cor das lâmpadas utilizadas;
- Índice de reprodução de cor (entre 50 e 100);
- Estratégias adotadas para permitir ao usuário o domínio do ambiente visual (modulação, adaptação às necessidades de cada um);

10.3 Dispor de uma relação visual satisfatória com o exterior:

- Acesso à vista livre, do local de ocupação do ambiente;
- Proteger a intimidade de certos locais.

A seguir, cópias das páginas da Certificação onde aparecem estes itens referentes à iluminação.

**Quadro 3-2** Gestão de energia  
 Fonte: HQE, 2001

Exigences		Indicateurs opérationnels		Unité		Référence	
						Nature	Valeur
Domaine D1 - Les cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur Famille F2 - Les cibles d'écogestion Cible 04 "Gestion de l'énergie" modifiée le 15/11/01							
4.1. Réduction de la consommation d'énergie primaire non renouvelable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consommation d'énergie primaire non renouvelable annuelle : Coefficient C Ecart à la référence : C/Cref ou Cref-x%</li> <li>- Déperditions par les parois : Ubât</li> <li>- Traitement des ponts thermiques</li> <li>- Traitement de la perméabilité à l'air</li> <li>- Solarisation du bâtiment : Sse / surface totale de vitrage</li> <li>- Limitation du refroidissement en été :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Bâtiment climatisé</li> <li>Ratio d'Ouverture Solaire Equivalente : coeff. ROSE</li> <li>Ecart à la référence : ROSE / ROSEref</li> </ul> </li> <li>- Accès à l'éclairage naturel :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Classe d'accès à l'éclairage naturel</li> <li>% des locaux appartenant à chaque classe</li> </ul> </li> <li>- Consommations annuelles d'énergie finale par poste (chauffage, ECS, refroidissement, éclairage, ventilation, autres usages)</li> <li>- Fonctions de la GTB (gestion technique des bâtiments)</li> <li>- Consommation finale d'énergies renouvelables sur le site (disponibles localement ou sur la parcelle) [définir les EnR concernées]</li> <li>- Pourcentage de couverture des besoins (tous usages) par les EnR</li> </ul>	KWh-ep/UF* Sans unité ou %  WK/m <sup>2</sup> échelle qualitative échelle qualitative %  oui / non sans unité sans unité	R  R  R  R  R	Cref  Ubât-ref  ROSE ref Cf RT 2000  Cf RT 2000			
Performance de l'enveloppe vis à vis : - des besoins de chauffage - des besoins de refroidissement - des besoins d'éclairage artificiel (cf aussi cible n° 10 confort visuel)							
- Efficacité des équipements énergétiques et de leur gestion							
- Recours aux énergies renouvelables							
<b>4.2. Maîtrise des pollutions</b>							
- Contribution au phénomène d'effet de serre							
- Contribution au phénomène des pluies acides							
- Contribution à la destruction de la couche d'ozone							
- Production de déchets radioactifs							
- Pollution de l'air à l'échelle locale							
						R	0
* UF : unité fonctionnelle (définie selon la norme expérimentale XP P01-010-1 au §4.3.3, mais à adapter ici à l'échelle du projet) L'unité a ici été changée de façon à être en cohérence avec la norme expérimentale XP P01-010-1 et le projet de norme XP P01-010-2							

Quadro 3-3 Conforto visual  
Fonte: HQE, 2001

Exigences		Indicateurs opérationnels		Unité		Référence		
						Nature		
						Valeur		
<p>Domaine D2 - Les cibles de création d'un environnement intérieur satisfaisant                      Famille F3 - Les cibles de confort                      Cible 10 "Confort visuel"                      modifiée le 10/10/01</p>								
<p>10.1. Profiter de façon optimale de l'agrément de la lumière naturelle tout en évitant ses inconvénients (éblouissement)</p>		<p>- Part des locaux disposant d'un éclairage naturel (exprimé par type de local)                      - Facteur de lumière du jour (minimum) pour les différents types de locaux selon leur usage : F<sub>min</sub> (ou F<sub>j</sub> à une certaine distance des ouvrants)                      Variante simplifiée : classe de clarté en fonction du calcul de lvc - 5lp (lvc étant l'indice de vitrage corrigé et lp l'indice de profondeur)                      - Part des locaux où le facteur de lumière du jour (ou la classe de clarté) est suffisant selon l'usage des locaux</p>		<p>%                      %                      de très sombre à très clair                      %</p>				
<p>- Rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur                      - Éviter l'éblouissement direct ou indirect</p>		<p>- Dispositions prises pour assurer un bon équilibre des luminances en éclairage naturel                      - Dispositions prises pour éviter l'éblouissement, selon le type de locaux (peu sensibles, sensibles, très sensibles à l'éblouissement)</p>		<p>échelle qualitative                      échelle qualitative</p>				
<p>10.2. Disposer d'un éclairage artificiel confortable (conçu pour fonctionner en l'absence d'éclairage naturel, et en appoint de celui-ci lorsqu'il est disponible)                      - Disposer d'un niveau d'éclairage optimal selon les activités prévues</p>		<p>- Niveau d'éclairage artificiel des différents types de locaux, selon leurs usages</p>		<p>Lux</p>				
<p>- Assurer une bonne uniformité de l'éclairage</p>		<p>- Coefficient d'uniformité (des différents types de locaux)                      Variante simplifiée : Rapport e/h (e : distance entre 2 luminaires, h : distance d'un luminaire au plan utile)</p>		<p>%                      sans unité</p>				
<p>- Éviter l'éblouissement dû à l'éclairage artificiel et rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur                      - Assurer une qualité agréable de la lumière émise</p>		<p>- Dispositions prises pour éviter l'éblouissement                      - Dispositions prises pour assurer un bon équilibre des luminances en éclairage artificiel                      - Température de couleur T<sub>c</sub>                      - Indice de rendu des couleurs IRC (entre 50 et 100)</p>		<p>échelle qualitative                      échelle qualitative                      °K                      sans unité</p>				
<p>- Maîtrise de l'ambiance visuelle par les occupants                      - Utiliser l'éclairage artificiel uniquement lorsque c'est nécessaire</p>		<p>- Dispositions prises pour permettre aux occupants de maîtriser leur ambiance visuelle (modularité, adaptations aux besoins de chacun)                      → Non traité ici, voir cible 4 (gestion de l'énergie)</p>		<p>échelle qualitative</p>				
<p>10.3. Disposer d'une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur</p>		<p>- Qualité des vues (selon les locaux et leur orientation)                      - Part des locaux disposant d'une bonne qualité des vues</p>		<p>échelle qualitative                      %</p>				
<p>- Protéger l'intimité de certains locaux</p>		<p>- Dispositions prises pour protéger certains locaux d'une vue depuis l'extérieur</p>		<p>échelle qualitative</p>				
<p>10.4. Disposer d'un éclairage artificiel des zones extérieures (allées, accès, parking...)                      - Protéger l'intimité de certains locaux</p>		<p>- Qualité de l'éclairage extérieur [à définir] (lien avec cible 01)</p>		<p>échelle qualitative</p>				



## 3.7 ALEMANHA

### 3.7.1 LEIS

#### 3.7.1.1

**Federal Building Code (Baugesetzbuch, BauGB), chapter 2, part 1, subdivision 1, section 136  
Urban Redevelopment Measures**

" (3) Para julgar a existência de déficit no desenvolvimento tanto das áreas urbanas como nas áreas rurais, especial consideração deve ser dada ao seguinte:

1. as condições de moradia e trabalho e a segurança em geral das pessoas que vivem e trabalham na área com relação a
  - a) ventilação nas residências e locais de trabalho e à sua exposição à luz e ao sol,..."

### 3.7.2 NORMAS

#### 3.7.2.1

**DIN 5034-1 Daylight in interiors**

Segundo o escopo da norma:

"Esta norma descreve o uso da luz do dia e dimensões apropriadas de aberturas para assegurar uma aceitável vista do exterior, luminosidade suficiente e adequada iluminação dos ambientes. Faz também recomendações gerais de projeto, como também recomendações para o projeto de interiores destinados a usos especiais os quais apresentam, portanto, necessidades especiais quanto à iluminação natural.

Requisitos para a admissão da radiação solar direta no ambiente, para o controle do ofuscamento e dos ganhos térmicos, são também fornecidos. "

A norma DIN 5034-1 está dividida em cinco itens principais e um apêndice:

- 1 Escopo
- 2 Referências normativas
- 3 Conceitos
- 4 Requisitos para as aberturas
- 5 Considerações de projeto

Apêndice A: Sinopse dos requisitos para a iluminação natural

O item 4 trata da vista para o exterior, iluminação natural, insolação e protetores solares.

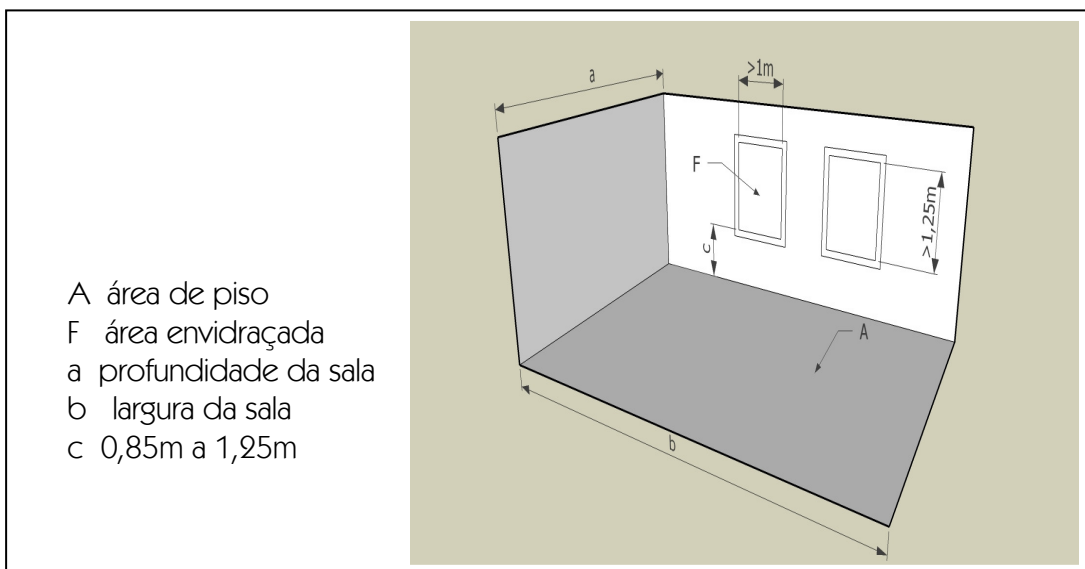
"4.2 Vista para o exterior. A tabela 1 e a figura 1 apresentam os requisitos para a vista do exterior em ambientes de trabalho, conforme *Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7*. "

Table 1: Glazing dimensions for windows in work rooms, to ensure an adequate view out (symbols as in figure 1)		
a, in m	Room dimensions A, in m <sup>2</sup>	Glazing area, F, in m <sup>2</sup>
Up to 5		1,25 or greater
Above 5		1,5 or greater
	Up to 600	$\Sigma F \geq 0,1 \cdot A$
	Above 600 up to 2 000	$\Sigma F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$
	Above 2 000	No window required

**Tabela 3-28**

Tabela 1: Dimensões de área envidraçada para janelas em ambientes de trabalho, para assegurar adequada vista para o exterior  
 Fonte: DIN 5034-1,1999

"Ademais, em salas com altura maior que 3,5m a soma das áreas envidraçadas deve ser no mínimo, 30% do produto entre o pé direito e a largura da sala. "



**Figura 3-17** Figura 1: dimensões da área envidraçada em salas de trabalho para assegurar uma adequada visão do exterior  
 Fonte: DIN 5034-1,1999

"Os seguintes requisitos se aplicam às salas de trabalho com dimensões comparáveis aos compartimentos das habitações e às salas com pé direito mais alto do que 3,5m.

a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Nota: Se estes níveis forem mais altos, não será possível evitar o ofuscamento nos monitores de computador.

c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala. "

#### "4.3 Iluminação natural"

"Salas de trabalho com dimensões comparáveis aos compartimentos das habitações devem atender no mínimo aos requisitos especificados no sub-item 4.3.1.1 para o fator de luz diurna. "

"4.3.1.1 Compartimentos em habitações. A luminosidade de uma sala iluminada pela luz do dia é considerada psicologicamente satisfatória se o fator de luz diurna médio é no mínimo 0,9% e o fator no ponto mais desfavorável é no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais. "

"Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o fator de luz diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%. "

"As dimensões das salas de trabalho são consideradas comparáveis àquelas das habitações quando as seguintes dimensões não são ultrapassadas significativamente:

- pé direito: 3,5m;
- profundidade da sala: 6m;
- área de piso: 50m<sup>2</sup>. "

"Salas de trabalho com iluminação zenital devem ter um fator de luz diurna médio maior que 4%, em relação ao plano de trabalho. Este valor é alcançado se a área total das aberturas zenitais é no mínimo 8% da área do teto. Quando o fator de luz diurna mínimo de uma sala com iluminação zenital está abaixo de 2%, o ambiente é percebido como muito escuro. "

"4.3.2.2 Iluminância requerida. A norma DIN 5035-2 especifica as iluminâncias requeridas para as específicas tarefas visuais. Uma vez que as características da iluminação natural diferem fundamentalmente daquelas da iluminação artificial, valores requeridos para uma podem variar bastante em relação aos valores requeridos para a outra. Contudo, a iluminação proveniente unicamente da luz do dia, por aberturas laterais, em locais de

trabalho é considerada suficiente se a iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho é no mínimo 0,6 vezes maior que os valores especificados na DIN 5035-2.<sup>28</sup> No Apêndice A da norma DIN 5034-1, duas tabelas resumem as recomendações e reúnem os indicadores de iluminação natural apresentados neste regulamento.

<b>A.2 Work rooms with rooflights</b>	
View out	<p>According to <i>Arbeitsstättenrichtlinie</i> ASR 7/1, in rooms with ground floor areas of 2 000 m<sup>2</sup> or less, windows shall be provided, since rooflights do not allow a view out. Window opening tops shall be at least 1,3 m (even for rooms higher than 3,5 m), and the sill shall be no more than 0,9 m and the bottom of the glazing no more than 0,95 m above the floor.</p> <p>According to <i>Arbeitsstättenrichtlinie</i> ASR 7/1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. The glazing width shall be at least 1 m.</li> <li>2. The minimum glazing area of each window shall be 1,25 m<sup>2</sup> for room depths under 5 m, and 1,5 m<sup>2</sup> for greater room depths.</li> <li>3. The total of all glazing areas shall be at least 10 % of the room area for ground floor areas under 600 m<sup>2</sup>, and for areas from 600 m<sup>2</sup> to 2 000 m<sup>2</sup>, it shall be 60 m<sup>2</sup> + 1% of the room area.</li> </ol>
Adequate brightness	<p>The average daylight factor, <math>D_m</math>, shall be greater than 4 %, the minimum value, <math>D_{min}</math>, shall be greater than 2 %, as determined in DIN 5034-3 or DIN 5034-6. The room surfaces shall have as high a reflectance as possible, especially the floor and ceiling.</p>
Required illuminance	As in DIN 5035-2.
Uniformity of light distribution	The $D_{min} : D_m$ ratio shall be at least 1 : 2 (cf. DIN 5034-6).
Sunlight duration	No requirements.
Protection against glare	Examples include shed rooflights facing north, louvres on rooflights, fixed and adjustable shadings, suitable landscaping.
Protection against heat	<p>A median daylight factor greater than 10 % should be avoided (cf. DIN 5034-6). Selectively reflecting glazing may be used. May include louvres on rooflights, or shades in front of or under rooflights.</p>
Ventilation	Adequate measures shall be taken.
Sound insulation	Adequate measures shall be taken.

**Quadro 3-4** Appendix A resumo dos requisitos para iluminação com a luz do dia – A.2 Salas de trabalho com iluminação zenital  
 Fonte: DIN 5034-1,1999

<sup>28</sup> A norma DIN 5035-2 refere-se à iluminação artificial e recomenda para ambientes de escritórios, consideradas tarefas visuais normais com detalhes médios, iluminâncias entre 500 e 750 lux.

**Appendix A**  
**Overview of daylighting requirements**  
**A.1 Rooms with windows**

	Requirements for		
	habitable rooms	work rooms *)	hospital rooms
View out	The sum of all glazing widths shall be at least 55 % of the width of the wall containing the window.  The sill shall be no more than 0,9 m, the bottom of the glazing no more than 0,95 m, and the window head at least 2,2 m above the floor.		The glazing bottom shall be 0,5m above the floor. Temporary protection from a view from outside shall be provided.  Note: It should be noted that these requirements conflict with the hospital regulations in some <i>Länder</i> .
		Window opening height: $\geq 1,3$ m (even in rooms higher than 3,5 m).  Glazing width: $\geq 1$ m. Min. glazing area for room depths under 5 m: 1,25 m <sup>2</sup> ; for greater room depths: 1,5 m <sup>2</sup> .  Total glazing area at least 30 % of product of room width and room height, and at least 10% of room area.	
Adequate brightness	For room reference points lying in a plane 0,85 m above the floor, at the midpoint of the room depth, and at a distance of 1 m from the side walls:  – the mean of the daylight factors for both points shall be at least 0,9%, and the factor at one of the points shall be at least 0,75%;  – the daylight factor in rooms with windows in neighbouring walls shall be at least 1% and the walls should have as high a reflectance as possible.		
Required illuminance	No requirements.	At the least favourable work station, at least 0,6 times the value given for artificial lighting in DIN 5035-2.	No requirements.
Protection against glare, overheating and heat loss	Use of shadings, blinds, curtains, etc.		
Sunlight duration	For each dwelling, on the 17 <sup>th</sup> of January sunlight shall fall in the centre of at least one window, at sill height, in one habitable room for at least one hour.	No requirements.	In each room, on the 17 <sup>th</sup> of January sunlight shall fall in the centre of at least one window, at sill height, for at least one hour.
Ventilation	Adequate measures shall be taken.		
Sound insulation	Adequate measures shall be taken.		

\*) For room heights up to 3,5 m, depths up to 6 m and areas up to 50 m<sup>2</sup>.

## 3.8 NORMAS E RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS

### 3.8.1 ISO/CIE

A *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) foi fundada, em 1913, em Berlim, na quarta seção da CIP (*Commission Internationale de Photometrie*).

A CIE, conforme definido nos seus primeiros estatutos, tem como objetivo o estudo das questões relativas à ciência e à indústria da iluminação e estabelecer, pelos meios apropriados, os acordos internacionais sobre este assunto. É considerada a grande autoridade internacional em luz e iluminação devido à relevância e à abrangência de suas pesquisas, à criação de grupos de trabalho internacionais e à difusão de informações por meio de suas sessões e publicações.

Consta de seus estatutos que todos os países que desejem tomar parte nos trabalhos da Comissão podem fazê-lo, formando um comitê nacional, com a participação das sociedades técnicas que representem as indústrias de gás, de eletricidade e de outros meios de iluminação, bem como a participação do Laboratório do país se houver.

Essencialmente a CIE permaneceu fiel a estes princípios. Originalmente composta de 9 membros ( França, Grã-Bretanha, Áustria-Hungria, Bélgica, Itália, Países Baixos, Suíça e Estados Unidos), reúne, hoje 38 comitês nacionais representantes dos países membros.<sup>29</sup>

As atividades da CIE foram separadas em sete divisões, cada uma com vinte comitês técnicos, formados de especialistas na área a que se refere sua divisão.

A cada quatro anos acontece uma sessão plenária que revê os trabalhos da divisões e dos comitês técnicos, elabora um relatório destas atividades e estabelece as metas e projetos para o próximo período.

Conforme definido por Nicolas Pousset, em 2007 e publicado no site <http://www.led-fr.net/cie.htm>, as divisões da CIE são:

Divisão 1: Visão e Cor- estuda as reações visuais à luz e estabelece funções de resposta normalizada, modelos e procedimentos de especificação relativos à fotometria, à

---

<sup>29</sup> África do Sul, Alemanha, Argentina, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, China, Coreia, Croácia, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Hong Kong, Hungria, Índia, Islândia, Israel, Itália, Japão, Nova-Zelândia, Noruega, Países Baixos, Polónia, República Tcheca, Romênia, Rússia, Eslovênia, Suécia, Suíça, Tailândia, Turquia, Iugoslávia.

calorimetria, à reprodução de cor, às *performances* visuais e à avaliação visual da luz e da iluminação.

Divisão 2: Medidas Físicas da Radiação – estuda os procedimentos normalizados para a medição: das radiações UV, visíveis e IR; da radiação global, das propriedades óticas dos materiais e das luminárias.

Divisão 3: Espaços Internos e a Concepção de Iluminação – estuda e avalia os parâmetros visuais que intervêm na satisfação dos usuários e a interação destes parâmetros com os fatores térmicos e acústicos; aponta recomendações sobre as técnicas apropriadas; desenvolve os cálculos de iluminação de interiores; faz a síntese destes dados com outros fornecidos pelas outras divisões da CIE na forma de guias, relativos: à iluminação geral, aos casos particulares bem como aos problemas específicos que se revelam na prática da iluminação de interiores.

Divisão 4: Iluminação e Sinalização para os Transportes.

Divisão 5: Iluminação Exterior e Outras Aplicações

Divisão 6: Fotobiologia e Fotoquímica – estuda os efeitos da radiação luminosa sobre os sistemas biológicos (exceto o da visão) e químicos (radiação ultravioleta).

Divisão 7: Aspectos Gerais da Luz – esta divisão encerrou suas atividades desde a 24ª sessão da CIE em junho de 1999.

Divisão 8: Domínio de Atividade – estuda os métodos e prepara as recomendações e as normas, relativas aos aspectos óticos e visuais da comunicação, do tratamento e da reprodução das imagens, aplicáveis a todos os tipos de dispositivos de aquisição, de conservação e restituição, tanto os analógicos como os digitais.

A norma CIE, que se refere à iluminação em ambientes de escritórios é a ISO/CIE 8995-1:2002 Iluminação dos Locais de Trabalho – Parte 1: Interior e a ISO 15469:2004 Distribuição Espacial da Luz do Dia – Céu Geral Normalizado CIE.

Estas duas normas foram preparadas pela CIE e aprovadas pelo conselho da ISO (*International Organization for Standardization*).

A seguir, são apresentados os itens que tratam especificamente da iluminação natural e artificial em edifícios de escritórios.

### 3.8.1.1

#### ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places

No Escopo da norma, temos:

" Esta norma especifica as exigências de iluminação para espaços de trabalho internos de modo a permitir a realização de tarefas visuais eficientemente, com conforto e em segurança durante todo o período de trabalho. Esta norma não determina como os sistemas ou técnicas de iluminação devam ser projetados para otimizar os resultados em áreas específicas. "

O capítulo 4 fala sobre os critérios para projetos de iluminação separando e comentando cada parâmetro que compõe a iluminação do ambiente:

1) Distribuição de luminâncias – registra que altas luminâncias podem aumentar o ofuscamento; que grandes contrastes de luminâncias causam fadiga visual; que baixas luminâncias e baixos índices de contraste de luminâncias resultam em um ambiente de trabalho monótono e desestimulante.

2) Iluminância – discorre sobre iluminâncias em 4 itens:

- Iluminâncias recomendadas na área de trabalho - faz referência à tabela do capítulo 5.

- Escala de Iluminâncias – apresenta o fator de aproximadamente 1,5 para cálculo da menor diferença entre iluminâncias, que seja perceptível, o que resulta na escala:

"20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 lux"

começando-se por 20 lux de luminância horizontal, necessária para que se possa discernir uma fisionomia.

- Iluminâncias do entorno – mostra uma tabela com os valores das iluminâncias no plano de trabalho e as luminâncias mínimas do entorno.

**Tabela 3-29**

Valores das iluminâncias no plano de trabalho e as luminâncias mínimas do entorno

Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S008/E, 2001

Task illuminance lux	Illuminance of immediate surroundings lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Same task illuminance



- Uniformidade – "A uniformidade de iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio das iluminâncias do ambiente. A iluminância deve variar gradualmente. A área de trabalho deve ser iluminada o mais uniformemente possível. A uniformidade da iluminância de tarefa não deve ser menor que 0,7. A uniformidade da iluminância do entorno imediato não deve ser menor que 0,5. "

### 3) Ofuscamento

- O uso de aletas nas luminárias para evitar o ofuscamento – para lâmpadas elétricas o ângulo mínimo para as aletas de proteção não deve ser menor do que os valores dados na tabela a seguir:

**Tabela 3-30**

Ângulo mínimo das aletas em relação à luminância das lâmpada  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

Lamp luminance kcd/m <sup>2</sup>	Minimum shielding angle
1 to 20	10°
20 to 50	15°
50 to 500	20°
≥500	30°

- Desconforto por ofuscamento – neste item a norma fornece uma fórmula para cálculo do índice de desconforto causado pelo ofuscamento (UGR *Discomfort Glare Rating*). O valor assim calculado não deve exceder os valores dados pela tabela do capítulo 5.

"Os valores limites de URG nesta tabela foram obtidos da escala ERG, onde cada nível na escala representa uma mudança significativa no efeito de ofuscamento e 13 representa o menor índice de desconforto por ofuscamento perceptível.

A escala URG é: 13-16-19-22-25-28"

- Ofuscamento refletido – para evitar este efeito são apontadas estratégias:

- posicionamento das luminárias e das estações de trabalho,
- acabamento das superfícies com materiais pouco reflexivos,
- luminância das luminárias dentro do limite,
- aumento da área de abrangência do foco luminoso,
- superfícies do teto e paredes iluminadas, evitando spots muito brilhantes.

5) A cor das lâmpadas fluorescentes - as qualidades de cor das lâmpadas fluorescentes são caracterizadas por dois atributos:

- A cor aparente da luz da lâmpada – pode ser descrita por sua relação com a temperatura de cor.

Colour appearance	Correlated colour temperature
warm	below 3300 K
intermediate	3300 K to 5300 K
cool	above 5300 K

**Tabela 3-31** Cor aparente da luz da lâmpada em relação à temperatura de cor  
Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

- As propriedades de reprodução de cor da lâmpada, o que afeta a aparência dos objetos e as pessoas iluminadas por ela – é importante tanto para o desempenho visual, como para a sensação de conforto e bem estar. Os valores mínimos recomendados para o índice de reprodução de cor são dados na tabela do capítulo 5.

6) Luz do Dia - no item 4.7, sob o título Luz do Dia, estão as seguintes recomendações:

- A luz do dia pode fornecer toda ou parte da iluminação necessária para as tarefas visuais.

- A luz do dia por sua qualidade de variar em nível e em composição espectral, proporciona uma agradável variação na iluminação interna.

- Janelas também proporcionam contato visual com o exterior, bastante desejável desde que evitados o ofuscamento, a radiação direta e os excessivos ganhos térmicos.

- O fator de luz diurna não deve ser inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contem a janela e a 1m das paredes laterais.

- Para complementar a luz natural, deve ser prevista luz elétrica com acionamentos e/ou dimerização automáticos ou manuais de modo a assegurar a apropriada integração entre os dois sistemas.

7) Manutenção - de acordo com as características de manutenção das lâmpadas e luminárias é estabelecido um fator que não deve estar abaixo de 0,70.

8) Considerações sobre o uso da energia - a instalação do sistema de iluminação deve atender às exigências de acordo com o local e com a tarefa a ser executada, sem desperdício de energia. Isto requer considerações sobre o sistema adotado, equipamento, controles manuais ou automáticos e o uso otimizado da luz natural disponível.

9) Iluminação para estações de trabalho com terminais de computadores - neste item, 4.10, uma tabela apresenta os limites de luminância vindas de luminárias no teto que possam refletir nas telas VDT (*visual display terminals*).

Screen classes see ISO 9241-7	I	II	III
Screen quality	good	medium	poor
Limit of average luminance of luminaires	$\leq 1000 \text{ cd/m}^2$		$\leq 200 \text{ cd/m}^2$

**Tabela 3-32** Limite de luminâncias vinda de luminárias no teto em relação ao tipo de monitor  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

O capítulo 5 traz uma tabela com os níveis de iluminação mínimos ( $E_m$ ); os níveis de ofuscamento máximo ( $UGR_L$ ) e o índice mínimo de reprodução de cor ( $R_a$ ) para 141 locais de trabalho. Entre estes, os espaços para escritórios:

Type of interior, task or activity	$E_m$	$RGR_L$	$R_a$	Remarks
<b>22. Offices</b>				
Filing, copying, circulation, etc.	300	19	80	
Writing, typing, reading, data processing	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Technical drawing	750	16	80	
CAD workstation	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Conference and meeting rooms	500	19	80	Lighting should be controllable.
Reception desk	300	22	80	
Archives	200	25	80	

**Tabela 3-33** Iluminâncias, Ofuscamento e Índice de Reprodução de Cor para locais de trabalho  
 Fonte: ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E, 2001

O capítulo 6 da Norma fala dos procedimentos para medição e a tolerância para as diferenças que se verificam entre os cálculos feitos na fase de projeto e as medições executadas com o sistema de iluminação instalado. É admitido 10% de diferença entre estes dois procedimentos.

## 3.8.1.2

## CIE S 011/E:2003 / ISO 15469:2003(E). Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard

## General Sky

Conforme a Introdução e o Escopo da Norma, temos:

"Esta Norma lista um conjunto de distribuições de luminâncias, que modelam o céu sob uma ampla diversidade de condições: do encoberto ao céu claro. Pretende atender a dois propósitos: 1) ser uma base universal para a classificação e medição da distribuição de luminâncias no céu e 2) fornecer um método de cálculo das luminâncias nos procedimentos de projeto que consideram a luz natural.

A norma define a distribuição relativa de luminâncias: a luminância do céu em qualquer ponto é dada em função da luminância do zênite. " ...

" A distribuição de luminâncias dada tem as seguintes características:

- 1) São simétricas em relação ao meridiano solar e são funções da distância angular,  $Z_s$ , entre o sol e o zênite.
- 2) São definidas por funções contínuas. Tais distribuições são típicas de céu claro e daqueles onde a cobertura de nuvens são homogêneas. Eles fornecem uma relação com céus parcialmente encobertos que é suficientemente precisa para a maioria dos cálculos práticos de luz natural.
- 3) A luminância relativa em qualquer ponto do céu depende do ângulo,  $\alpha$ , entre aquele elemento do céu e o sol, e do ângulo  $Z$ , entre o elemento do céu e o zênite. É dado por duas funções: o índice relativo de difusão,  $f(\alpha)$ , e a graduação de luminância entre horizonte e zênite,  $\varphi(Z)$ . "



## 4.1 REUNIÃO DOS DOCUMENTOS POR ASSUNTOS AFINS

No capítulo 3 desta dissertação foram apresentados leis, normas e certificações que se referem à iluminação natural e à interface desta com a iluminação artificial em escritórios.

Destes regulamentos, foram separados os itens que contêm indicadores para o uso da luz natural em escritórios. Estes itens, reunidos em grupos que tratam do mesmo assunto e numerados na seqüência de apresentação, foram utilizados para avaliar a conformidade dos projetos, objeto dos Estudos de Caso, com os regulamentos internacionais.

Por se tratar de agrupamento por assunto, as leis, normas e certificações que contenham indicadores para mais de um destes grupos, pode aparecer mais de uma vez, em grupos diferentes.

**grupo**  
assunto

documentos

**GRUPO A**  
Implantação

- 1 Decreto-Lei 38.382, Artigos 71 a 75 PORTUGAL
- 2 Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA
- 3 Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

**GRUPO B**  
Geometria  
Salas e Janelas

- 4 Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL
- 5 Lei Municipal 11.228 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo BRASIL
- 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA
- 7 IESNA RP-5-99 EUA
- 8 Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA
- 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras p76 e 77)
- 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ (pag 59)
- 11 Approved Document L2A REINO UNIDO
- 12 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)
- 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO
- 14 DIN 5034-1 ALEMANHA

**GRUPO C**  
 Protetores Solares

- 15** Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA
- 16** LEED System for Core and Shell EUA (p 76)
- 17** Code du Travail FRANÇA

**GRUPO D**  
 Fator de Luz Diurna e Iluminâncias

- 18** LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)
- 19** LEED for Commercial Interiors EUA
- 20** Canada Labour Code Part VI CANADÁ
- 21** LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ (pag88)
- 22** BSi 8206: Part 2Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)
- 23** DIN 5034-1 ALEMANHA
- 24** ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

**GRUPO E**  
 Uniformidade e Ofuscamento

- 25** NBR 5413 BRASIL
- 26** IESNA Lighting Handbook Reference & Application
- 27** Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA
- 28** BSi 8206: Part 2Lighting for buildings REINO UNIDO
- 29** ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

**GRUPO F**  
 interação iluminação natural e iluminação artificial

- 30** Regulamentação para Etiquetagem Voluntária BRASIL
- 31** Department of Energy EUA
- 32** IESNA RP-5-99 IES EUA
- 33** ASHRAE 90.1-2004 EUA
- 34** IESNA Lighting Handbook EUA
- 35** Unified Facilities Criteria (UFC) Design EUA
- 36** LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations EUA
- 37** LEED for Commercial Interiors EUA
- 38** Model National Energy Code CANADÁ
- 39** Approved Document L2A REINO UNIDO
- 40** BSi 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings REINO UNIDO
- 41** BREEAM Pre Assessment Estimator REINO UNIDO
- 42** Regulamentation Termique 2000 FRANÇA
- 43** Regulamentation Termique 2005 FRANÇA
- 44** ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

**Quadro 4-1**

Grupos de documentos com indicadores, por assunto  
 Fonte: Autora da pesquisa

### 4.1.1 GRUPO A

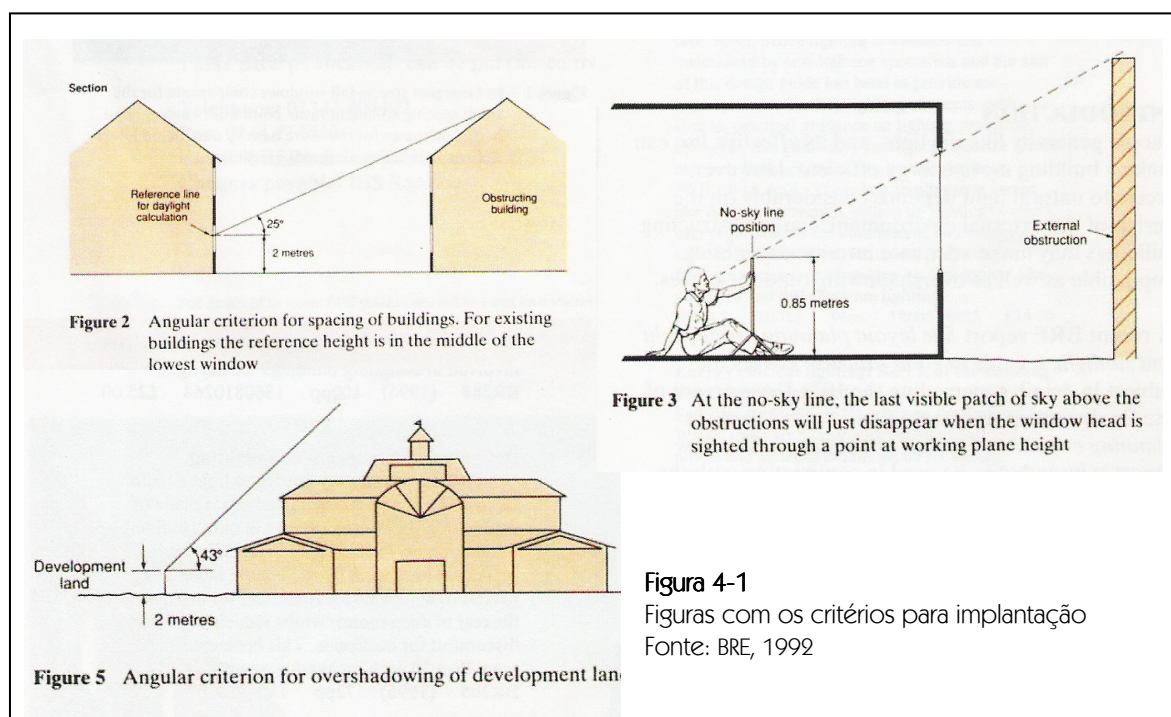
#### DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES RELATIVOS À IMPLANTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

##### 1 Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 - PORTUGAL

“Art 59 A altura de qualquer edificação será fixada de forma que em todos os planos verticais perpendiculares à fachada nenhum de seus elementos com exceção de chaminés e acessórios decorativos, ultrapasse o limite definido pela linha recta a 45°, traçada em cada um destes planos a partir do alinhamento da edificação fronteiria, definido pela intersecção do seu plano com o terreno exterior.”

##### 2 BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings REINO UNIDO

A Norma 8206 trás três figuras com parâmetros para que a implantação de edifícios assegure a admissão de luz natural nas salas.



##### 3 Unified Facilities Criteria Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006 EUA

Este documento apresenta no capítulo 4 recomendações para a otimização do uso da luz do dia: 1) com janelas localizadas nas faces norte e sul e 2) evitando obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.



## 4.1.2 GRUPO B

### DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES RELATIVOS À GEOMETRIA DAS SALAS E DAS ABERTURAS PARA O EXTERIOR

#### 4 Decreto no 52.497 de 21 de julho de 1970 – Código Estadual de São Paulo BRASIL

“Artigo 47 – Para fins de iluminação e ventilação, todo o compartimento deverá dispor de abertura comunicando-o diretamente com o exterior.”

“Artigo 53 – Não serão considerados insolados ou iluminados os compartimentos cuja profundidade, a partir da abertura iluminante, for maior que três vezes seu pé-direito, ou duas vezes e meia a sua largura, incluída na profundidade a projeção das saliências, pórticos, alpendres ou outra coberturas.”

“Artigo 54 – A superfície iluminante dos compartimentos deverá ser no mínimo de 1/8 da área do piso do compartimento, respeitando sempre o mínimo de 0,60 m<sup>2</sup>. A área de ventilação será, no mínimo, igual à metade da superfície iluminante.”

#### 5 Lei Municipal no 11.228 de 25 de junho de 1992. Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo – BRASIL

“11.2.2 – As aberturas para aeração e insolação dos compartimentos poderão estar ou não em plano vertical e deverão, observado o mínimo de 0,60 m<sup>2</sup> (sessenta decímetros quadrados) ter dimensões proporcionais à área do compartimento de, no mínimo:

a) 15% (quinze por cento) para insolação de compartimentos dos “GRUPOS A e B”

“SEÇÃO 11.1 – Classificação e Dimensionamento

Os compartimentos das edificações classificar-se-ão em “GRUPOS”, em razão da função exercida, que determinará seu dimensionamento mínimo e a necessidade de aeração e insolação naturais.

11.1.2 – Classificar-se-ão no “GRUPO B” aqueles destinados a:

a) repouso, em edificações destinadas a prestação de serviço de hospedagem;

b) estudo, em edificações destinadas a prestação de serviços de educação, salvo os estabelecimentos de ensino até o nível de segundo grau;

c) trabalho, reunião, espera e prática de exercício físico ou esporte, em edificações em geral.

11.2.4 – As aberturas dos compartimentos dos “GRUPOS B e C” poderão ser reduzidas, desde que garantido desempenho, no mínimo similar ao exigido, pela adoção de meios mecânicos e artificiais de ventilação e iluminação.

11.2.5 – Os compartimentos classificados nos “GRUPOS A, B e C” poderão apresentar, no máximo, a partir do plano de insolação, profundidade igual a três vezes sua largura e seu pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as dimensões das aberturas para aeração e insolação forem iguais ou superiores ao dobro do mínimo necessário exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser igual a cinco vezes a sua largura e seu pé-direito.”

## **6 California Energy Commission. 2005 Building Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings - EUA**

Na seção 143, que traz as exigências para a envoltória dos edifícios, aparece, sob o item (a), o limite imposto ao tamanho das janelas para evitar ganhos térmicos:

1) As janelas da fachada oeste devem ter área menor que 40% da área bruta da fachada ou menor que o produto: 2m multiplicado pela extensão da fachada (aplica-se o resultado maior).

2) A área total de janelas menor que 40% da área bruta das fachadas ou menor que o produto: 2m multiplicado pelo perímetro das fachadas (aplica-se o resultado maior).

## **7 IESNA RP-5-99 IES Recommended Practice of Daylighting - EUA**

A norma indica que a luz do dia é aproveitável num compartimento com profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela. Com o uso de bandeja de luz este limite passa para 2 vezes a altura da verga da janela.

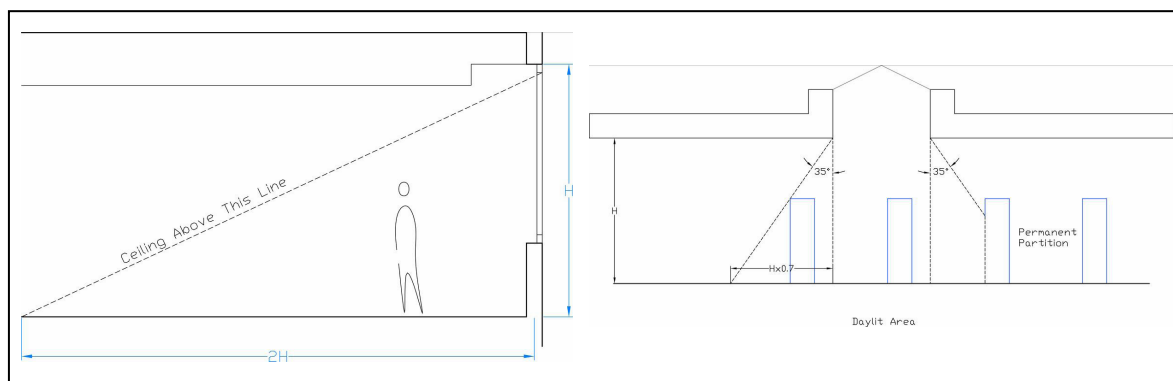
## **8 Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006 EUA**

Este documento apresenta no capítulo 4 recomendações para a otimização do uso da luz do dia, por:

- pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.
- janelas altas para aumentar a penetração da luz.
- janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra.
- evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem contrastes desconfortáveis e o ofuscamento que deles resulta.

## **9 LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development, Version 2.0. US Green Building Council – EUA**

Nas p.76 e 77 deste documento, duas figuras indicam as condições que as aberturas laterais e zenitais devem atender.



**Figura 4-2** Diagramas com critérios para áreas consideradas iluminadas pela luz do dia.  
 Fonte: LEED CS, 2006

## 10 LEED Green Building Rating System *Addendum* For New Construction and Major Renovations - CANADÁ

O crédito da p.59, do *Addendum* requer que, no mínimo, 90% das áreas ocupadas tenham visão direta do exterior, através de superfície envidraçada entre 0,76m e 2,3m acima do piso acabado. Áreas diretamente ligadas às janelas devem apresentar uma razão entre superfície envidraçada e área de piso de, no mínimo 0,07.

## 11 Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings – REINO UNIDO

“91 Espaço iluminado pela luz do dia significa qualquer espaço:

- a. até 6m de distância de uma parede com janela, desde que a área envidraçada corresponda ao menos a 20% da área interna da parede que contem a janela”

## 12 BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings – REINO UNIDO

A Tabela 1 estabelece a relação entre a profundidade da sala e a área envidraçada, para garantir a visão do exterior.

“Profundidade da sala a partir da parede que contem a janela m	porcentagem de janela vista de dentro da sala %
<8	20
8 – 11	25
11 – 14	30
>14	35 ”

### 13 BREEAM Offices 2006 Pre Assessment Estimator – REINO UNIDO

O item HW01 da certificação da BREEAM confere pontos para escritórios que apresentem, no mínimo, 80% de sua área adequadamente iluminada pela luz natural e o item HW02, para os que tenham suas estações de trabalho situadas dentro de um raio de 7m de uma janela.

### 14 DIN 5034-1 - ALEMANHA

A tabela 1 da norma relaciona as dimensões da sala à área envidraçada necessária para garantir a visão do exterior:

"Dimensões da sala		Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m	Área (A) em m <sup>2</sup>	
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

"... em salas com altura maior que 3,5m a soma das áreas envidraçadas deve ser no mínimo, 30% do produto entre o pé direito e a largura da sala."

"Os seguintes requisitos se aplicam às salas de trabalho com dimensões comparáveis aos compartimentos das habitações e às salas com pé direito mais alto do que 3,5m.

- A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.
- O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.
- A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala."

"As dimensões das salas de trabalho são consideradas comparáveis àquelas das habitações quando as seguintes dimensões não são ultrapassadas significativamente:

pé direito: 3,5m; profundidade da sala: 6m; área de piso: 50m<sup>2</sup>."

#### 4.1.3 GRUPO C

DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES RELATIVOS ÀS PROTEÇÕES CONTRA A RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

### 15 Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Este documento apresenta no capítulo 4 recomendações para a otimização do uso da luz do dia, por:

- bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- instalação de dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

## 16 LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development, Version 2.0. US Green Building Council - EUA

Na pag. 76, aparece a recomendação que se repete no texto de todos os requisitos da certificação que são relativos à necessidade de iluminação natural e de vista para o exterior:

“Providenciar o redirecionamento da radiação solar direta e/ ou controle do ofuscamento para assegurar uma efetiva iluminação natural.”

## 17 Code du Travail - França

“Artigo R 232-7-4

As estações de trabalho devem estar protegidas da radiação solar direta, tanto pelo projeto adequado das aberturas, como por proteções fixas ou móveis.

Artigo R 235-2-1:

Estes locais devem igualmente comportar, à altura dos olhos, aberturas transparentes, permitindo a vista do exterior.”

### 4.1.4 GRUPO D

DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES RELATIVOS AO FATOR DE LUZ DIURNA E AOS VALORES DE ILUMINÂNCIAS

## 18 LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development, Version 2.0. US Green Building Council - EUA

Nas p.75, 76 e 77 deste documento são oferecidas 4 opções para a demonstração de que o ambiente oferece aos usuários, adequadas iluminação natural e vista para o exterior.

Opção 1: Atender ao *glazing factor* mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O *glazing factor* é calculado segundo uma fórmula dada (Figura 3-10) e utilizando-se dos índices para cada tipo de janela, apresentados na Tabela 3-12 desta pesquisa.

Os tipos de janela considerados são: janelas para a visão do exterior: entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural: acima de 229 cm. Devem ser somados os fatores obtidos para cada tipo de janela.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Opção 3: Demonstrar, por medições com equipamentos, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. As medições devem ser obtidas segundo um grid de 10 pés e devem ser registradas ao nível do piso.

Opção 4: Demonstrar, pelo cálculo combinado da iluminação lateral mais a iluminação de *skylights* que, no mínimo, 75% das áreas ocupadas apresentem os requisitos mínimos de iluminação.

## 19 LEED for Commercial Interiors, Version 2.0. US Green Building Council – EUA

Na pag 71 há o requisito relativo ao fator de luz diurna:

No mínimo 90% da área do escritório deve apresentar um fator de luz diurna igual ou superior a 2% (excluindo-se as áreas com penetração da radiação solar direta) ou usando a simulação por computador, garantir uma iluminância de 250 lx.

## 20 Canada Labour Code, Canadian Occupational Safety and Health Regulations, Part VI, 1989 – CANADÁ

As tabelas I e IV (ver 3.3.1.1), deste código, apresentam os níveis mínimos de iluminação para as diferentes tarefas e tipos de escritórios:

“ 1. DESK WORK	
(a) Task positions at which cartography, designing, drafting, plan-reading or other very difficult visual tasks are performed	1 000
(b) Task positions at which business machines are operated or stenography, accounting, typing, filing, clerking, billing, continuous reading or writing or other difficult visual tasks are performed	500
2. OTHER OFFICE WORK	
Conference and interview rooms, file storage areas, switchboard or reception areas or other areas where ordinary visual tasks are performed	300”

“ 1. VDT WORK

(a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently	500
(b) Task positions at which data entry work is performed exclusively	750
(c) Air traffic controller areas	100
(d) Telephone operator areas	300”

**21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations - CANADÁ**

O crédito apresentado na p.88 será adquirido se, no mínimo 75% das áreas ocupadas, alcançarem pelo menos 2% como fator de luz diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou o uso de simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx. É necessário ainda, que o ambiente possua redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

No caso do uso da simulação em computador, a mesma deverá ser realizada considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 0,75m acima do piso.

**22 BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings – REINO UNIDO**

A Tabela 10 – Iluminâncias padrão em serviço apropriadas a atividades de escritórios:

“500 lx como iluminância padrão de serviço, para

Escritórios em geral, cozinhas, laboratórios com características de atividade:

tarefas com dificuldade visual moderada, isto é, detalhes a serem percebidos são de tamanho moderado e podem ser de baixo contraste; avaliação de cores também pode ser requerida.

750 lx como iluminância padrão de serviço, para

Escritórios de desenho, pintura em porcelana com características de atividade:

tarefas visuais difíceis, isto é, detalhes a serem percebidos são pequenos e de baixo contraste; boa avaliação de cores também pode ser requerida.”

**23 DIN 5034-1 Daylight in interiors - ALEMANHA**

“Salas de trabalho com dimensões comparáveis aos compartimentos das habitações devem atender a um fator de luz diurna médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.”

“Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz Diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.”

“Salas de trabalho com iluminação zenital devem ter um Fator de Luz Diurna médio maior que 4%, em relação ao plano de trabalho. Este valor é alcançado se a área total das aberturas zenitais é no mínimo 8% da área do teto.”

“...a iluminação proveniente unicamente da luz do dia, por aberturas laterais, em locais de trabalho é considerada suficiente se a iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho é no mínimo 0,6 vezes maior que os valores especificados na DIN 5035-2.”<sup>30</sup>

## 24 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places

“- O Fator de Luz Diurna não deve ser inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contem a janela e a 1m das paredes laterais.”

### 4.1.5 GRUPO E

#### DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES OU RECOMENDAÇÕES RELATIVOS À UNIFORMIDADE E AO OFUSCAMENTO

## 25 NBR 5413 - BRASIL

### “4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75m do piso.

4.2 No caso de ser necessário elevar a iluminância em limitado campo de trabalho, pode-se usar iluminação suplementar.

4.3 A iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor.

4.4 Recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.”

O item 5.3 da norma trás as iluminâncias em lux, por tipo de atividades (valores médios em serviço). São apresentados, para cada atividade, três valores sendo que o valor do meio é o que deve ser utilizado em todos os casos.

O valor mais alto deve ser considerado quando a tarefa é desenvolvida em condições críticas e o valor mais baixo pode ser usado no caso de refletâncias ou contrastes altos e no

<sup>30</sup> A norma DIN 5035-2 refere-se à iluminação artificial e apresenta valores para os parâmetros de iluminação em locais de trabalho.



caso da tarefa ser executada ocasionalmente ou sem a necessidade específica de velocidade e precisão.

Para escritório, temos:

“5.3.14 Escritórios

- escritórios de:	
.registros, cartografia, etc.	750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750”

## 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application - EUA

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório:

“Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10”

## 27 Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Este documento apresenta no capítulo 4 recomendações para a otimização do uso da luz do dia, por:

- uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar e diminuir os contrastes com a luz natural.
- uso de vidros que maximizem a transmissão luminosa nas aberturas tipo shed (70 ou mais).
- uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

## 28 BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings – REINO UNIDO

Uniformidade

Quanto à uniformidade da iluminação natural a norma indica que a iluminância mínima não deve estar abaixo de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Ofuscamento

Muitas janelas causam ofuscamento, uma vez que a luz natural pode ser muito alta e o tamanho da fonte aparente (janela) é grande. Os efeitos do ofuscamento podem ser reduzidos por:

- a) o arranjo do layout de modo que o céu não esteja no campo imediato de visão do plano de trabalho;

- b) a janela esteja ao lado do usuário e não em frente a ele;
- c) uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

## 29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places

A ISO 8995:2002 apresenta a relação entre iluminâncias de áreas adjacentes:

“Task illuminance lux	Illuminance of immediate surroundings lux
≥750	500
500	300
300	200
≤200	Same task illuminance”

“A uniformidade de iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio das iluminâncias do ambiente. A iluminância deve variar gradualmente. A área de trabalho deve ser iluminada o mais uniformemente possível. A uniformidade da iluminância de tarefa não deve ser menor que 0,7. A uniformidade da iluminância do entorno imediato não deve ser menor que 0,5.”

### 4.1.6 GRUPO F

DOCUMENTOS QUE APRESENTAM INDICADORES SOBRE A INTERAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

## 30 Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2006

### “3.3.3. Contribuição da luz natural

Visando aproveitar a contribuição da luz natural, em ambientes com janela voltada para o ambiente externo ou voltada para átrio não coberto ou de cobertura translúcida; e com mais de uma fileira de luminárias paralelas à janela, deverá ser instalado um controle manual ou automático para o acionamento da fileira de luminárias mais próxima à janela.”

## 31 Department of Energy. 10 CFR Parts 434 and 435

Este regulamento apresenta uma tabela para ajuste do cálculo da potência para iluminação no caso de existirem dispositivos de controle; são apresentados índices de redução da potência relacionados ao tipo de dispositivo utilizado. (ver Tabela 3-5 em 3.2.1.2)

### 32 IESNA RP-5-99 IES Recommended Practice of Daylighting

Sob o item 1.1 da Introdução, aparece uma relação de tópicos considerados essenciais a primeira abordagem num projeto de Iluminação Natural que vise à conservação da energia:

“4) Setorizar a iluminação artificial para que seja controlada por sensores de luz do dia

5) Prever controles de acionamento da luz artificial por sensores de luz do dia;

Prever acionamento e dimerização da iluminação artificial, por meios manuais ou automáticos, em resposta a disponibilidade de luz natural.

6) Providenciar a verificação e manutenção de todos os controles automáticos

Garantir que: o desempenho do sistema instalado esteja de acordo com as especificações; que o sistema esteja calibrado; e que a manutenção seja realizada adequadamente.

8.3.1 Economia de Energia com Controles Automáticos.”

“8.3.2 Economia de Energia com Controles Manuais.

Os espaços iluminados com luz natural que conseguiram os mais baixos índices de consumo de eletricidade, o fizeram com controles manuais. No entanto, ocorre muitas vezes, que os usuários acionam a luz artificial mesmo quando a luz natural é adequada. Uma possível solução seria a adoção de sistemas de acionamento manual que são desligados por sensores de presença.”

### 33 ASHRAE 90.1- 2004 EUA

No capítulo 9, encontram-se as tabelas para o cálculo da potência instalada permitida, para iluminação. Este cálculo pode ser feito por dois métodos que a norma apresenta:

1) Pelo *Area Method*, a área bruta do pavimento é multiplicada pela densidade permitida conforme o uso (Tabela 3-7). No caso de escritórios, a densidade permitida é 11W / m<sup>2</sup>.

2) Já pelo *Space-by-Space Method*, é calculada a área de cada compartimento (medida pelo eixo das paredes divisórias) e multiplicada esta área, pela densidade encontrada na tabela 9.6.1, conforme o uso. A soma das potências de todas as áreas resultará na potência total permitida para iluminação. No caso de escritórios a Tabela 9.6.1 indica 12 W / m<sup>2</sup> (Tabela 3-8).

### 34 IESNA Lighting Handbook Reference & Application, 8th Edition

Para os controles de iluminação, tanto manuais como automáticos, é recomendado:

1) Cada escritório ou área separada deve ter seu próprio interruptor.

2) Em grandes espaços abertos, as áreas de trabalho devem ser agrupadas e possuírem controles em separado.

- 3) Quando luminárias com 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes são usadas, as luminárias adjacentes devem ser instaladas em circuitos alternados.
- 4) Quando são usadas luminárias de três lâmpadas, a lâmpada do meio deve ser conectada a um circuito separado das outras duas.
- 5) No caso de luminárias com quatro lâmpadas fluorescentes, as duas do meio devem ser conectadas a um circuito separado das duas de fora.
- 6) Considerar a dimerização quando reatores eletrônicos são usados.
- 7) Circuitos separados para áreas de trabalho com altas iluminâncias.
- 8) Luminárias ao longo das paredes com janelas devem ser acionadas separadamente.

### **35 Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006**

No capítulo 4 são apresentadas recomendações para a otimização do uso da luz do dia, por:

- dimerização e controle do sistema elétrico, em resposta à disponibilidade de luz natural: suplementação da luz natural e não a duplicação desta, pela luz artificial.

### **36 LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations, Version 2.2. US Green Building Council, 2005**

Na p.73, há o crédito de 1 ponto para o edifício que oferecer sistema de controle de iluminação individual ou por grupos de usuários, acessível a, no mínimo, 90% dos ocupantes e que permita ao sistema de iluminação ajustar-se às necessidades individuais ou das tarefas a serem desenvolvidas.

### **37 LEED for Commercial Interiors, Version 2.0. US Green Building Council, 2005**

No capítulo: Energia e Atmosfera, na p.24, o crédito de 1 ponto é conferido ao edifício que tiver instalados sensores de luz do dia num raio de 15 pés de uma janela ou sob iluminação zenital.

Na p.66, há o crédito de 1 ponto para o edifício que oferecer sistema de controle de iluminação individual ou por grupos de usuários, acessível a, no mínimo, 90% dos ocupantes

e que permita ao sistema de iluminação ajustar-se às necessidades individuais ou das tarefas a serem desenvolvidas.

### 38 Model National Energy Code of Canada for Buildings 1997

#### “4.2.4.1. Requisitos para Controles

- 1) Exceto como permitido em 2), todo o sistema de iluminação interno deve estar provido de controles manuais, automáticos ou programáveis.
- 2) Controles não são exigidos onde
  - a) iluminação contínua é exigida por motivos de segurança, ou
  - b) a iluminação é de saída ou de emergência.
- 3) Todo espaço fechado por paredes ou divisórias de piso-teto deve estar provido de um ou mais controles que sejam capazes de desligar toda a iluminação artificial do espaço.
- 4) No mínimo um controle deve ser instalado em cada circuito.”

#### 4.2.4.2. Controles para Iluminação Noturna

- 1) Controles que permitam níveis mais baixos de iluminação à noite, são exigidos para espaços de escritórios:
  - a) com 40 m<sup>2</sup> ou mais de área,
  - b) fechados por paredes ou divisórias piso-teto,
  - c) nos quais a iluminação conectada é maior do que 12 w / m<sup>2</sup>, e
  - d) com mais de uma luminária.
- 2) Onde controles de iluminação noturna são exigidos, no mínimo uma luminária deve ser controlada separadamente para assegurar o nível mínimo de luz que permita o deslocamento seguro através do espaço quando o espaço não está sendo usado.
- 3) As luminárias controladas para fornecer iluminação noturna devem
  - a) estar localizadas numa densidade de não mais que uma luminária por cada 40 m<sup>2</sup>, e
  - b) fornecer um nível médio de iluminação no piso de não menos que 10 lx.”

#### “4.2.4.3. Localização dos Controles

- 1) Exceto pelo disposto em 2) e 3), os controles de iluminação devem ser
  - a) localizados próximo da entrada principal ou entrada do compartimento ou espaço nos quais a iluminação é controlada por estes controles,
  - b) localizados de tal maneira que exista uma linha clara de visão do controle à área iluminada, e
  - c) prontamente acessível às pessoas que ocupam ou usam o espaço.
- 2) Os controles de iluminação podem estar centralizados em locais remotos onde
  - a) os controles são automáticos,
  - b) os controles são programáveis, ou
  - c) é desejável, por motivos de segurança, que a iluminação esteja sob o controle da direção ou da gerência predial.

- 3) Onde a iluminação de tarefa está instalada em outro local que não o teto, a mesma deve ser provida de interruptores localizados na estação de trabalho servida ou em local adjacente a ela.
- 4) Onde um ou mais controles estão instalados como exigido pelo artigo 4.2.4.2., os mesmos devem ser localizados mais próximos da entrada do compartimento ou espaço cuja iluminação é acionada por estes controles.
- 5) Exceto pelo disposto em 6), controles de iluminação agrupados, devem estar identificados para indicar a área controlada por cada um.
- 6) Os controles não necessitam atender ao disposto em 5) se estiverem instalados no interior de uma unidade habitacional.”

### 39 **Approved Document L2A Conservation of fuel and power in new buildings other than dwellings, 2006 edition**

“51 Fornecer iluminação com uma eficácia inicial média de não menos que 45 luminária-lumens/circuito-Watts como média de todas as áreas do edifício com o mesmo tipo de utilização.

54 Devem ser instalados controles de iluminação para evitar iluminação desnecessária no horário que os níveis de iluminação natural estão adequados ou quando os espaços estão desocupados.

55 Instalar controles em locais de fácil acesso em cada área de trabalho ou na divisa entre duas áreas de trabalho e nos corredores de circulação geral, que sejam acionados manualmente pela ação deliberada dos usuários.

57 A distância, no plano, entre qualquer controle local e qualquer luminária que o mesmo controla, não deve ser maior que 6m ou duas vezes a distância da luminária ao piso, o que for maior. Quando o espaço é iluminado pela luz do dia, proveniente de janelas laterais, é desejável que a fileira de luminárias do perímetro seja comandada separadamente.

58 Controles locais acionados pelas usuários podem ser complementados por outros controles, tais como sistemas automáticos que:

- a. desligam as luzes quando os sensores indicam a ausência de pessoas; ou
- b. dimerizem ou desliguem a iluminação quando existe suficiente luz natural. Quando instalados em locais apropriados, tais sistemas podem fazer uma útil contribuição no sentido de reduzir o BRE.”

### 40 **BSi British Standards institution, 8206: Part 2:1992 Lighting for buildings**

“Para que a luz natural faça uma real contribuição à eficiência energética de um edifício não é suficiente que ela seja admitida ao seu interior; apropriados controles de iluminação são essenciais.

Há quatro formas básicas de controle de iluminação ligados à luz natural:

- a) manual;
- b) desligamento automático com *timer*, com acionamento manual opcional;
- c) interruptor equipado com célula fotoartificial;

d) Controle de nível de iluminação com célula fotoartificial.

A importância do controle da iluminação não pode ser subestimada. Num prédio comercial convencional, provido de iluminação natural, o uso de controles podem fazer uma diferença de 30 a 40% no uso da iluminação artificial.”

#### 41 BREEAM Offices 2006 Pre Assessment Estimator

“Referência

HW04 Onde comprovado que reatores de alta frequência estão instalados em todas as lâmpadas fluorescentes.

HW05 Onde comprovado que toda a iluminação está especificada de acordo com os níveis (em lux) recomendados pela CIBSE

HW06 Onde comprovado que a iluminação, em todas as áreas ocupadas, está dividida em circuitos para permitir controles separados.”

#### 42 Regulation Termique 2000

“Artigo 62

Num mesmo local, as áreas iluminadas artificialmente que estão localizadas a menos de 4m de uma abertura devem ser comandadas separadamente dos outros pontos de iluminação, desde que a potência total instalada em cada uma destas áreas seja superior a 200W.

Artigo 64

Se a superfície iluminada passa de 1000m<sup>2</sup> um ou mais dispositivos devem permitir a monitoração do consumo com iluminação.”

#### 43 Regulation Termique 2005

“I. Decreto 2006-592 de maio de 2006

Artigo 63

Todos os locais onde os ocupantes podem atuar nos comandos da iluminação, devem comportar no mínimo, um dos dispositivos seguintes:

- um interruptor a cada saída;
- um sensor de presença, eventualmente temporizado, para o desligamento da iluminação quando o local estiver vazio;
- um comando manual que permita o acionamento das luminárias em cada estação de trabalho.

Artigo 64

Em todo o local onde o comando da iluminação compete a uma central de controle, mesmo durante o período de ocupação, deve haver um dispositivo permanente de acionamento da iluminação. Se este dispositivo não está situado no local considerado, o mesmo deverá mostrar o estágio de iluminação deste local, no lugar de instalação do comando.

Artigo 66

Num mesmo local, as áreas iluminadas artificialmente que estão localizadas a menos de 5m de uma abertura devem ser comandadas separadamente dos outros pontos de iluminação, desde que a potência total instalada em cada uma destas áreas seja superior a 200W.

Artigo 67

Quando a iluminação natural é suficiente, a iluminação artificial deve ser automaticamente desligada, pelo uso de dispositivo com sensor de claridade.”

**44 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places**

“Manutenção - de acordo com as características de manutenção das lâmpadas e luminárias é estabelecido um fator que não deve estar abaixo de 0,70.

Considerações sobre o uso da energia - a instalação do sistema de iluminação deve atender às exigências de acordo com o local e com a tarefa a ser executada, sem desperdício de energia. Isto requer considerações sobre o sistema adotado, equipamento, controles manuais ou automáticos e o uso otimizado da luz natural disponível.”





## 5.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

### 5.1.1 O PORQUE DOS ESTUDOS DE CASO

Com os Estudos de Caso pretendia-se, inicialmente, aplicar os indicadores coletados em projetos típicos de edifícios de escritórios, da cidade de São Paulo, e avaliar o desempenho destes projetos em relação à admissão de luz natural, apresentando assim, exemplos que ilustrassem esta questão.

Os estudos de Caso permitiram esta análise dos projetos como também uma avaliação dos próprios indicadores. Ao serem aplicados e por comparação entre os resultados obtidos com esta aplicação, pode-se concluir sobre o aprofundamento dos aspectos técnicos e a pertinência destes mecanismos.

### 5.1.2 CRITÉRIOS DE ESCOLHA DOS ESTUDOS DE CASO

Para os estudos de caso foram escolhidos projetos de edifícios de escritórios que:

- 1) Fizessem parte do grupo de empreendimentos da iniciativa privada e de incorporadoras e construtoras que mostram interesse em obter selos de qualificação para seus projetos.
- 2) Estivessem ainda na fase de projeto ou construídos na última década;
- 3) Representassem tipologias recorrentes dos edifícios de escritórios na cidade de São Paulo segundo a experiência profissional da autora desta dissertação.
- 4) Apresentassem diferentes soluções de partido geral, de dimensionamento, forma e disposição de janelas; e diferentes materiais nas áreas transparentes.

Caso 1:

- escritório resultado da divisão do pavimento tipo em cinco unidades autônomas;
- área, dimensões e distribuição interna características dos projetos de edifícios de pequenos escritórios dos últimos 10 anos;
- janelas de tamanhos diversos e com espaçamentos diferentes entre elas, na parede;
- vidros usados com coeficiente de transmissão luminosa de 0,84.

Caso 2:

- escritório resultado da divisão do pavimento tipo em quatro unidades autônomas;
- escritório com grandes dimensões;
- área iluminante contínua ao longo das paredes externas;
- vidros usados com coeficiente de transmissão luminosa de 0,31.

Caso 3:

- escritório ocupando todo o pavimento tipo; bloco de serviços e circulação vertical localizado num dos lados da sala;
- sala com grandes dimensões e profundidade;
- vidros usados com coeficiente de transmissão luminosa de 0,72.

Caso 4:

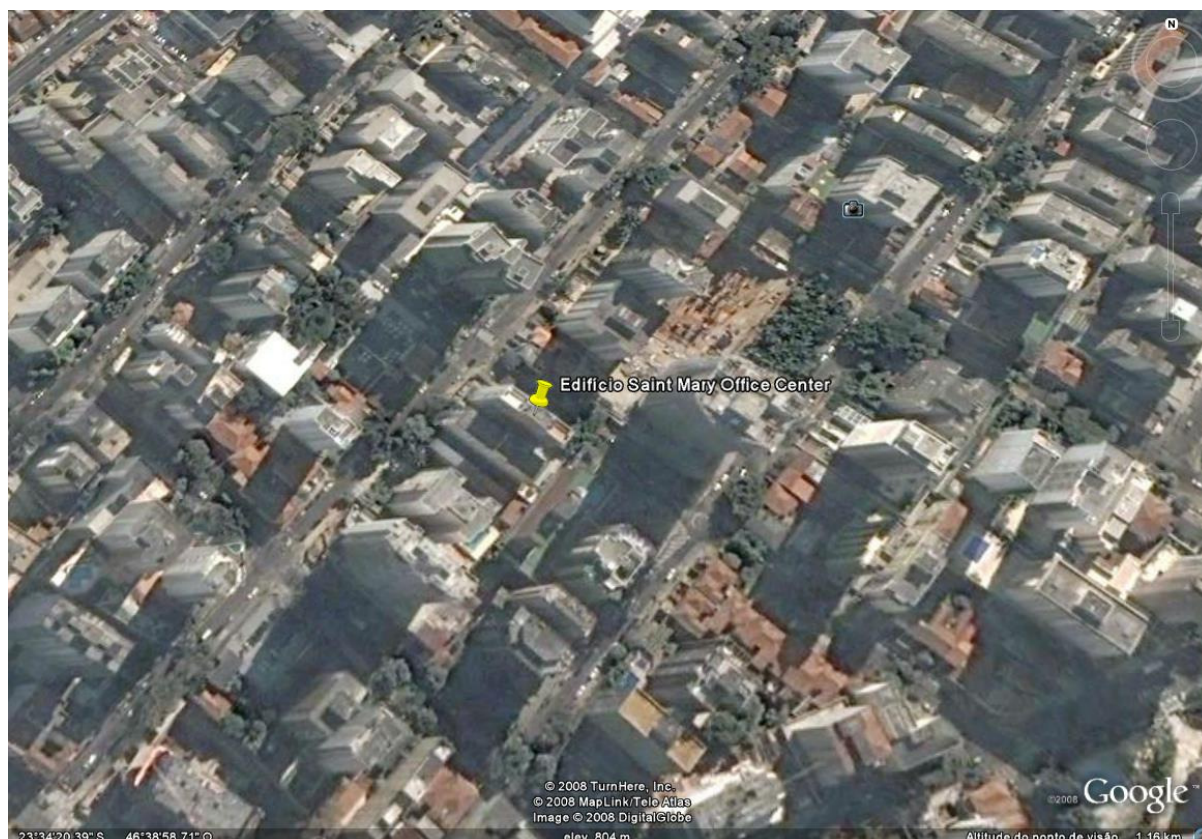
- escritório ocupando todo o pavimento tipo; bloco de serviços e circulação vertical com localização central, na planta;
- sala com grandes dimensões mas profundidade proporcionalmente menor, devido a localização centralizada dos acessos e serviços;
- janelas de dimensões e localização uniformes ao longo das fachadas;
- vidros usados com coeficiente de transmissão luminosa de 0,77.

Caso 5:

- estudados dois escritórios, resultados da divisão do pavimento tipo em dez unidades autônomas;
- área, dimensões e distribuição interna características dos projetos de edifícios de escritórios dos últimos 10 anos;
- área iluminante contínua ao longo das paredes externas;
- vidros usados com coeficiente de transmissão luminosa de 0,62.

## 5.2 CASO 1

### 5.2.1 DADOS DO PROJETO



**Figura 5-1** Foto aérea: situação do Edifício Saint Mary Office Center  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth

#### EDIFÍCIO SAINT MARY OFFICE CENTER

Endereço: Rua Maria Figueiredo esquina Rua Mario Amaral

Projeto: JONAS BIRGER ARQUITETURA

Construção: RCCE Construtora

Características do empreendimento:

Prédio com térreo, 2 sub-solos, mezanino, 11 pavimentos tipo e 2 andares de cobertura. O pavimento tipo está dividido em 5 escritórios. A sala escolhida para este estudo aparece em destaque na planta da próxima página.

Ambiente estudado:

Área de piso	27,23 m <sup>2</sup>
Área envidraçada	5,40 m <sup>2</sup>
Pé direito	2,60 m
Altura verga das janelas	2,15 m

Acabamentos:

piso	Elevado, para carpete. Nas simulações: carpete cinza
paredes	Alvenaria com argamassa e pintura branca
forro	Laje com revestimento em argamassa, pintada na cor branco
esquadrias	Alumínio anodizado preto
vidros	Laminado, incolor, 10mm (4mm + 6mm)

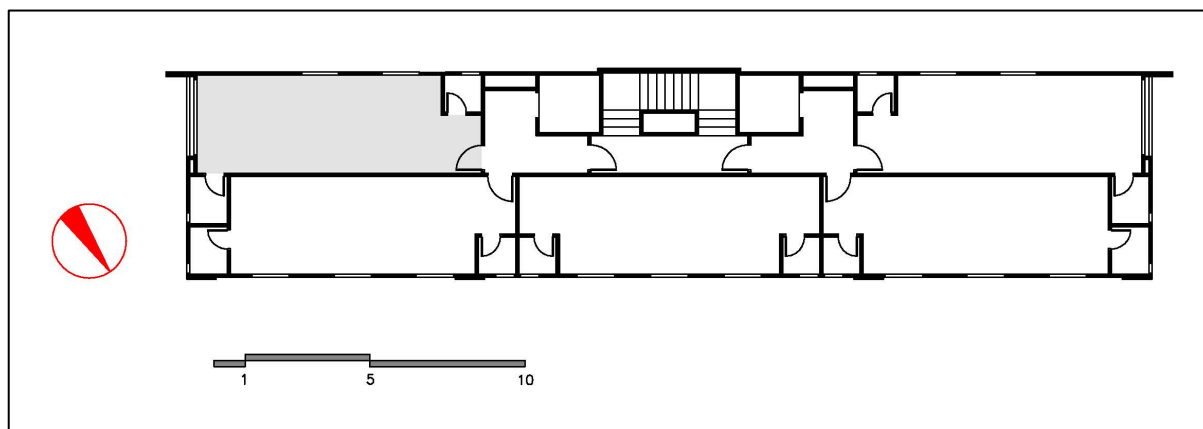


Figura 5-2 Planta do pavimento tipo  
Fonte: RCCE Construtora

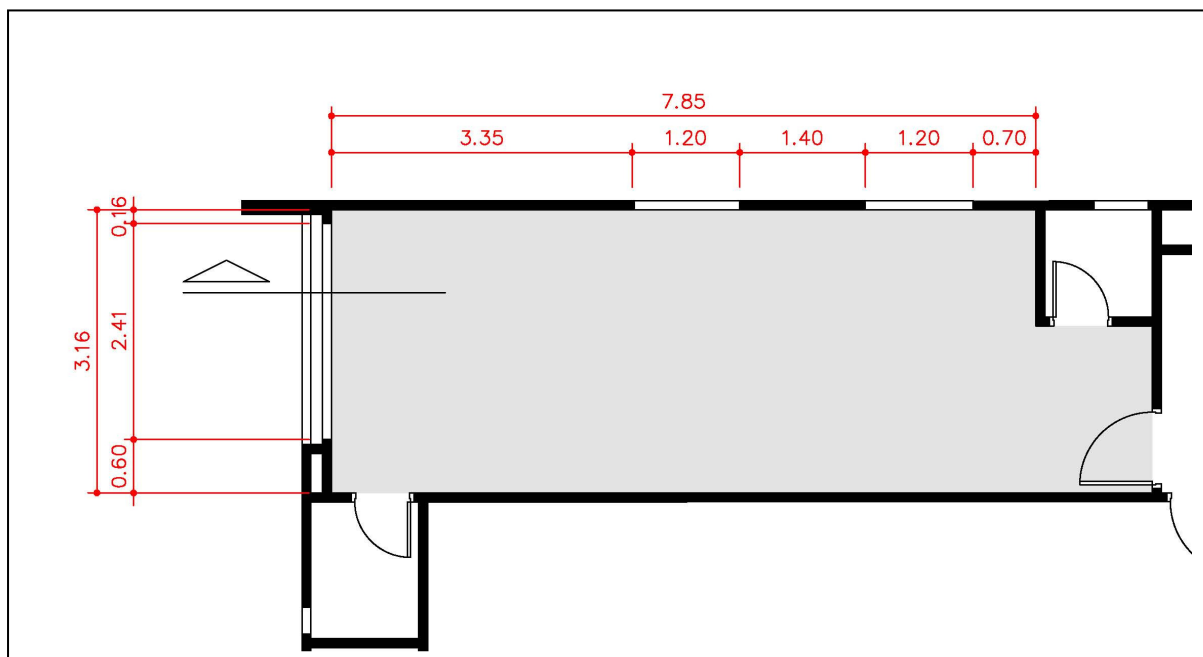


Figura 5-3 Planta da sala  
Fonte: RCCE Construtora

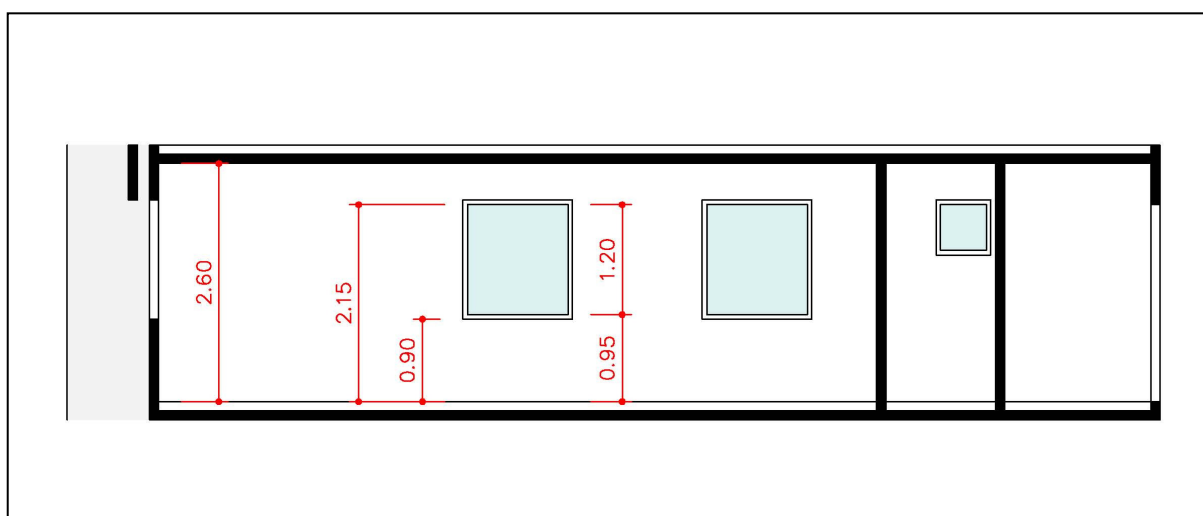


Figura 5-4 Corte  
Fonte: RCCE Construtora

## 5.2.2 ADMISSÃO DE LUZ NATURAL E INSOLAÇÃO

O escritório em estudo no Caso 1 foi simulado no Ecotect e pela interface com o Radiance, foram obtidos os dados da admissão de luz natural, no ambiente. Estes dados foram utilizados para a avaliação da conformidade do projeto em relação aos indicadores reunidos no Capítulo 4.

Para esta simulação foi considerado os seguintes índices:

Transmitância luminosa dos vidros: 0.84

Reflexão do teto: 0.70

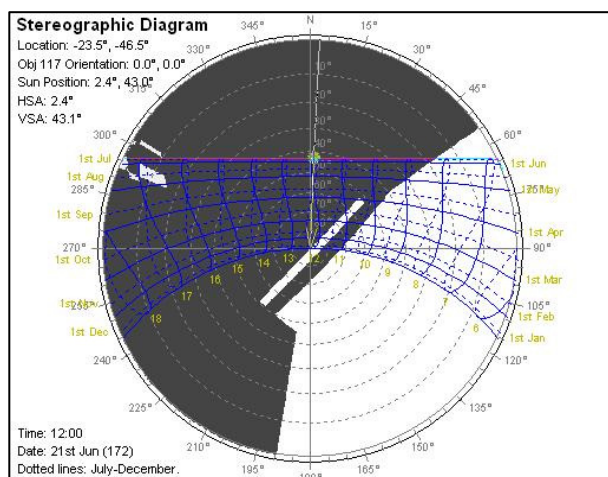
Reflexão do piso: 0.20

Reflexão das paredes: 0.50

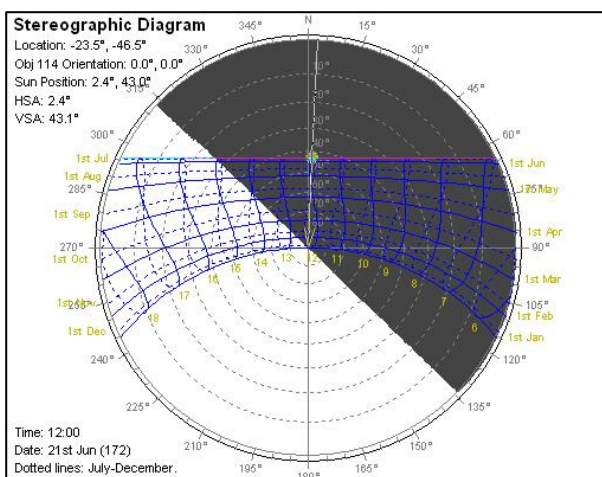
Do Apêndice A constam as imagens com os resultados desta simulação.

Da simulação no Ecotect foram obtidos os diagramas estereográficos que indicam radiação solar direta, no ambiente estudado:

- entre 8:00 e 10:00 hs; 13:45 e 18:00 hs nos equinócios
- entre 8:00 e 11:00hs; 12:00 e 18:00 hs, no solstício de verão
- entre 8:00 e 8:30 hs; 16:00 e 17:20 hs no solstício de inverno



**Figura 5-5** Diagrama estereográfico – fachada SE  
Fonte: Ecotect



**Figura 5-6** Diagrama estereográfico – fachada SW  
Fonte: Ecotect

No Apêndice A aparecem as imagens com a simulação realizada com o programa SketchUp, que ilustram a ocorrência da radiação solar direta na sala nos diversos horários e dias do ano.

### 5.2.3 O CASO 1 E OS INDICADORES

Neste item será avaliada a conformidade do projeto em estudo, aos indicadores selecionados e reunidos em grupos no capítulo 4.

#### 5.2.3.1 GRUPO A – INDICADORES SOBRE IMPLANTAÇÃO

**1 e 2** Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 PORTUGAL e

BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (figuras)

Não atende: o edifício que contem o escritório objeto do Estudo de Caso 1 localiza-se numa área bastante adensada, onde a legislação municipal permite edifícios altos com recuos laterais relativamente pequenos. Desta forma, os projetos concebidos para estes locais não atendem, na quase totalidade dos casos, ao Decreto-Lei 38.382 e à norma BSi 8206, quanto à volumetria e implantação da edificação.

**3** Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Janelas localizadas nas faces norte e sul.

Não atende: a sala estudada possui janelas nas fachadas nordeste e noroeste.

Evitar obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.

Atende: não existem obstruções à luz natural para esta sala, externas ao prédio.

#### 5.2.3.2 GRUPO B – INDICADORES SOBRE GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

**4** Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL

Artigo 47 – Exigência de aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Atende: possui aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Artigo 53 – Profundidade menor que três vezes o pé-direito, ou duas vezes e meia a largura.

Atende: no projeto em questão temos um pé direito de 2,60m e uma profundidade de 3,16m ou 1,22 vezes o pé-direito.

Artigo 54 – Superfície iluminante maior que 1/8 da área do piso.



Atende ao art. 54: a área de piso é de 27,23m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 5,40m<sup>2</sup>; maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 3,40m<sup>2</sup>.

## 5 Lei Municipal 11.228 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo BRASIL

11.2.2 – Abertura iluminante maior que 15% da área do piso.

Atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante (5,40m<sup>2</sup>) corresponde a 19,8% da área de piso (27,23m<sup>2</sup>), maior que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

11.2.4 – As aberturas poderão ser reduzidas pela adoção de meios artificiais de iluminação.

11.2.5 – Profundidade menor que três vezes a largura e o pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as aberturas forem superiores ao dobro do mínimo exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser cinco vezes a largura e o pé-direito.

Atende ao item 11.2.5: a profundidade da sala é menor que três vezes o pé direito.

## 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA

Janelas da fachada oeste com área menor que 40% da área da fachada ou menor que o produto: 2m pela extensão da fachada.

Área total de janelas menor que 40% da área das fachadas ou menor que o produto: 2m pelo perímetro das fachadas.

Atende: as áreas das fachadas NW e NE foram calculadas para o andar tipo. NW:18,65m<sup>2</sup> e NE:86,91 m<sup>2</sup>. As áreas envidraçadas somam: NW: 3,26m<sup>2</sup> ; NE: 5,78m<sup>2</sup>. Assim, na fachada NW há17% de área envidraçada e na NE, 7%.

## 7 IESNA RP-5-99 EUA

A figura 2 mostra profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela.

Uma bandeja de luz aumenta o limite para 2 vezes a altura da verga da janela .

Atende à recomendação da IESNA: profundidade da sala igual à 1,47 vezes a altura da verga da janela (2,15m).

## 8 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.

Apesar do pé-direito (2,60m) não poder ser considerado alto, a relação com a profundidade da sala permite a penetração da luz natural.

Janelas altas para aumentar a penetração da luz.

Janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem ofuscamento.

Não atende: janelas da fachada SW estão irregularmente distribuídas.

## 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras)

As aberturas laterais atendem a condição apontada pela primeira figura.

## 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ

Crédito da p.59:

90% das áreas ocupadas com visão direta do exterior entre 0,76m e 2,3m acima do piso razão entre superfície envidraçada e área de piso: 0,07.

Atende: 100% da área do escritório tem vista para o exterior e a razão entre área envidraçada e área de piso é de 0,198.

## 11 Approved Document L2A REINO UNIDO

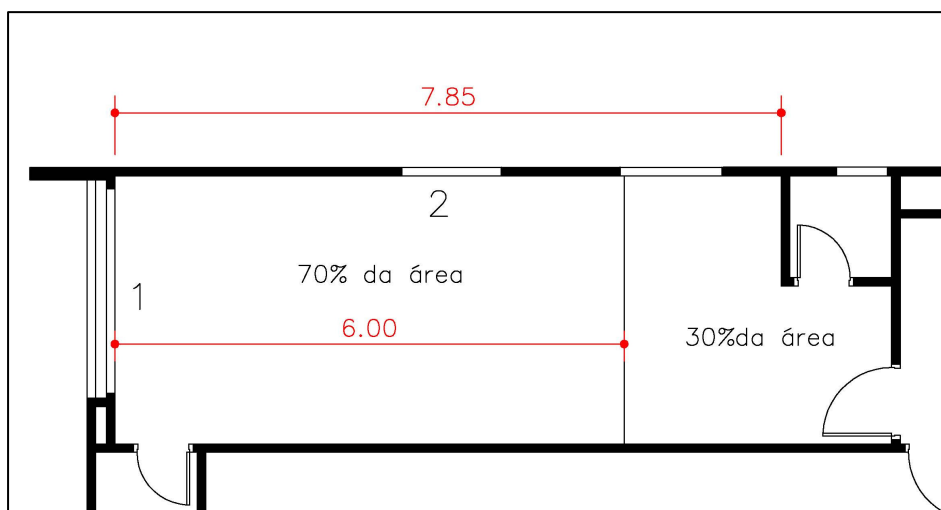
91 Espaço iluminado pela luz do dia significa qualquer espaço:

a. até 6m de distância de uma parede com janela, desde que a área envidraçada corresponda ao menos a 20% da área interna da parede que contem a janela.

Pela tabela abaixo é constatado que para este cálculo só é possível considerar a parede 1, pois a parede 2 não possui 20% de área envidraçada. Assim, 70% da sala pode ser considerada iluminada pela luz natural, segundo este regulamento.

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1	8,22 m <sup>2</sup>	2,76 m <sup>2</sup>	33%
2	21,41 m <sup>2</sup>	2,64 m <sup>2</sup>	12%

**Tabela 5-1** Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 1  
Fonte: Autora da Pesquisa



**Figura 5-7** Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 1  
 Fonte: Autora da Pesquisa

### 12 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)

Atende: a maior distância até a parede 1 é de 7,85m, menor que 8m ; a tabela com porcentagem de janelas mostrada no item anterior indica que na parede 1 há 33% de área de janelas, maior que o mínimo requerido (20%).

### 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO

HW01- 80% da area adequadamente iluminada pela luz do dia

HW02 – estações de trabalho, no máximo, a 7m de uma janela

Atende: segundo resultados das simulações em computador (ver Apêndice A), o espaço estudado possui 80% de sua área iluminada adequadamente pela luz natural e as estações de trabalho estarão localizadas a menos de 7m de uma janela.

### 14 DIN 5043-1 ALEMANHA

Dimensões da sala	Área (A) em m <sup>2</sup>	Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m		
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

Atende: Considerando-se a maior dimensão da sala, 7,85m, a área envidraçada correspondente é de 2,64 m<sup>2</sup>, maior, portanto, que 1,5m<sup>2</sup>.

- a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

Atende: a verga da janela está a 2,15m do piso.

- b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Atende: peitoril a 0,90m e área envidraçada a 0,95m.

- c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala

Considerando-se a parede sudeste a condição é atendida. No caso da parede sudoeste, as larguras das janelas representam 28% da largura da sala, não atendendo à norma.

### 5.2.3.3 GRUPO C – INDICADORES SOBRE PROTETORES SOLARES

#### 15 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

- Bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- Dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- Protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

Não atende: o projeto não previu nenhum protetor solar para as fachadas.

#### 16 LEED System for Core and Shell EUA (p 76)

Utilizar dispositivos de controle da radiação direta e do ofuscamento.

Não atende: o projeto arquitetônico não previu proteções solares.

#### 17 Code du Travail FRANÇA

Artigo R 232-7-4 : uso de protetores solares.

Não atende: conforme apresentado em 5.2.2, as aberturas para iluminação não possuem protetores, permitindo a radiação solar direta, no interior da sala.

Artigo R 235-2-1: vista direta para o exterior.

Atende: de qualquer ponto da sala há vista para o exterior.

### 5.2.3.4 GRUPO D – INDICADORES SOBRE FATOR DE LUZ DIURNA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

#### 18 LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)

Opção 1: Atender ao glazing factor mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O glazing factor é calculado segundo a fórmula em 3.2.3.1 e os índices da Tabela 3-12.

Consideradas janelas para a visão do exterior, entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural, acima de 229 cm.

Atende: o *glazing factor* é de 3,4%, considerando-se: área de janela para visão: 5,40 m<sup>2</sup>; área de piso: 27,23m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,77; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Atende: 75% da sala apresenta iluminância acima de 250 lx.

A figura abaixo, elaborada a partir dos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice A) mostra a área com iluminâncias acima de 250 lx.

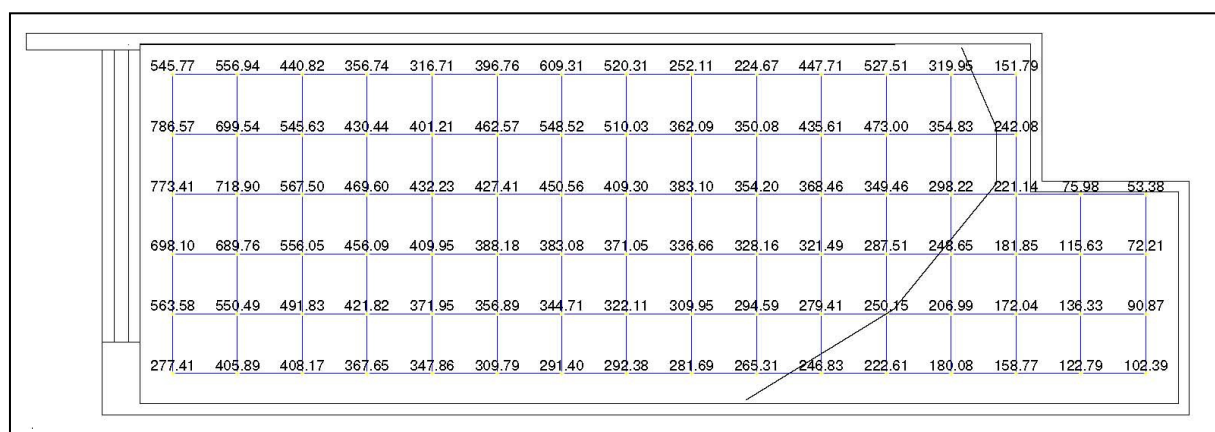


Figura 5-8 Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 1  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

#### 19 LEED for Commercial Interiors EUA

Dois itens pedem: 1) 75% e 2) 90% da área com Fator de Luz do Dia igual ou maior que 2%; ou 250 lx de iluminância no plano de trabalho.

Atende ao primeiro requisito: 75% da área com iluminância acima de 250 lx (ver item anterior).

## 20 Canada Labour Code Part VI - CANADÁ

1. VDT WORK	
(a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently	500
(b) Task positions at which data entry work is performed exclusively	750
(c) Air traffic controller areas	100
(d) Telephone operator areas	300

Não atende: o projeto em estudo, considerada apenas a iluminação natural, não atende aos níveis mínimos de iluminância requeridos pelo Canada Labour Code.

## 21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ

Pag.88 - No mínimo 75% das áreas ocupadas, com 2% como Fator de Luz do Dia (excluindo-se radiação solar direta), ou com simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx; ambiente com redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

Não atende: o projeto estudado não exclui a radiação solar direta.

## 22 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)

Tabela 10

500 lx como iluminância padrão de serviço, para escritórios em geral.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 23 DIN 5043-1 ALEMANHA

Fator de Luz do Dia médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.

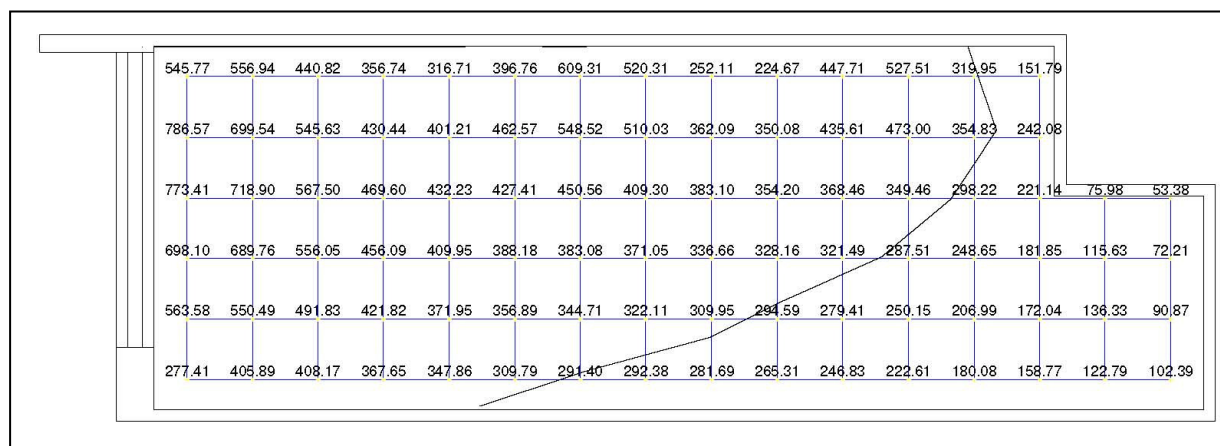
Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz do Dia do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.

Atende: não há ponto na linha média da profundidade da sala com FLD menor que 1%.

Iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho no mínimo 0,6 vezes que os valores especificados na DIN 5035-2.

Atende na maior parte da sala: a figura abaixo elaborada a partir dos resultados obtidos no Radiance, mostra as iluminâncias em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às

12:00hs, céu claro. A linha escura, na figura, separa a área com valores de Iluminâncias menores que 300 lx (0,6 de 500 lx).



**Figura 5-9** Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 1  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

## 24 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Fator de Luz do Dia não inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contem a janela e a 1m das paredes laterais.

Atende: não se encontram pontos na sala com Fator de Luz do Dia abaixo de 1%.

### 5.3.3.5 GRUPO E – INDICADORES SOBRE UNIFORMIDADE E OFUSCAMENTO

## 25 NBR 5413 BRASIL

4.3 Iluminância do ambiente não inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho.

Atende: Não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx (considerando-se que a iluminância adotada para o campo de trabalho seja de 300 lx).

4.4 Iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.

.registros, cartografia, etc.	750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750

Não atende: considerando-se somente a luz natural, não é atingida a iluminância recomendada pela NBR 5413 (ver Apêndice A).

## 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório

Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

Atende: Esta recomendação do Lighting Handbook, refere-se a um escritório com equipamentos e mobiliário instalados. No entanto, mesmo na fase de projeto, é possível avaliar o potencial que o espaço apresenta para atender a este item.

Pelos resultados obtidos com o Radiance (ver Apêndice A), observa-se que a relação entre luminâncias entre a área da tarefa e superfícies não adjacentes é menor do que 1:10.

## 27 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar os contrastes com a luz natural.

Uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

O projeto em estudo apresenta potencial para atendimento das recomendações sobre refletâncias, que se referem a instalações e acabamentos a serem executados após a entrega do imóvel ao proprietário, porém não fez discriminação das áreas envidraçadas.

## 28 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO

Uniformidade - iluminância mínima acima de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice A), observa-se que a maior parte da sala não atende esta exigência.

Ofuscamento - uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

Não atende: não há previsão para dispositivos de sombreamento.

## 29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Task illuminance lx	Illuminance of immediate surroundings lx
≥750	500
500	300
300	200
≤200	Same task illuminance



Uniformidade da iluminância de tarefa maior que 0,7.

Uniformidade da iluminância do entorno imediato maior que 0,5.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice A), observa-se que a maior parte da sala não atende a estas exigências de uniformidade.

## 5.2.4 CONCLUSÕES DO CASO 1

Como Caso 1, foi apresentado um pequeno escritório resultado da divisão do pavimento tipo do prédio em cinco unidades autônomas.

O desempenho desta sala em relação aos indicadores reunidos no capítulo 4 e apresentado em 5.2.3, pode ser resumido nos seguintes tópicos:

### 5.2.4.1 Implantação e Partido Geral

O edifício que contém o escritório objeto do Estudo de Caso 1 localiza-se numa área bastante adensada, onde a legislação municipal permite edifícios altos com recuos laterais relativamente pequenos. Desta forma, os projetos concebidos para estes locais não atendem, na quase totalidade dos casos, ao Decreto-Lei 38.382 e à norma BSi 8206, quanto à volumetria e implantação da edificação.

A implantação do prédio seguiu a forma do terreno e de modo a utilizar o máximo do Coeficiente de Aproveitamento determinado pela PMSP, o que resultou na orientação aleatória das fachadas com janelas.

### 5.2.4.2 Geometria da Sala e Janelas

A planta do pavimento tipo tem a forma retangular alongada e a divisão em cinco escritórios autônomos com a maior dimensão, em planta, paralela à fachada mais extensa, favoreceu a admissão da luz natural nos ambientes que ficaram com pouca profundidade.

A pouca profundidade (3,16m) compensa a altura da verga da janela baixa (2,15m) e a sala atende a recomendação da IESNA: profundidade < 1,5 vezes a altura da verga.

Deve-se observar, porém, que o pé-direito de 2,50m permitiria uma altura maior para a janela.

Há visão do exterior de qualquer ponto da sala.

### 5.2.4.3 Protetores Solares

Não foram previstos, na arquitetura, protetores solares que impedissem a radiação direta.

### 5.2.4.4 Fator de Luz do Dia, Iluminâncias e Luminâncias

O projeto atende ao quesito 8.1 da LEED CS, com um *glazing factor* de 3,4%. Atende também a norma DIN e a alguns dos requisitos das certificações LEED e das normas ISO quanto ao fator de luz do diurna e valores de luminâncias, porém não atende o requisito da pag.88 da LEED For New Construction & Major Renovations, do CANADÁ. Este item, em tudo semelhante a outros das LEED norte americanas, confere pontos para o ambiente que tiver 75% de sua área com fator de Luz do dia superior a 2%, **excluída a radiação direta**, o que não acontece neste caso.

Os resultados obtidos no Radiance demonstram boa admissão da luz natural. Para melhor ilustrar a questão, foram calculadas as iluminâncias com o uso das tabelas de Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto.<sup>31</sup> Para a elaboração da tabela foi empregado o FLD médio (*average value*) conforme os resultados obtidos com a simulação no Radiance e apresentados no Apêndice A.

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	525	590	200
9	660	650	285
10	655	590	280
11	560	470	300
12	445	435	305
13	465	515	300
14	595	620	290
15	665	645	290
16	635	540	250
17	450	290	110
18	165	0	0

**Tabela 5-2** Valores de Iluminâncias (lx)  
 Caso 1 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 2,51

A tabela 5-2 mostra valores de luminâncias adequados, em se tratando de luz natural.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> SCARAZATTO, Paulo Sergio. *Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para cidades brasileiras*. Tese de doutoramento pela FAUUSP, São Paulo, 1995.

<sup>32</sup> "...a iluminação proveniente unicamente da luz do dia, por aberturas laterais, em locais de trabalho é considerada suficiente se a iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho é no mínimo 0,6 vezes maior que os valores especificados na DIN 5035-2." DIN 5034-1 *Daylight in interiors*, Alemanha, 1999, p. 6. Tradução livre do inglês.

#### 5.2.4.5 Uniformidade e ofuscamento

Em ambientes onde não está excluída a radiação direta não é possível, considerando-se somente a iluminação natural e apenas pela observação dos resultados de simulação, a avaliação de uniformidade no plano de trabalho e áreas adjacentes. Isto, porque, ao serem instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

#### 5.2.4.6 Considerações gerais sobre o Caso 1

Observando o quadro com o resumo de desempenho do Caso 1, fica bem claro que este escritório atende, de uma maneira geral, aos indicadores referentes à geometria de salas e janelas. Como a sala estudada tem pequenas dimensões, forma retangular e pouca profundidade em relação à parede com janelas, a luz natural é admitida com bom alcance, atingindo todo o ambiente.

Talvez não seja por acaso que justamente estes, os indicadores que foram atendidos, façam parte dos regulamentos que as edificações devam, obrigatoriamente, atender.

Alguns dos importantes itens são atendidos, relativos ao *glazing factor*, da LEED CS e ao fator de luz diurna. A tabela 5-2 mostra bons índices de iluminação natural. A uniformidade considerando-se o ponto de menor iluminância dentro da área de sala, onde é possível instalar estações de trabalho (158,77 lx) e o valor médio das iluminâncias, é de 0,43.

Já a importante questão dos protetores solares externos que evitariam a radiação direta, tão indesejável em escritórios, não é atendida, o que de certa forma, invalida os índices de iluminação obtidos.

De fato, uma vez instalados os necessários protetores internos (persianas) os índices de iluminação serão inferiores aos apresentados na tabela 5-2 e a luz natural que poderia ter boa penetração na sala pode vir a ser desconsiderada.

Porem, se o projeto tivesse previsto protetores externos que oferecessem sombreamento às áreas envidraçadas de acordo com a angulação solar, ainda que houvesse uma diminuição nos níveis de iluminação, a uniformidade seria melhorada.

Desta forma, e por meio de um sistema de controle e dimerização integrado com a iluminação artificial, todo o potencial de uso da iluminação natural poderia ser aproveitado.

INDICADORES		
	atendimento	comentário
implantação		
1 e 2	—	área muito adensada, com prédios altos, sem boas condições para implantação
3	—	a sala estudada possui janelas nas fachadas nordeste e noroeste
	✓	não existem obstruções externas à luz natural
geometria de salas e janelas		
4	✓	existem aberturas comunicando diretamente com o exterior
	✓	profundidade de 1,22 vezes o pé direito
	✓	área iluminante maior do que 1/8 da área de piso
5	✓	área iluminante maior do que 15% da área de piso
	✓	profundidade da sala menor do que 3 vezes o pé direito
6	✓	áreas de janelas menores do que 40% da área de fachadas
7	✓	profundidade igual a 1,47 vezes a altura da verga da janela
8	✓	mesmo sem um pé direito alto, a profundidade da sala permite penetração da luz natural
	—	janelas da fachada SW estão irregularmente distribuídas
9	✓	as aberturas atendem a condição apontada pela primeira figura
10	✓	100% da sala com vista externa; razão entre área envidraçada e de piso maior que 0,07
11	✓	70% da sala pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo este critério
12	✓	profundidade < 8m em relação à janela que ocupa mais do que 20% da fachada
13	✓	80% da sala com luz natural e estações de trabalho a menos de 7m de uma janela
14	✓	área envidraçada maior do que 1,5m <sup>2</sup>
	✓	verga da janela mais alta do que 1,30m
	✓	peitoril a 90cm e ;área envidraçada a 95cm
	—	janelas localizadas na parede sudoeste não correspondem a 55% da largura da sala
protetores solares		
15	—	não há protetores solares nas fachadas
16	—	não há protetores solares nas fachadas
17	—	não há protetores solares nas fachadas
	✓	de qualquer ponto da sala há vista para o exterior
fator de luz diurna e iluminâncias		
18	✓	<i>glazing factor</i> de 3,4%
	✓	75% da sala com iluminância acima de 250lx, às 12hs, equinócio, céu claro
19	✓	75% da sala com iluminância acima de 250lx, às 12hs, equinócio, céu claro
20	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
21	—	não exclui a radiação solar direta
22	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
23	✓	nenhum ponto com FLD menor que 1% na profundidade média da sala
	✓	a maior parte da sala com iluminâncias maiores que 300 lx (0,6 de 500 lx)
24	✓	nenhum ponto da sala com FLD menor que 1%
uniformidade e ofuscamento		
25	✓	não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
26	✓	relação de luminâncias entre áreas não adjacentes menor do que 10:1
27	—	potencial para atender refletâncias internas, mas sem discriminação de áreas envidraçadas
28	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	não há dispositivo de sombreamento
29	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido

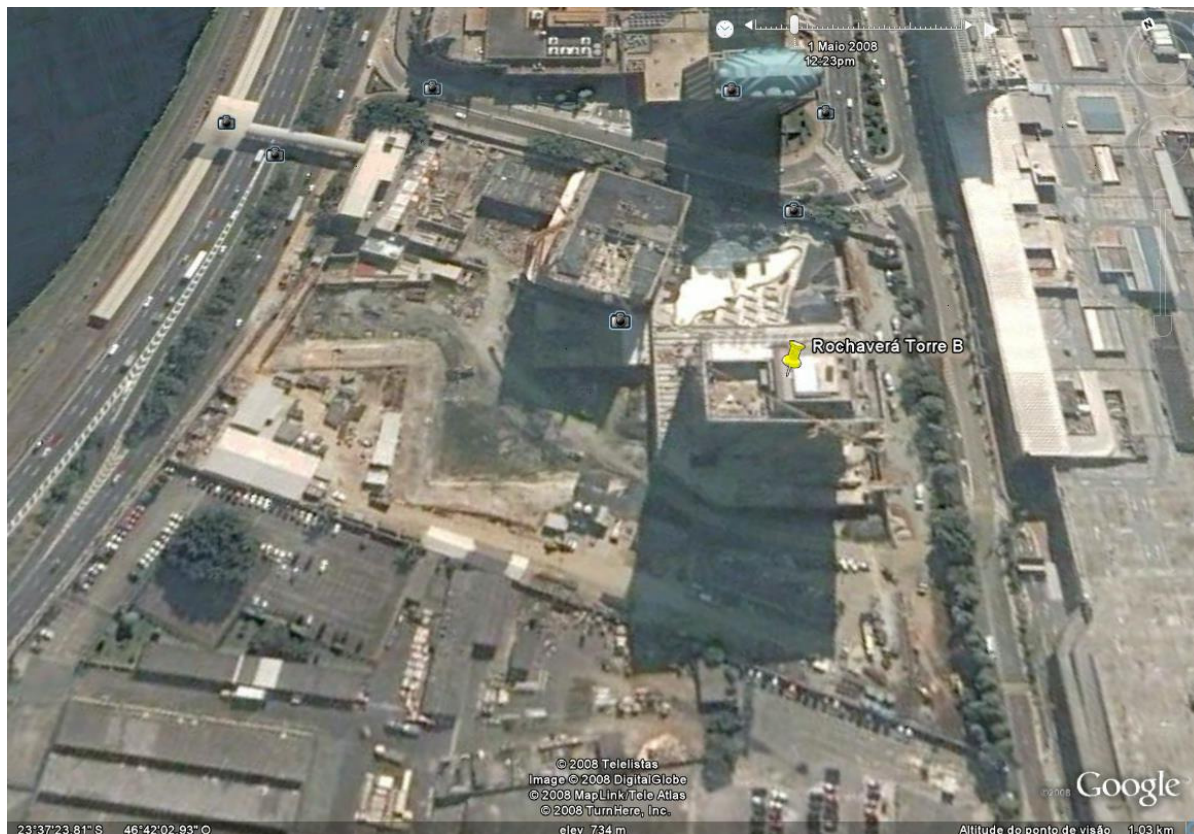
**Quadro 5-1** Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 1  
Fonte: Autora da Pesquisa

Legenda: ✓ Atende  
— Não atende

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no quadro, consta do item 5.2.3

## 5.3 CASO 2

### 5.3.1 DADOS DO PROJETO



**Figura 5-10** Foto aérea: situação da Torre B, Conjunto Rochaverá  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth

#### CONJUNTO ROCHAVERÁ, TORRE B

Endereço: Av. das Nações Unidas, 14717

Projeto: AFLALO e GASPERINI

Incorporação: Thishman Speyer

Construção: Método Engenharia

#### Características do empreendimento:

Prédio com térreo, 4 sub-solos, mezanino e 23 pavimentos tipo. O pavimento tipo está dividido em 4 escritórios. A sala escolhida para este estudo aparece em destaque na planta da próxima página.

### Ambiente estudado

Área de piso	413,57 m <sup>2</sup>
Área envidraçada	75,40 m <sup>2</sup>
Pé direito	2,80 m
Altura verga das janelas	2,77 m

### Acabamentos:

piso	Elevado, para carpete. Nas simulações: carpete cinza
paredes	Alvenaria com argamassa e pintura branca
forro	Gesso liso, cor branca
esquadrias	Alumínio anodizado preto
vidros	Laminado, bronze, refletivo de 10mm (4mm + 6mm)

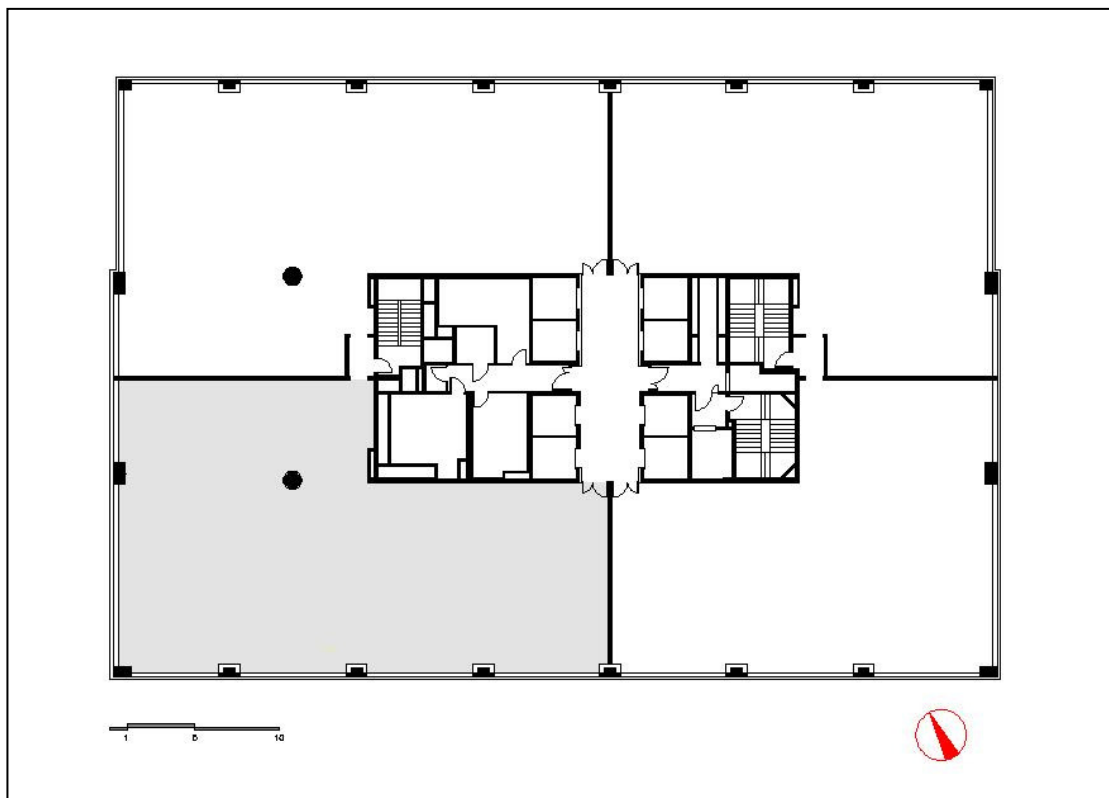


Figura 5-11 Planta do pavimento tipo  
Fonte: Thishman Speyer

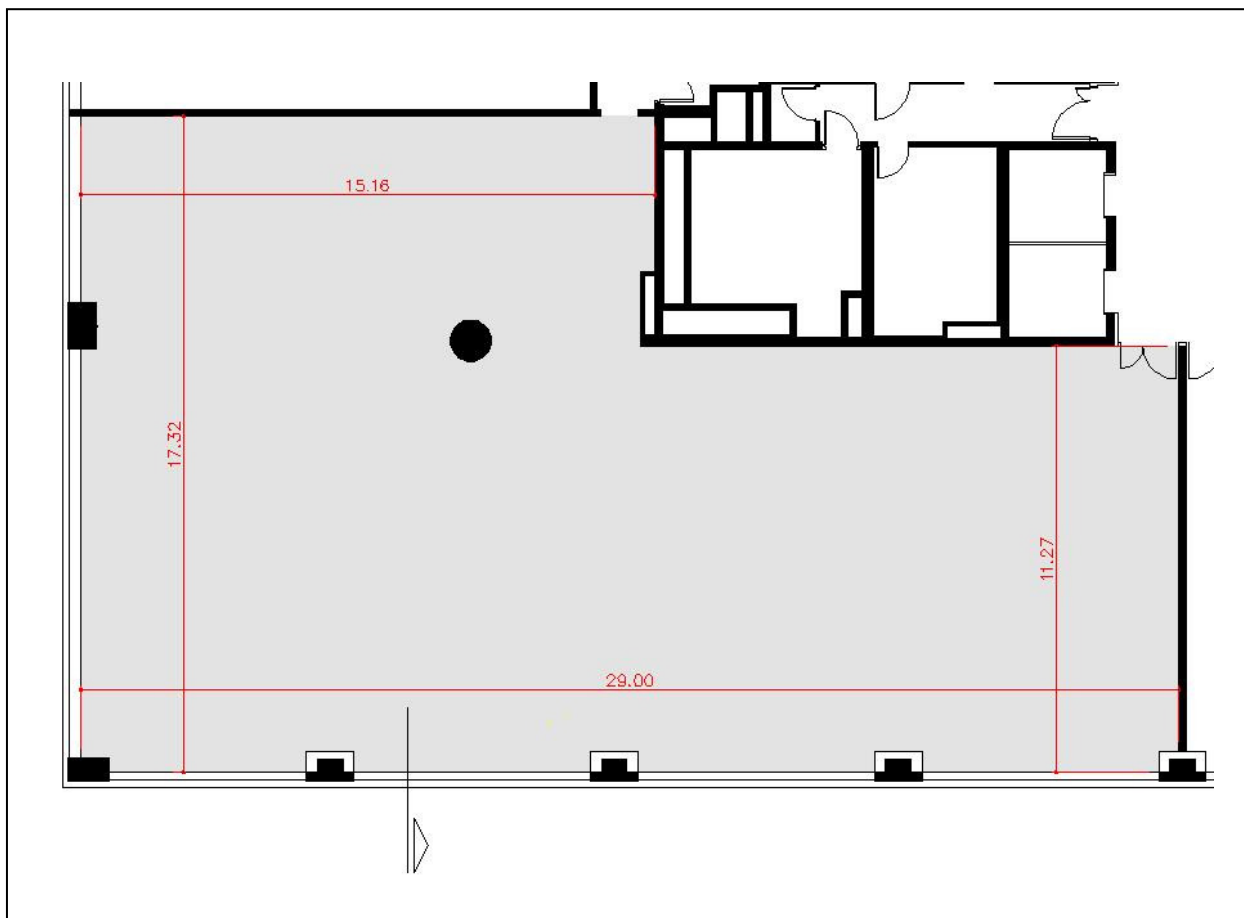


Figura 5-12 Planta da sala  
Fonte: Thishman Speyer

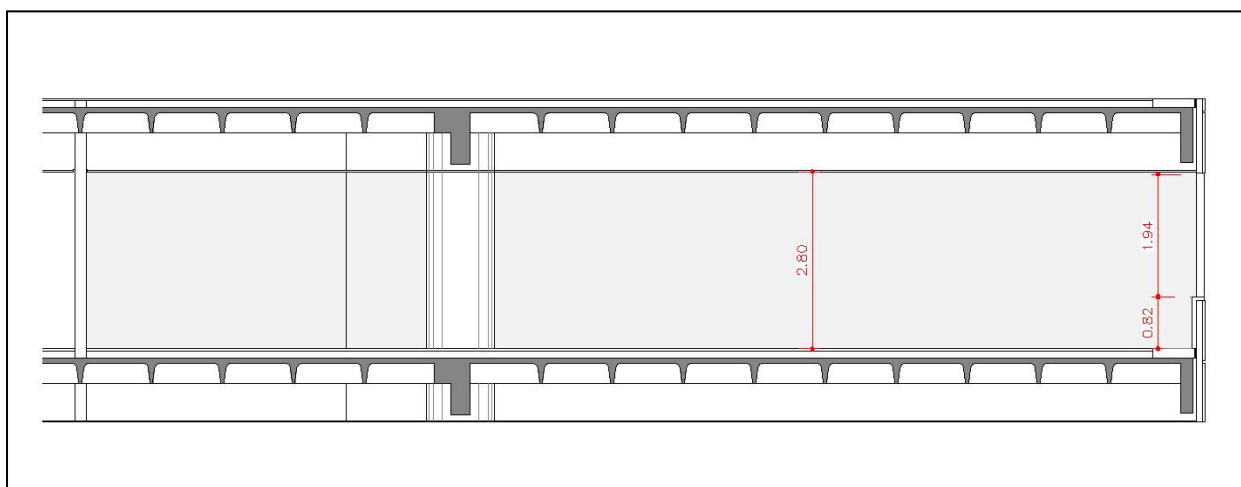


Figura 5-13 Corte  
Fonte: Thishman Speyer

### 5.3.2 ADMISSÃO DE LUZ NATURAL E INSOLAÇÃO

O escritório em estudo no Caso 2 foi simulado no Ecotect e pela interface com o Radiance, foram obtidos os dados da admissão de luz natural, no ambiente. Estes dados foram utilizados para a avaliação da conformidade do projeto em relação aos indicadores reunidos no Capítulo 4.

Para esta simulação foi considerado os seguintes índices:

Transmitância luminosa dos vidros: 0.31

Reflexão do teto: 0.70

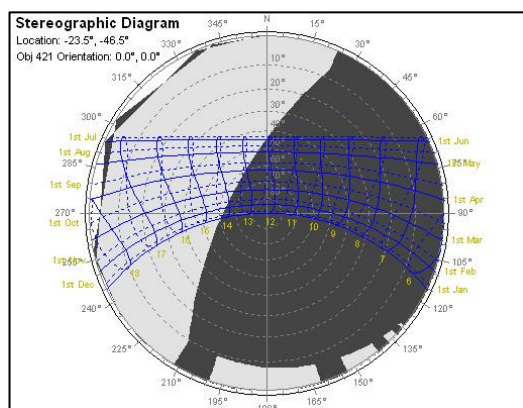
Reflexão do piso: 0.20

Reflexão das paredes: 0.50

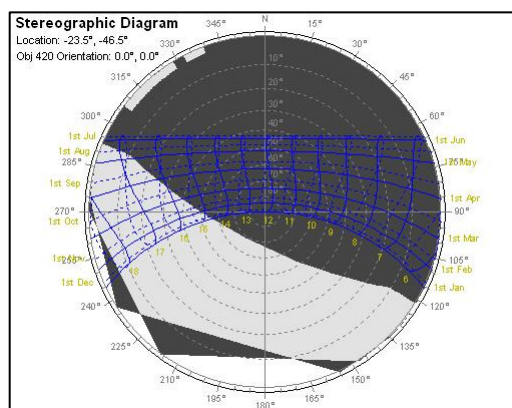
Do Apêndice B constam as imagens com os resultados desta simulação.

Da simulação no Ecotect foram obtidos os diagramas estereográficos que indicam radiação solar direta, no ambiente estudado:

- entre 13:45 e 18:00 hs nos equinócios
- entre 14:00 e 18:00 hs, no solstício de verão
- entre 12:00 e 17:20 hs no solstício de inverno



**Figura 5-14** Diagrama estereográfico – fachada NW  
 Fonte: Ecotect



**Figura 5-15** Diagrama estereográfico – fachada SW  
 Fonte: Ecotect

No Apêndice B aparecem as imagens com a simulação realizada com o programa SketchUp, que ilustram a ocorrência da radiação solar direta na sala nos diversos horários e dias do ano.



### 5.3.3 O CASO 2 E OS INDICADORES

Neste item será avaliada a conformidade do projeto em estudo, aos indicadores selecionados e reunidos em grupos no capítulo 4.

#### 5.3.3.1 GRUPO A – INDICADORES SOBRE IMPLANTAÇÃO

**1 e 2** Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 PORTUGAL e

BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (figuras)

Pela imagem da localização, em 5.3.1, observa-se que o prédio foi implantado numa área ainda sem construções altas que pudessem se constituir em obstruções.

**3** Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Janelas localizadas nas faces norte e sul.

Não atende: a sala estudada possui janelas nas fachadas noroeste e sudoeste.

Evitar obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.

Atende: não existem obstruções à luz natural para esta sala, externas ao prédio.

#### 5.3.3.2 GRUPO B – INDICADORES SOBRE GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

**4** Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL

Artigo 47 – Exigência de aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Atende: possui aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Artigo 53 – Profundidade menor que três vezes o pé-direito, ou duas vezes e meia a largura.

Não atende: no projeto em questão temos um pé direito de 2,80m e uma profundidade de 11,24m ou 4,01 vezes o pé-direito.

Artigo 54 – Superfície iluminante maior que 1/8 da área do piso.

Atende: a área de piso é de 413,57m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 75,40m<sup>2</sup>; maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 51,69m<sup>2</sup>.

## 5 Lei Municipal 11.928 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo BRASIL

11.2.2 – Abertura iluminante maior que 15% da área do piso.

Atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante (75,40m<sup>2</sup>) corresponde a 18,2% da área de piso (413,57m<sup>2</sup>), maior que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

11.2.4 – As aberturas poderão ser reduzidas pela adoção de meios artificiais de iluminação.

11.2.5 – Profundidade menor que três vezes a largura e o pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as aberturas forem superiores ao dobro do mínimo exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser cinco vezes a largura e o pé-direito.

Não atende ao item 11.2.5: a profundidade da sala é maior que três vezes o pé direito. Esta profundidade seria aceita se, conforme o item 11.2.5.1 da Lei, se a área iluminante fosse de 124,07m<sup>2</sup>(duas vezes maior que o mínimo exigido).

Porém, o item anterior, 11,2.4, admite a redução da área iluminante se forem adotados meios artificiais de iluminação.

## 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA

Janelas da fachada oeste com área menor que 40% da área da fachada ou menor que o produto: 2m pela extensão da fachada.

Área total de janelas menor que 40% da área das fachada ou menor que o produto: 2m pelo perímetro das fachadas.

Não atende.

As áreas das fachadas NW e SW foram calculadas para o andar tipo. NW:140,26m<sup>2</sup> e SW: 207,44m<sup>2</sup>. As áreas envidraçadas somam: NW: 61,46m<sup>2</sup> ; SW: 81,37m<sup>2</sup>. Assim, na fachada NW há 44% de área envidraçada e na SW, 39%.

## 7 IESNA RP-5-99 EUA

A figura 2 mostra profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela.

Uma bandeja de luz aumenta o limite para 2 vezes a altura da verga da janela .

Não atende à recomendação da IESNA: profundidade da sala igual a 4,04 vezes a altura da verga da janela (2,78m).

## 8 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.

Apesar do pé-direito (2,80m) ser maior que o mínimo permitido (2,50m), não é suficiente para permitir boa penetração da luz do dia.

Janelas altas para aumentar a penetração da luz.

Janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem ofuscamento.

Atende: as janelas encontram-se uniformemente distribuídas e com pequenos espaços de parede entre elas.

## 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras)

As aberturas laterais atendem a condição apontada pela primeira figura.

## 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ

Crédito da p.59:

90% das áreas ocupadas com visão direta do exterior entre 0,76m e 2,3m acima do piso razão entre superfície envidraçada e área de piso: 0,07.

Atende:

A razão entre a superfície envidraçada e a área de piso é de 0,18, maior, portanto que 0,07. O projeto oferece condições para que 90% das estações de trabalho tenham vista direta para o exterior porém, somente o *layout* do mobiliário poderia confirmar esta circunstância.

## 11 Approved Document L2A REINO UNIDO

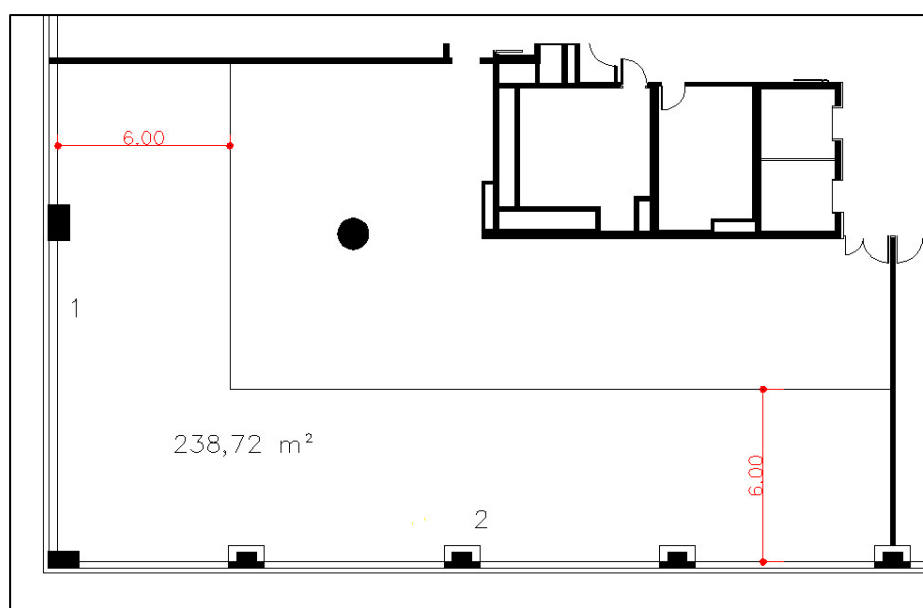
91 Espaço iluminado pela luz do dia significa qualquer espaço:

a. até 6m de distância de uma parede com janela, desde que a área envidraçada corresponda ao menos a 20% da área interna da parede que contem a janela.

Atende: conforme tabela abaixo, as janelas representam mais de 20% da área das paredes que as contem. Assim, traçando uma linha a 6m de distância das paredes com aberturas, chegamos que 58% da área do escritório pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo o item 91 do Approved Document.

**Tabela 5-3**  
 Áreas de janelas e paredes que as contem  
 Caso 2  
 Fonte: Autora da Pesquisa

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1	48,50 m <sup>2</sup>	30,73 m <sup>2</sup>	63%
2	81,17 m <sup>2</sup>	46,78 m <sup>2</sup>	58%



**Figura 5-16** Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 2  
 Fonte: Autora da Pesquisa

### 12 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)

Atende: como neste escritório as duas paredes com áreas iluminantes possuem porcentagem de janelas (ver tabela do item anterior) maiores que 35%, fica atendida a exigência apontada na Tabela 1 da Bsi 8206.

### 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO

HW01- 80% da area adequadamente iluminada pela luz do dia

HW02 – estações de trabalho, no máximo, a 7m de uma janela

Não atende: segundo resultados das simulações em computador (ver Apêndice B), o espaço estudado não possui 80% de sua área iluminada adequadamente pela luz natural e a profundidade de 11,24m da sala não permite supor que todas as estações de trabalho estarão localizadas a, no máximo, 7m de uma janela.

## 14 DIN 5043-1 ALEMANHA

Dimensões da sala	Área (A) em m <sup>2</sup>	Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m		
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

Atende: como a área da sala é de 413,50m<sup>2</sup>, a área envidraçada deve ser maior que 41,35m<sup>2</sup>. No caso, temos 77,51m<sup>2</sup>.

- a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

Atende: a verga da janela está a 2,76m do piso.

- b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Atende: o peitoril e a área envidraçada estão a 0,82m do piso.

- c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala.

Atende: a soma das larguras das áreas envidraçadas representa mais de 80% da largura das paredes que as contem.

### 5.3.3.3 GRUPO C – INDICADORES SOBRE PROTETORES SOLARES

## 15 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

- Bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- Dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- Protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

Os vidros utilizados nas aberturas iluminantes e para a vista, com índice de transmissão da luz visível de 0,31 se constituem na proteção contra a radiação direta.

## 16 LEED System for Core and Shell EUA (p 76)

Utilizar dispositivos de controle da radiação direta e do ofuscamento.

Atende: uma vez que este requisito não especifica a eficiência dos controles a serem utilizados, os vidros utilizados nas esquadrias são uma proteção contra a radiação direta.

## 17 Code du Travail FRANÇA

Artigo R 232-7-4 : uso de protetores solares.

Não atende: as aberturas para iluminação não possuem protetores, permitindo a radiação solar direta, no interior da sala.

Artigo R 235-2-1: vista direta para o exterior.

Atende: de qualquer ponto da sala há vista para o exterior.

### 5.3.3.4 GRUPO D – INDICADORES SOBRE FATOR DE LUZ DIURNA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

## 18 LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)

Opção 1: Atender ao glazing factor mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O glazing factor é calculado segundo a fórmula em 3.2.3.1 e os índices da Tabela 3-12.

Consideradas janelas para a visão do exterior, entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural, acima de 229 cm.

Não atende: o *glazing factor* é de 1,2%, considerando-se:

Área de janela para visão: 57,13 m<sup>2</sup>; área de piso: 413,57m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,31; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.

Área de janela para iluminação natural: 18,27 m<sup>2</sup>; área de piso: 413,57m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,31; transmitância mínima: 0,7 e *window height factor*: 1,4.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Não atende: os resultados da simulação apresentados no Apêndice B mostram que não há nenhum ponto da sala com iluminância de 250 lx.

## 19 LEED for Commercial Interiors EUA

Dois itens pedem: 1) 75% e 2) 90% da área com Fator de Luz Diurna igual ou maior que 2%; ou 250 lx de iluminância no plano de trabalho.

Não atende: ver Apêndice B.

## 20 Canada Labour Code Part VI - CANADÁ

1. VDT WORK	
(a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently	500
(b) Task positions at which data entry work is performed exclusively	750
(c) Air traffic controller areas	100
(d) Telephone operator areas	300

Não atende: o projeto em estudo, considerada apenas a iluminação natural, não atende aos níveis mínimos de iluminância requeridos pelo Canada Labour Code.

## 21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ

Pag.88 - No mínimo 75% das áreas ocupadas, com 2% como Fator de Luz Diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou com simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx; ambiente com redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

Não atende: o projeto estudado não atende a estes itens. (ver Apêndice B).

## 22 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)

Tabela 10

500 lx como iluminância padrão de serviço, para escritórios em geral.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 23 DIN 5043-1 ALEMANHA

Fator de Luz Diurna médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.

Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz Diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.

Iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho no mínimo 0,6 vezes que os valores especificados na DIN 5035-2.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 24 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Fator de Luz Diurna não inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contém a janela e a 1m das paredes laterais.

Não atende: ver Apêndice B.

### 5.3.3.5 GRUPO E – INDICADORES SOBRE UNIFORMIDADE E OFUSCAMENTO

## 25 NBR 5413 BRASIL

4.3 Iluminância do ambiente não inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho.

Não atende: pontos com iluminâncias inferiores a 30 lx (considerando-se que a iluminância adotada para o campo de trabalho seja de 300 lx).

4.4 Iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.

.registros, cartografia, etc.	750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750

Não atende: considerando-se somente a luz natural, não é atingida a iluminância recomendada pela NBR 5413 (ver Apêndice B).

## 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório

Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido e as relações entre iluminâncias ultrapassam os limites impostos por este regulamento.

## 27 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar os contrastes com a luz natural.



Uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

O projeto em estudo apresenta potencial para atendimento das recomendações sobre refletâncias, que se referem a instalações e acabamentos a serem executados após a entrega do imóvel ao proprietário, mas não fez discriminação das áreas envidraçadas usando um vidro com transmissão luminosa baixa em todas as janelas.

## 28 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO

Uniformidade - iluminância mínima acima de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice B), observa-se que a maior parte da sala não atende esta exigência.

Ofuscamento - uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

Não atende: não há previsão para dispositivos de sombreamento.

## 29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Task illuminance	Illuminance of immediate surroundings
lx	lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Same task illuminance

Uniformidade da iluminância de tarefa maior que 0,7.

Uniformidade da iluminância do entorno imediato maior que 0,5.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice B), observa-se que a maior parte da sala não atende a estas exigências de uniformidade.

### 5.3.4 CONCLUSÕES DO CASO 2

Como Caso 2, foi apresentado um escritório resultado da divisão do pavimento tipo do prédio em quatro unidades autônomas.

O desempenho desta sala em relação aos indicadores reunidos no capítulo 4 e apresentado em 5.3.3, pode ser resumido nos seguintes tópicos:

#### 5.3.5.1 Implantação e Partido Geral

O escritório em estudo no Caso 2 localiza-se na Torre B de um conjunto de dois prédios comerciais implantados em um terreno de grandes dimensões e tanto a forma das construções como a orientação das fachadas foram determinadas livremente no projeto arquitetônico, sem os limites de um terreno mais restrito estabeleceria.

#### 5.3.5.2 Geometria da Sala e Janelas

Sala com muita profundidade em relação à altura da verga da janela.

Há visão do exterior de qualquer ponto da sala e a área iluminante está distribuída de maneira uniforme ao longo das paredes externas.

#### 5.3.5.3 Protetores Solares

O uso dos vidros laminados, bronze, refletivos, como proteção solar, limita muito a admissão da luz natural e não excluem a radiação direta.

#### 5.3.5.3 Fator de Luz Diurna, Luminâncias e Iluminâncias

Os resultados obtidos no Radiance mostram um aproveitamento muito baixo da luz natural; apesar da área de vidros ocupar toda a extensão das duas fachadas externas, o índice de transmitância luminosa dos vidros empregados, de 0,33, não permite iluminar adequadamente o espaço, com a luz do dia.

Para melhor ilustrar a questão, foram calculadas as iluminâncias, a partir do FLD obtido pelo Radiance, com o uso das tabelas de Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto.

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	10	15	10
9	15	20	15
10	20	25	20
11	25	25	30
12	30	35	40
13	45	55	50
14	60	65	55
15	70	65	50
16	65	55	35
17	45	25	15
18	15	0	0

**Tabela 5-4**

Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 2  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto  
 FLD = 0,16  
 Fonte: Autora da Pesquisa

#### 5.3.4.5 Uniformidade e ofuscamento

Apenas considerando-se a luz natural, os baixos índices de iluminação apontados pelos resultados da simulação no Radiance e expressos na tabela 5-4, não permitem avaliação de uniformidade na área de trabalho e entre esta e o entorno imediato, mencionados nos indicadores dos itens 28 e 29 (BSi e ISO, respectivamente). Isto porque fica implícito, neste caso, o uso constante da iluminação artificial para a execução de tarefas.

#### 5.3.4.6 Considerações gerais sobre o Caso 2

O quadro com o resumo de desempenho do Caso 2, evidencia a não observância, de uma maneira geral, aos indicadores utilizados nas avaliações.

Há uma incidência maior de conformidade no que se refere à geometria de salas e janelas devido ao fato destes indicadores fazerem parte dos regulamentos que as edificações devem, obrigatoriamente, atender. Porém, como a sala estudada tem grandes dimensões e grande profundidade, ainda que o projeto atenda a alguns indicadores do Grupo B, na prática, a luz natural não alcança todo o ambiente.

Também a uniformidade é bastante baixa: 0,15 - calculada a partir do ponto de menor iluminância dentro da área de sala onde é possível instalar estações de trabalho e o valor médio das iluminâncias.

O uso de vidros com baixa transmitância luminosa como protetor solar configura-se, neste caso, como uma estratégia duvidosa, pois além da radiação solar direta não ser convenientemente excluída, a admissão de luz do dia fica bastante prejudicada.

A profundidade e dimensões desta sala exigiria a adoção de estratégias específicas de exclusão da radiação direta e de rebatimento da luz natural, tais como protetores externos e bandejas de luz.

Estas providências e um bom sistema de integração com a luz artificial seriam suficientes para que o uso da iluminação natural fosse otimizado, neste caso. O pé direito e a altura da verga altos e as janelas contínuas em fachadas com largura significativa em relação às dimensões da sala, são virtudes que este projeto apresenta e que poderiam ser melhor aproveitadas uma vez solucionado de modo mais adequado, o problema da radiação direta.

INDICADORES	atendimento	comentário
implantação		
1 e 2		implantado em área sem edificações que pudessem se constituir em obstruções
3	—	a sala estudada possui janelas nas fachadas noroeste e sudoeste
	✓	não existem obstruções externas à luz natural
geometria de salas e janelas		
4	✓	existem aberturas comunicando diretamente com o exterior
	—	profundidade de 4,01 vezes o pé direito
	✓	área iluminante maior do que 1/8 da área de piso
5	✓	área iluminante maior do que 15% da área de piso
	—	profundidade da sala maior do que 3 vezes o pé direito
6	—	áreas de janelas maiores do que 40% da área de fachadas
7	—	profundidade igual a 4,04 vezes a altura da verga da janela
8	—	pé direito de 2,80m mas a profundidade da sala não permite a penetração da luz natural
	✓	janelas uniformemente distribuídas e com pequenos espaços entre elas
9	✓	as aberturas atendem a condição apontada pela primeira figura
10	✓	100% da sala com vista externa; razão entre área envidraçada e de piso maior que 0,07
11	✓	58% da sala pode ser considerada luminada pela luz do dia, segundo este critério
12	✓	profundidade > 14m em relação à janela que ocupa mais do que 35% da fachada
13	—	a luz natural não ilumina 80% da sala e estações de trabalho a mais de 7m da janela
14	✓	área envidraçada maior do que 41,35m <sup>2</sup>
	✓	verga da janela mais alta do que 1,30m
	✓	peitoril e área envidraçada a 82 cm
	✓	soma das larguras das janelas representam mais de 55% da largura da sala
protetores solares		
15	—	não há protetores solares nas fachadas
16	✓	vidros utilizados nas esquadrias são a proteção contra a radiação direta
17	—	não há protetores solares nas fachadas
	✓	de qualquer ponto da sala há vista para o exterior
fator de luz diurna e iluminâncias		
18	—	<i>glazing factor</i> de 1,1%
	—	nenhum ponto da sala com iluminância de 250 lx
19	—	nenhum ponto da sala com luminância de 250 lx
20	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
21	—	nenhum ponto da sala com luminância de 250 lx
22	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
23	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
24	—	a 3m de distância das paredes que contem janelas, o FLD é inferior a 1%
uniformidade e ofuscamento		
25	—	há pontos na sala com iluminâncias abaixo de 30 lx
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
26	—	relação entre luminâncias maior que 10:1
27	—	potencial para atender refletâncias internas, mas sem discriminação de áreas envidraçadas
28	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	não há dispositivo de sombreamento
29	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido

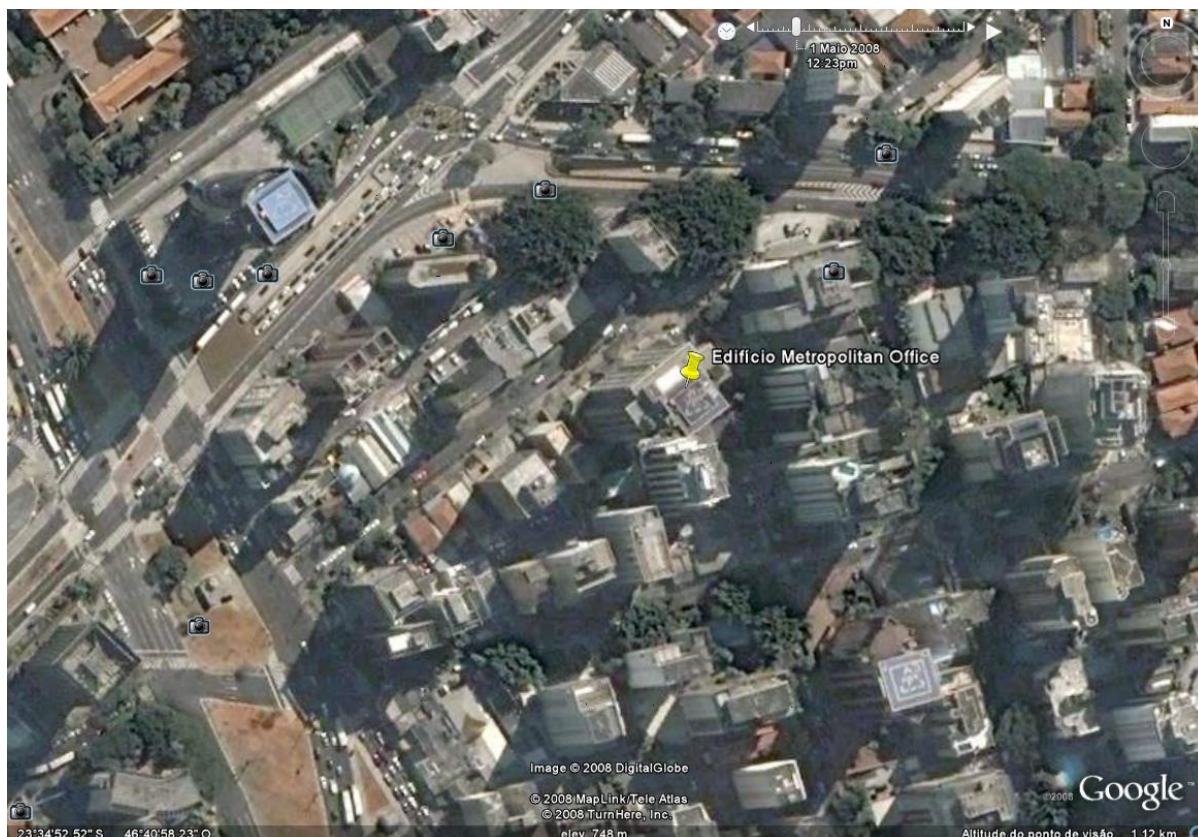
**Quadro 5-2** Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 2  
Fonte: Autora da Pesquisa

Legenda: ✓ Atende  
— Não atende

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no quadro, consta do item 5.3.3.

## 5.4 CASO 3

### 5.4.1 DADOS DO PROJETO



**Figura 5-17** Foto aérea: situação do Edifício Metropolitan Office  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth

#### EDIFÍCIO METROPOLITAN OFFICE

##### Características do empreendimento

Prédio com térreo, 4 sub-solos e 17 pavimentos tipo com 1 escritório por andar.

Projeto: AIC ARQUITETURA PROJETO E CONSULTORIA

Construtora: JHS Construtora

Endereço Rua Amauri, 255

##### Ambiente estudado:

Área de piso	460,00 m <sup>2</sup>
Área envidraçada	78,75 m <sup>2</sup>
Pé direito	2,95 m
Altura verga das janelas	2,85 m

Acabamentos:

piso	Elevado, para carpete. Nas simulações: carpete cinza
paredes	Alvenaria com argamassa e pintura branca
forro	Gesso liso, cor branca
esquadrias	Alumínio anodizado preto
vidros	Laminado, 10mm (4mm + 6mm)

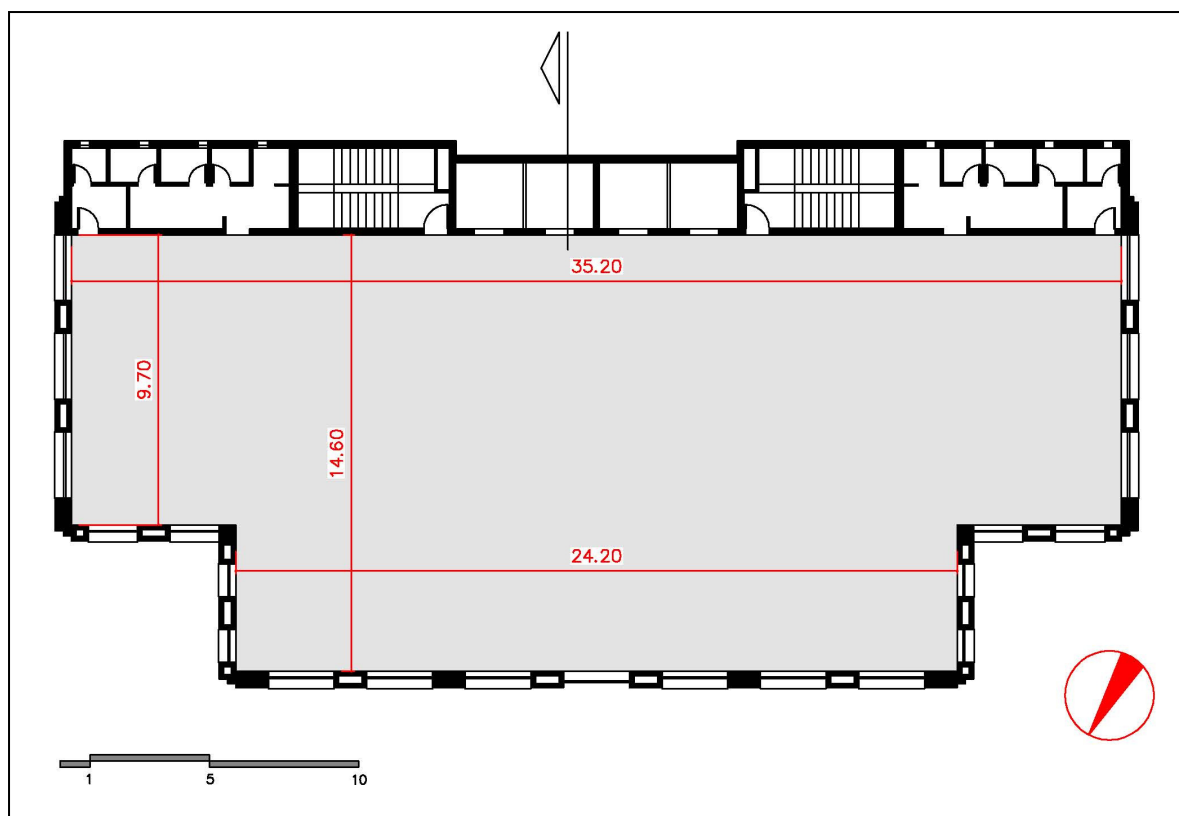


Figura 5-18 Planta do pavimento tipo  
Fonte: JHS Construtora

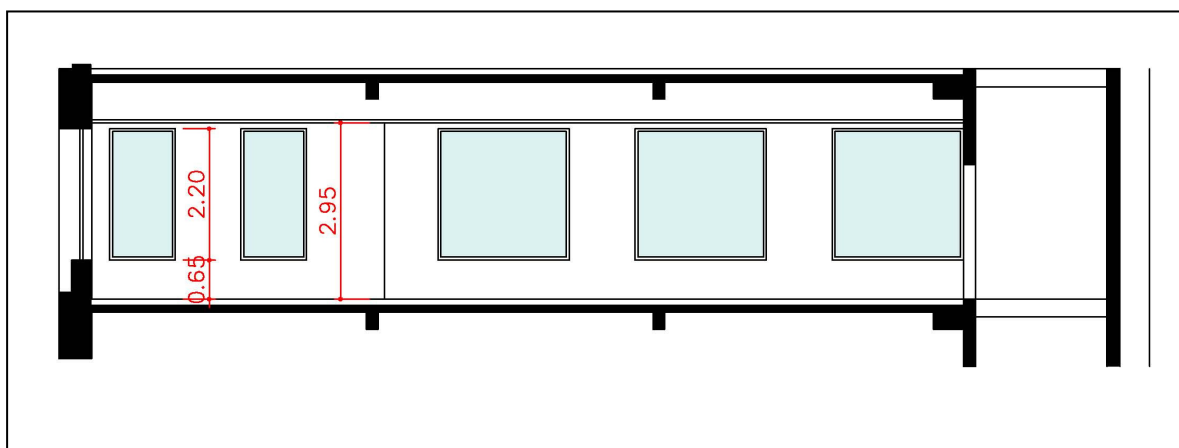


Figura 5-19 Corte  
Fonte: JHS Construtora

## 5.4.2 ADMISSÃO DE LUZ NATURAL E INSOLAÇÃO

O escritório em estudo no Caso 3 foi simulado no Ecotect e pela interface com o Radiance, foram obtidos os dados da admissão de luz natural, no ambiente. Estes dados foram utilizados para a avaliação da conformidade do projeto em relação aos indicadores reunidos no Capítulo 4.

Para esta simulação foi considerado os seguintes índices:

Transmitância luminosa dos vidros: 0.72

Reflexão do teto: 0.70

Reflexão do piso: 0.20

Reflexão das paredes: 0.50

Do Apêndice C constam as imagens com os resultados desta simulação

Os diagramas estéreoográficos foram obtidos da simulação no Ecotect e indicam radiação solar direta, no ambiente estudado, em todos os horários e dias do ano:

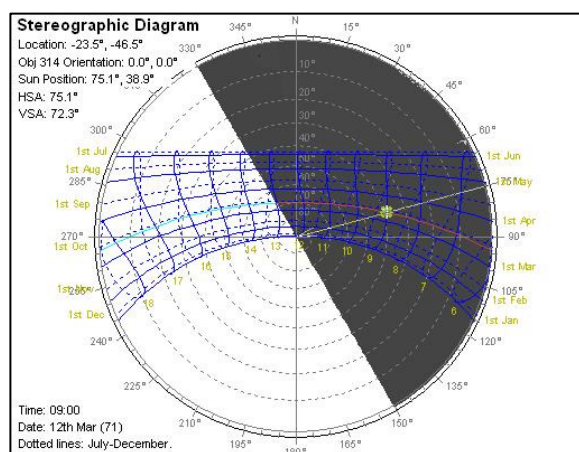


Figura 5-20 Diagrama estéreoográfico – fachada SW  
 Fonte: Ecotect

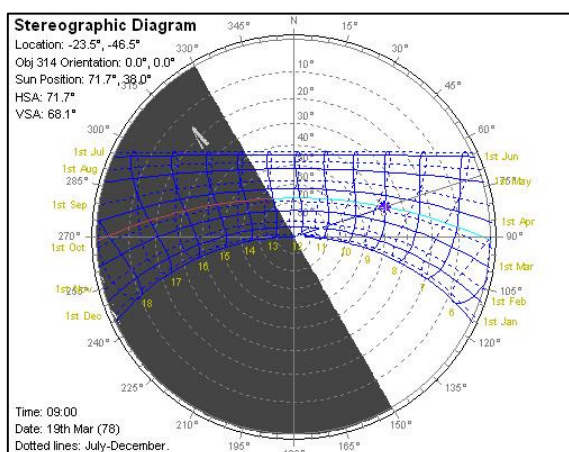


Figura 5-21 Diagrama estéreoográfico – fachada NE  
 Fonte: Ecotect



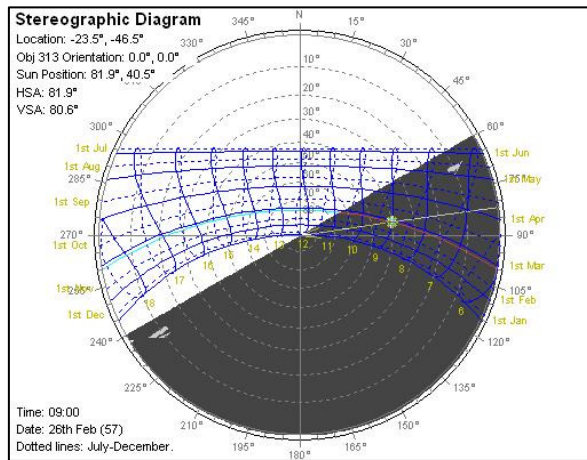


Figura 5-22 Diagrama estereográfico – fachada NW  
Fonte: Ecotect

No Apêndice C aparecem as imagens com a simulação realizada com o programa SketchUp, que ilustram a ocorrência da radiação solar direta na sala nos diversos horários e dias do ano.

### 5.4.3 O CASO 3 E OS INDICADORES

Neste item será avaliada a conformidade do projeto em estudo, aos indicadores selecionados e reunidos em grupos no capítulo 4.

#### 5.4.3.1 GRUPO A – INDICADORES SOBRE IMPLANTAÇÃO

##### 1 e 2 Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 PORTUGAL e

BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (figuras)

Não atende: o edifício que contém o escritório objeto do Estudo de Caso 3 localiza-se numa área bastante adensada, onde a legislação municipal permite edifícios altos com recuos laterais relativamente pequenos. Desta forma, os projetos concebidos para estes locais não atendem, na quase totalidade dos casos, à norma BSi 8206, quanto à volumetria e implantação da edificação.

##### 3 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Janelas localizadas nas faces norte e sul.

Não atende: o prédio do Caso 3 possui janelas nas fachadas nordeste, noroeste e sudoeste.

Evitar obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.

Não existem obstruções à luz natural para esta sala, externas ao prédio.

#### 5.4.3.2 GRUPO B – INDICADORES SOBRE GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

#### 4 Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL

Artigo 47 – Exigência de aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Atende: possui aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Artigo 53 – Profundidade menor que três vezes o pé-direito, ou duas vezes e meia a largura.

Não atende ao art. 53: no projeto em questão temos um pé direito de 2,95m e uma profundidade de 15,18m (medidos a partir da linha exterior do peitoril), maior, portanto, que duas vezes e meia o pé direito.

Artigo 54 – Superfície iluminante maior que 1/8 da área do piso.

Atende ao art. 54: a área de piso é de 460 m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 78,75 m<sup>2</sup>: maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 57,50 m<sup>2</sup>.

#### 5 Lei Municipal 11.228 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo BRASIL

11.2.2 – Abertura iluminante maior que 15% da área do piso.

Atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante (78,75 m<sup>2</sup>) corresponde a 17% da área de piso (460,00 m<sup>2</sup>), maior que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

11.2.4 – As aberturas poderão ser reduzidas pela adoção de meios artificiais de iluminação.

11.2.5 – Profundidade menor que três vezes a largura e o pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as aberturas forem superiores ao dobro do mínimo exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser cinco vezes a largura e o pé-direito.

Não atende ao item 11.2.5: a profundidade da sala é maior que três vezes o pé direito. Esta profundidade seria aceita se, conforme o item 11.2.5.1, a área iluminante fosse de 138,00 m<sup>2</sup>(duas vezes maior que o mínimo exigido).

Porém, o item anterior, 11,2.4, admite a redução da área iluminante se forem adotados meios artificiais de iluminação.

## 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA

Janelas da fachada oeste com área menor que 40% da área da fachada ou menor que o produto: 2m pela extensão da fachada.

Área total de janelas menor que 40% da área das fachada ou menor que o produto: 2m pelo perímetro das fachadas.

As áreas das fachadas NW e SW foram calculadas pelos 16 andares do corpo principal do edifício. Somam uma área de, respectivamente, 2209,50m<sup>2</sup> e 1024,40m<sup>2</sup>. As áreas envidraçadas, calculadas nos mesmos andares, somam 723,00m<sup>2</sup> na fachada NW e 294,00m<sup>2</sup> na fachada SW.

O projeto atende a este item, uma vez que as áreas envidraçadas somam 29% de na fachada SW e 33% na fachada NW, menores que 40% (porcentagem máxima exigida).

## 7 IESNA RP-5-99 EUA

A figura 2 mostra profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela.

Uma bandeja de luz aumenta o limite para 2 vezes a altura da verga da janela .

Não atende à recomendação da IESNA: neste caso temos uma profundidade da sala de 14,60m e a altura do piso à verga da janela de 2,85; portanto, a profundidade é 5,12 vezes maior que a altura da verga.

## 8 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.

Atende, porem apesar do pé-direito (2,95m) ser maior que o mínimo permitido (2,50m), não é suficiente para permitir boa penetração da luz do dia.

Janelas altas para aumentar a penetração da luz.

Janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem ofuscamento.

Atende: as janelas estão dispostas de forma regular, sem grandes espaços entre elas e com altura muito próxima da altura do pé-direito.

## 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras)

As aberturas laterais atendem a condição apontada pela primeira figura.

## 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ

Crédito da p.59:

90% das áreas ocupadas com visão direta do exterior entre 0,76m e 2,3m acima do piso  
 razão entre superfície envidraçada e área de piso: 0,07.

Atende: a razão entre a superfície envidraçada e a área de piso é de 0,17, maior, portanto que 0,07, porem, ainda que o projeto ofereça condições para que 90% das estações de trabalho tenham vista direta para o exterior, somente o *layout* do mobiliário poderia confirmar esta situação.

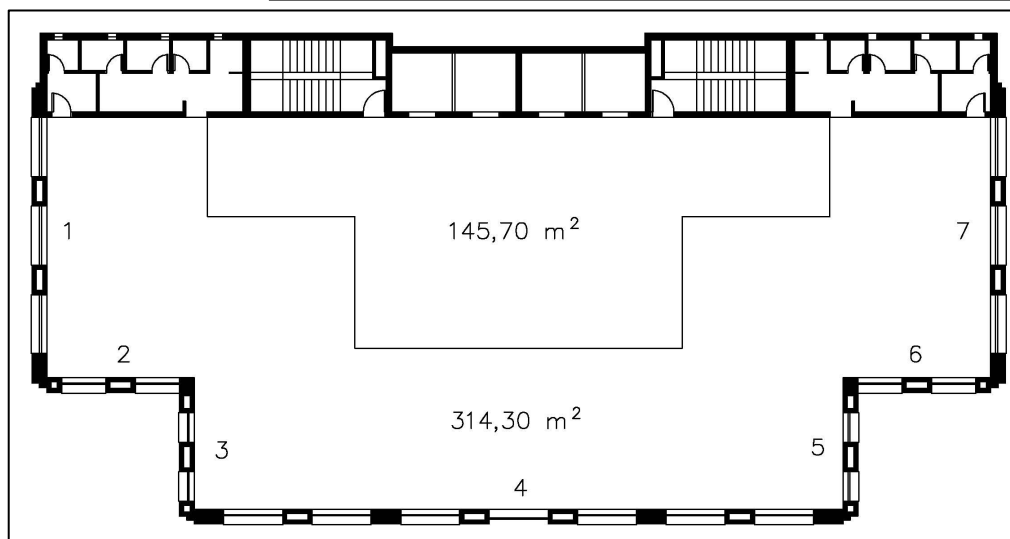
## 11 Approved Document L2A REINO UNIDO

91 - 6m até uma parede com janela que corresponda a 20% da área parede que a contem.

Conforme tabela abaixo, as janelas representam mais de 20% da área das paredes que as contem. Assim, traçando uma linha a 6m de distância das paredes com aberturas, chegamos que 68% da área do escritório pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo o item 91 do Approved Document.

**Tabela 5-5**  
 Áreas de janelas e paredes  
 que as contem - Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1 e 7	28,62 m <sup>2</sup>	13,23 m <sup>2</sup>	46%
2 e 6	16,23 m <sup>2</sup>	6,51 m <sup>2</sup>	40%
3 e 5	14,46 m <sup>2</sup>	4,20 m <sup>2</sup>	29%
4	71,39 m <sup>2</sup>	30,87 m <sup>2</sup>	43%



**Figura 5-23** Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa

### 12 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)

Atende: Como no Caso 3 temos uma profundidade maior que 14m, o item está atendido, uma vez que a tabela com porcentagem de janelas mostrada no item anterior indica que na parede 4 há 43% de área de janelas.

### 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO

HW01- 80% da area adequadamente iluminada pela luz do dia  
 HW02 – estações de trabalho, no máximo, a 7m de uma janela

Não atende: segundo resultados das simulações em computador (ver Apêndice C), o espaço estudado não possui 80% de sua área iluminada adequadamente pela luz natural e a profundidade de 14,60m da sala não permite supor que todas as estações de trabalho estarão localizadas a, no máximo, 7m de uma janela.

### 14 DIN 5043-1 ALEMANHA

Dimensões da sala	Área (A) em m <sup>2</sup>	Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m		
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

Atende: como a área da sala é de 460,00m<sup>2</sup>, a área envidraçada deve ser maior que 46,00m<sup>2</sup>. No caso, temos 78,75m<sup>2</sup>.

- a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

Atende: a verga da janela está a 2,85m do piso.

- b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Atende: peitoril a 0,65m e área envidraçada a 0,70m.

- c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala.

Atende.

### 5.4.3.3 GRUPO C – INDICADORES SOBRE PROTETORES SOLARES

#### 15 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

- Bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- Dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- Protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

Não atende: o projeto não previu nenhum protetor solar para as fachadas.

#### 16 LEED System for Core and Shell EUA (p 76)

Utilizar dispositivos de controle da radiação direta e do ofuscamento.

Não atende: o projeto arquitetônico não previu proteções solares.

#### 17 Code du Travail FRANÇA

Artigo R 232-7-4 : uso de protetores solares.

Não atende: conforme apresentado em 5.4.2, as aberturas para iluminação não possuem protetores, permitindo a radiação solar direta, no interior da sala.

Artigo R 235-2-1: vista direta para o exterior.

Atende: de qualquer ponto da sala há vista para o exterior.

### 5.4.3.4 GRUPO D – INDICADORES SOBRE FATOR DE LUZ DIURNA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

#### 18 LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)

Opção 1: Atender ao glazing factor mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O glazing factor é calculado segundo a fórmula em 3.2.3.1 e os índices da Tabela 3-12.

Consideradas janelas para a visão do exterior, entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural, acima de 229 cm.

Atende: o *glazing factor* é de 2,3%, considerando-se:

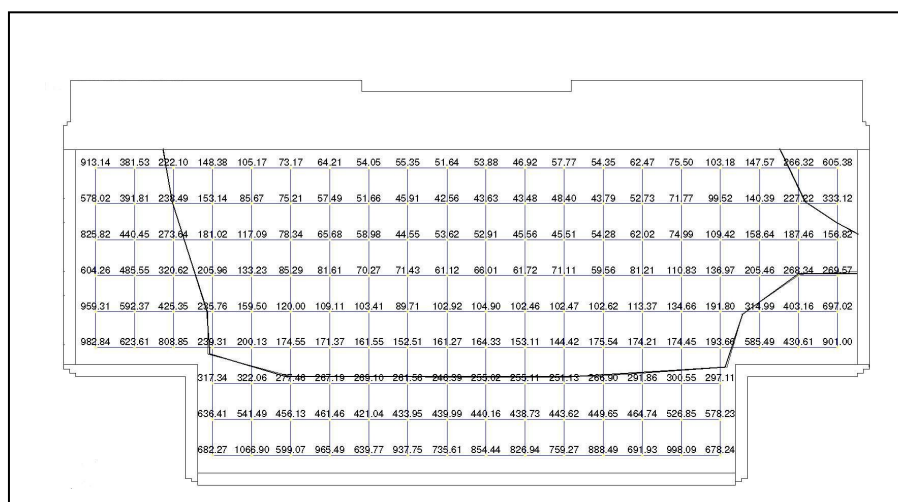
Área de janela para visão: 54,77 m<sup>2</sup>; área de piso: 460,00m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,72 ; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.

Área de janela para iluminação natural: 20,04 m<sup>2</sup>; área de piso: 460,00m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,72; transmitância mínima: 0,7 e *window height factor*:1,4.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Não atende: a Figura 5-24, mostra a área com iluminâncias acima de 250 lx. Esta área não corresponde a 75% do total.

**Figura 5-24**  
 Planta da sala com linha de iluminância igual a 250lx – Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance



## 19 LEED for Commercial Interiors EUA

Dois itens pedem: 1) 75% e 2) 90% da área com Fator de Luz Diurna igual ou maior que 2%; ou 250 lx de iluminância no plano de trabalho.

O projeto estudado não atende a estes itens. (ver Apêndice C)

## 20 Canada Labour Code Part VI - CANADÁ

- |    |  |     |
|----|--|-----|
| 1. | VDT WORK   |     |
|    | (a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently | 500 |
|    | (b) Task positions at which data entry work is performed exclusively                   | 750 |
|    | (c) Air traffic controller areas   | 100 |
|    | (d) Telephone operator areas   | 300 |

Não atende: o projeto em estudo, considerada apenas a iluminação natural, não atende aos níveis mínimos de iluminância requeridos pelo Canada Labour Code.

## 21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ

Pag.88 - No mínimo 75% das áreas ocupadas, com 2% como Fator de Luz Diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou com simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx; ambiente com redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

O projeto estudado não atende a estes itens. (ver Apêndice C)

## 22 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)

Tabela 10

500 lx como iluminância padrão de serviço, para escritórios em geral.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 23 DIN 5043-1 ALEMANHA

Fator de Luz Diurna médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.

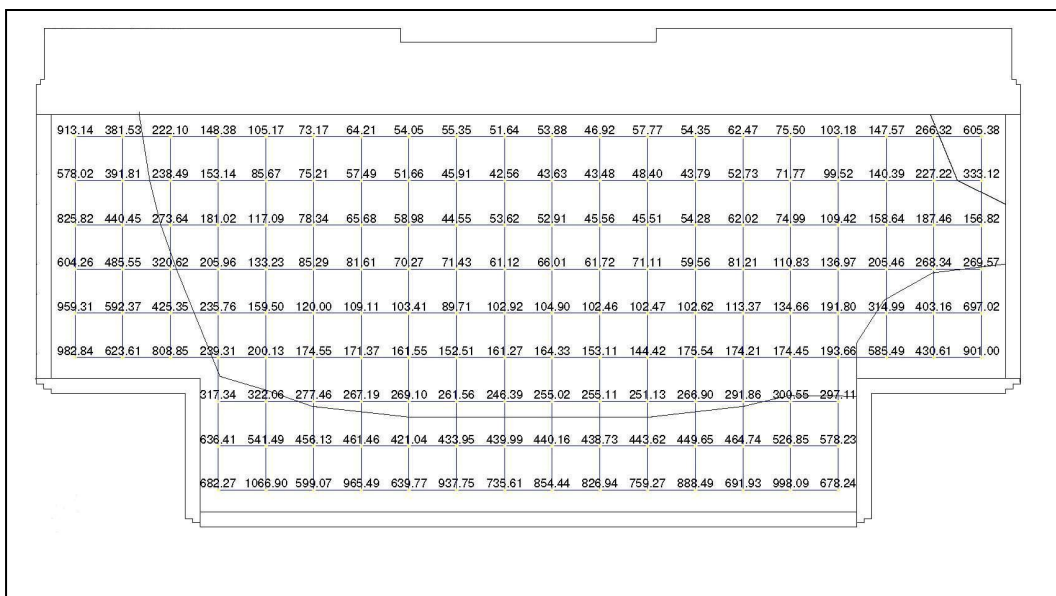
Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz Diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.

Não atende: não há ponto na linha média da profundidade da sala com FLD igual ou maior que 0,9%.

Iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho no mínimo 0,6 vezes que os valores especificados na DIN 5035-2.

Não atende na maior parte da sala: a figura abaixo elaborada a partir dos resultados obtidos no Radiance, mostra as iluminâncias em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. A linha escura, na figura, separa a área com valores de Iluminâncias menores que 300 lx (0,6 de 500 lx).



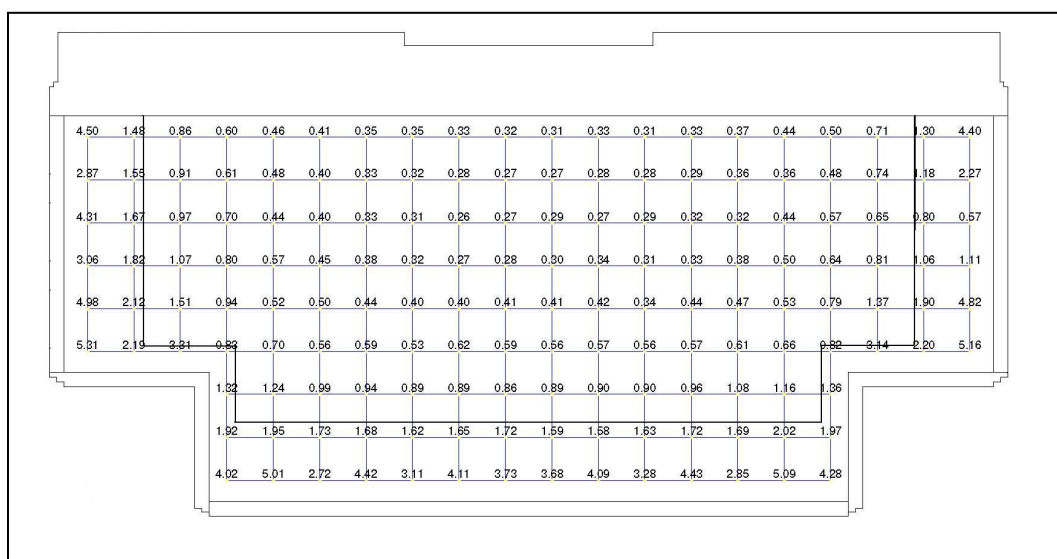


**Figura 5-25** Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

## 24 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Fator de Luz Diurna não inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contém a janela e a 1m das paredes laterais.

Atende: A figura abaixo mostra os fatores de luz diurna calculados pelo Radiance, em cada ponto do Grid. A linha, traçada a uma distância de 3m das aberturas e 1m das paredes laterais demarca uma área com fator de luz diurna acima de 1%.



**Figura 5-26** Planta da sala com linha a 3m das paredes que contêm janelas – Caso 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

### 5.4.3.5 GRUPO E – INDICADORES SOBRE UNIFORMIDADE E OFUSCAMENTO

#### 25 NBR 5413 BRASIL

4.3 Iluminância do ambiente não inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho.

Atende: Não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx (considerando-se que a iluminância adotada para o campo de trabalho seja de 300 lx).

4.4 Iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.

.registros, cartografia, etc.	750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750

Não atende: considerando-se somente a luz natural, não é atingida a iluminância recomendada pela NBR 5413 (ver Apêndice C).

#### 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório

Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

Não atende: pelas imagens obtidas com o Radiance (ver Apêndice C), observa-se que a relação entre luminâncias chega a valores muito mais altos que o recomendado.

#### 27 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar os contrastes com a luz natural.

Uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

O projeto em estudo apresenta potencial para atendimento das recomendações sobre refletâncias, que se referem a instalações e acabamentos a serem executados após a entrega do imóvel ao proprietário, mas não fez discriminação das áreas envidraçadas.

#### 28 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO

Uniformidade - iluminância mínima acima de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice C), observa-se que a maior parte da sala não atende esta exigência.

Ofuscamento - uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

Não atende: não há previsão para dispositivos de sombreamento.

## 29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Task illuminance	Illuminance of immediate surroundings
lx	lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Same task illuminance

Uniformidade da iluminância de tarefa maior que 0,7.

Uniformidade da iluminância do entorno imediato maior que 0,5.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice C), observa-se que a maior parte da sala não atende a estas exigências de uniformidade.

### 5.4.4 CONCLUSÕES DO CASO 3

Como Caso 3, foi apresentado um escritório que ocupa todo o pavimento de um prédio de escritórios. O desempenho desta sala em relação aos regulamentos pode ser resumido nos seguintes tópicos:

#### 5.4.4.1 Implantação e Partido Geral

O terreno onde o prédio foi implantado, localizado numa esquina, possui dimensões suficientes a permitir que a orientação das fachadas com janelas fossem determinadas livremente no projeto arquitetônico, sem os limites de um terreno mais restrito estabeleceria.

#### 5.4.4.2 Geometria da Sala e Janelas

Sala com muita profundidade em relação à altura da verga da janela.

Há visão do exterior de qualquer ponto da sala e as janelas estão dispostas de forma regular, sem grandes espaços entre elas e com altura muito próxima da altura do pé-direito.

#### 5.4.4.3 Protetores Solares

Não foram previstos, na arquitetura, protetores solares que impedissem a radiação direta.

#### 5.4.4.4 Fator de Luz Diurna, Iluminâncias e Luminâncias

O projeto, de um modo geral, não atende aos regulamentos do Grupo D a exceção da norma ISO que pede valores de FLD acima de 1% a uma distância de até 3m da fachada com janelas. No entanto, atende à LEED CS, quesito 8.1 que exige um *glazing factor* acima de 2%.

O cálculo do *glazing factor*, colocado como opção, ao lado da simulação por *software*, para atender ao quesito da LEED CS, leva em conta fatores importantes como a área das janelas em relação à área de piso, a altura e posição das janelas e o índice de transmitância dos vidros. Porém não leva em conta a geometria da sala, fator considerado nos programas de simulação por computador.

As iluminâncias de todos os horários e para os equinócios e solstícios foram calculadas com o uso das tabelas de Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto. Para a elaboração da tabela foi empregado o FLD médio (average value) conforme os resultados obtidos com a simulação no Radiance e apresentados no Apêndice C. As iluminâncias que a tabela aponta podem ser consideradas satisfatórias para a luz natural, porém não são representativas da situação da maior parte da área da sala, uma vez que a uniformidade é bastante baixa.

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	190	235	140
9	265	290	250
10	305	350	325
11	305	365	385
12	290	385	410
13	315	415	405
14	390	430	370
15	420	410	325
16	380	325	230
17	255	160	85
18	85	0	0

**Tabela 5-6**  
 Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 3  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 1,29  
 Fonte: Autora da Pesquisa

#### 5.2.4.5 Uniformidade e ofuscamento

Em ambientes onde não está excluída a radiação direta não é possível, considerando-se somente a iluminação natural e apenas pela observação dos resultados de simulação, a avaliação de uniformidade no plano de trabalho e áreas adjacentes. Isto, porque, ao serem

instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

#### 5.4.4.6 Considerações gerais sobre o Caso 3

Observando o quadro com o resumo de desempenho do Caso 3, fica bem claro que este escritório atende, de uma maneira geral, aos indicadores referentes à geometria de salas e janelas e isto se deve, muito provavelmente, ao fato de que estes indicadores fazem parte dos regulamentos que as edificações devam, obrigatoriamente, atender.

Os níveis de iluminação obtidos e demonstrados pela tabela 5-6 serão diminuídos com a necessária adoção de sistema de sombreamento que, neste caso, provavelmente, será a utilização de persianas internas. De fato, uma vez instalados estes dispositivos, a luz natural que poderia ter boa penetração na sala, não será aproveitada.

A uniformidade de iluminação deste caso é de 0,16, considerando-se como a iluminação mínima, o menor valor dentro da área da sala passível de ser ocupada com estação de trabalho. Uniformidades assim baixas apontam para uma situação de altos contrastes (comprovada pelos resultados do Radiance) e probabilidade de ofuscamento.

Porem, se o projeto tivesse previsto protetores externos que oferecessem sombreamento às áreas envidraçadas de acordo com a angulação solar, todo o potencial de admissão da luz do dia seria aproveitado e, ainda que houvesse uma diminuição nos níveis de iluminação, a uniformidade seria melhorada.

A profundidade e dimensões desta sala exigiria a adoção de estratégias específicas de exclusão da radiação direta e de rebatimento da luz natural, tais como protetores externos e bandejas de luz.

Estas providências e um bom sistema de integração com a luz artificial seriam suficientes para que o uso da iluminação natural fosse otimizado, neste caso. O pé direito e a altura da verga altos e as janelas bem distribuídas em fachadas com largura significativa em relação às dimensões da sala, são qualidades do projeto que poderiam ser muito bem aproveitadas uma vez solucionado de modo mais adequado, o problema da radiação direta.

INDICADORES		
	atendimento	comentário
implantação		
1 e 2	—	área muito adensada, com prédios altos, sem boas condições para implantação
3	—	a sala estudada possui janelas nas fachadas nordeste, noroeste e sudoeste
	✓	não existem obstruções externas à luz natural
geometria de salas e janelas		
4	✓	existem aberturas comunicando diretamente com o exterior
	—	profundidade maior do que 2,5 vezes o pé direito
	✓	área iluminante maior do que 1/8 da área de piso
5	✓	área iluminante maior do que 15% da área de piso
	—	profundidade da sala maior do que 3 vezes o pé direito
6	✓	áreas de janelas menores do que 40% da área de fachadas
7	—	profundidade igual a 5,12 vezes a altura da verga da janela
8	✓	pé direito de 2,95m mas a profundidade da sala não permite a penetração da luz natural
	✓	janelas uniformemente distribuídas e com pequenos espaços entre elas
9	✓	as aberturas atendem a condição apontada pela primeira figura
10	✓	100% da sala com vista externa; razão entre área envidraçada e de piso maior que 0,07
11	✓	68% da sala pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo este critério
12	✓	profundidade > 14m em relação à janela que ocupa mais do que 35% da fachada
13	—	a luz natural não ilumina 80% da sala e estações de trabalho a mais de 7m da janela
14	✓	área envidraçada maior do que 46,00 m <sup>2</sup>
	✓	verga da janela mais alta do que 1,30m
	✓	peitoril e área envidraçada abaixo de 90 cm
	✓	soma das larguras das janelas representam mais de 55% da largura da sala
protetores solares		
15	—	não há protetores solares nas fachadas
16	—	não há protetores solares nas fachadas
17	—	não há protetores solares nas fachadas
	✓	de qualquer ponto da sala há vista para o exterior
fator de luz diurna e iluminâncias		
18	✓	<i>glazing factor</i> de 2,3%
	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
19	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
20	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
21	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
22	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
23	—	FLD menor que 0,9% na linha média da profundidade da sala
	—	a maior parte da sala apresenta iluminâncias menores do que 300 lx
24	✓	a 3m de distância das paredes que contem janelas o FLD é superior a 1%
uniformidade e ofuscamento		
25	✓	não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
26	—	relação entre luminâncias maior que 10:1
27	—	potencial para atender refletâncias internas, mas sem discriminação de áreas envidraçadas
28	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	não há dispositivo de sombreamento
29	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido

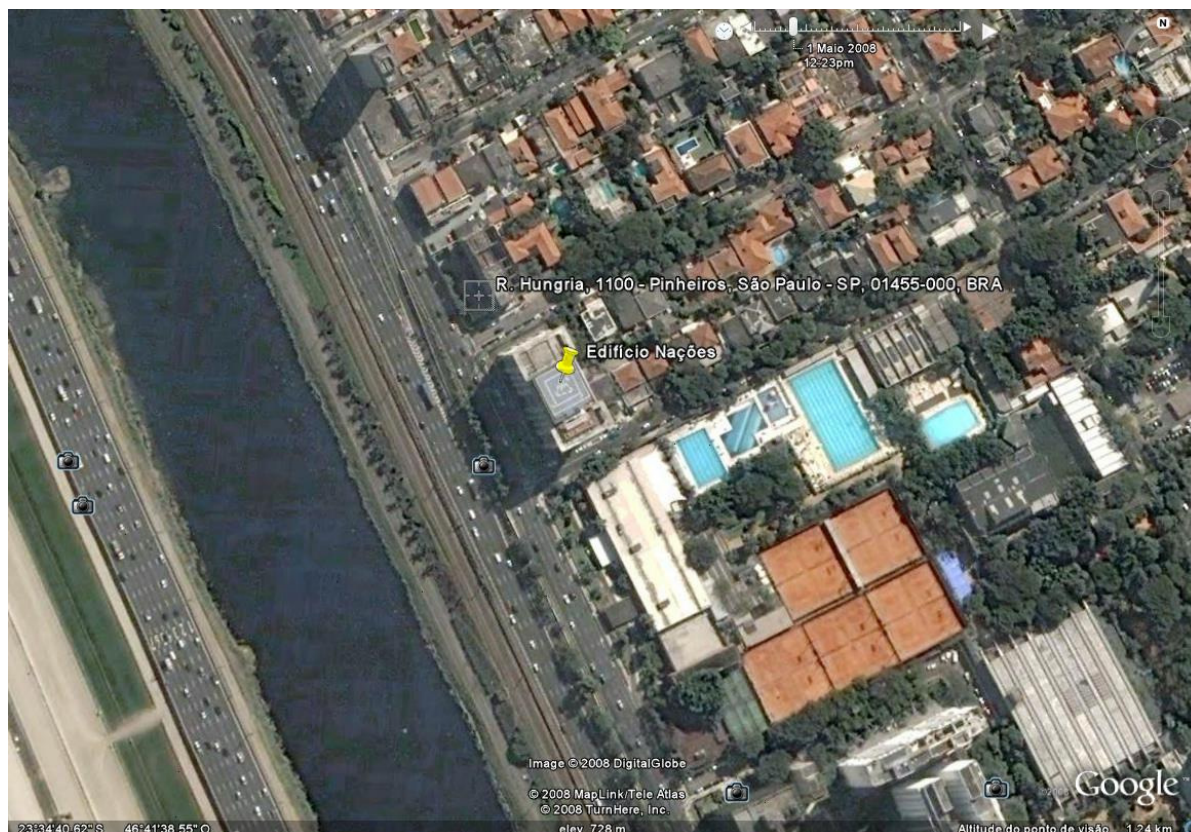
**Quadro 5-3** Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 3  
Fonte: Autora da Pesquisa

Legenda:    ✓ Atende  
              — Não atende

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no quadro, consta do item 5.4.3.

## 5.5 CASO 4

### 5.5.1 DADOS DO PROJETO



**Figura 5-27** Foto aérea: situação do Edifício Nações  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth

#### EDIFÍCIO NAÇÕES

Endereço: Rua Hungria, 1100

Projeto: ESCRITÓRIO TÉCNICO JULIO NEVES

Construção: JHS Construtora

Características do empreendimento:

Prédio com térreo, 3 sub-solos, mezanino e 8 pavimentos tipo com 1 escritório em cada andar.

Ambiente estudado:

Área de piso	1136,00 m <sup>2</sup>
Área envidraçada	141,39 m <sup>2</sup>
Pé direito	2,90 m
Altura verga das janelas	2,50 m

Acabamentos:

piso	Elevado, para carpete. Nas simulações: carpete cinza
paredes	Alvenaria com argamassa e pintura branca
forro	Gesso liso, cor branca
esquadrias	Alumínio anodizado preto
vidros	laminado, azul claro, 10mm (4mm + 6mm)

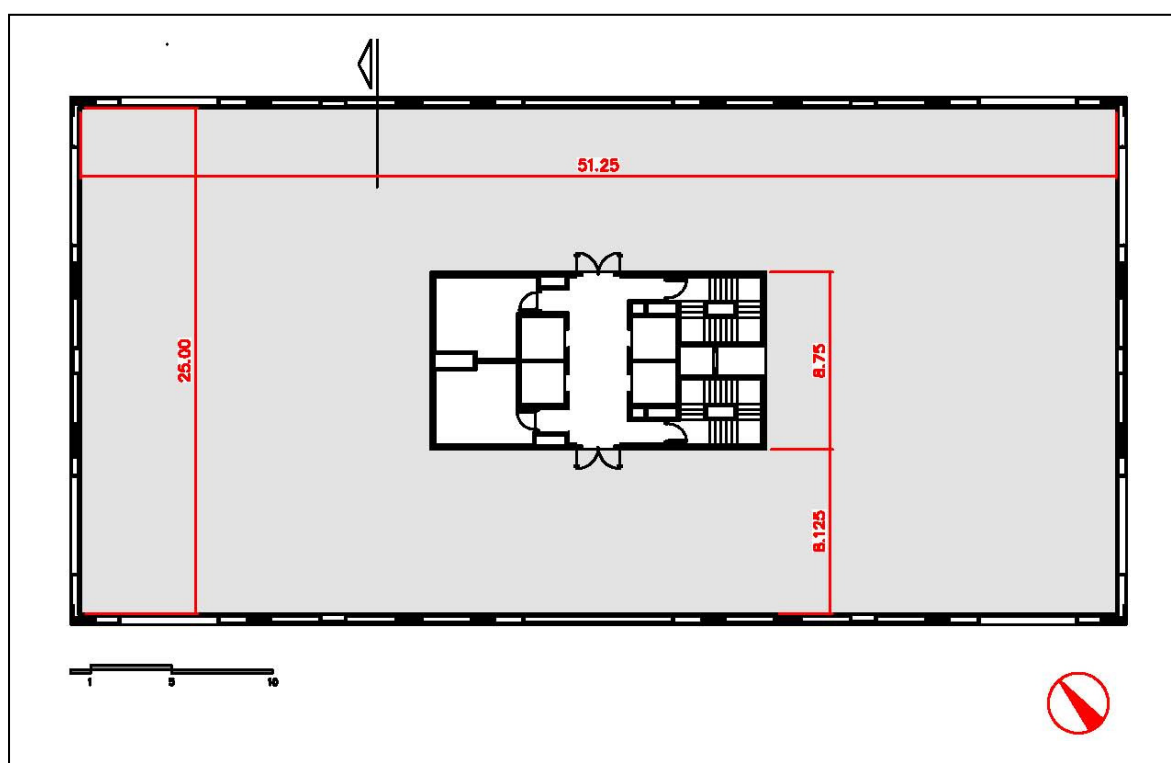


Figura 5-28 Planta do pavimento tipo  
Fonte: JHS Construtora

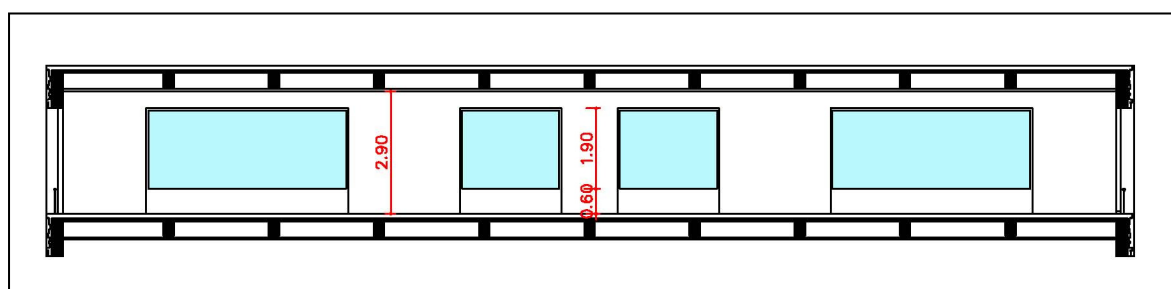


Figura 5-29 Corte  
Fonte: JHS Construtora



## 5.5.2 ADMISSÃO DE LUZ NATURAL E INSOLAÇÃO

O escritório em estudo no Caso 4 foi simulado no Ecotect e pela interface com o Radiance, foram obtidos os dados da admissão de luz natural, no ambiente. Estes dados foram utilizados para a avaliação da conformidade do projeto em relação aos indicadores reunidos no Capítulo 4.

Para esta simulação foi considerado os seguintes índices:

Transmitância luminosa dos vidros: 0.77

Reflexão do teto: 0.70

Reflexão do piso: 0.20

Reflexão das paredes: 0.50

Do Apêndice D constam as imagens com os resultados desta simulação.

Os diagramas estéreoográficos foram obtidos da simulação no Ecotect e indicam radiação solar direta, no ambiente estudado, em todos os horários e dias do ano:

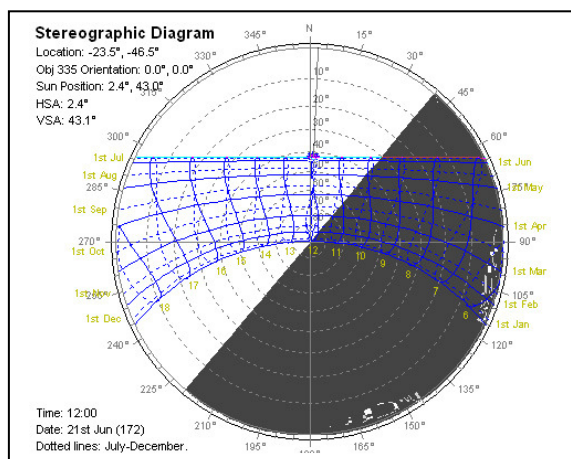


Figura 5-30 Diagrama estéreoográfico – fachada NW  
 Fonte: Ecotect

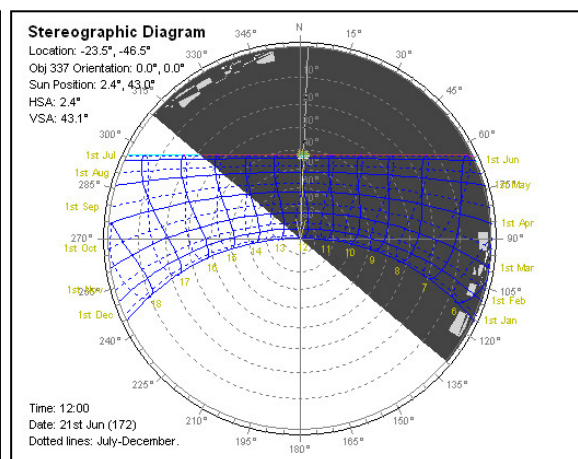
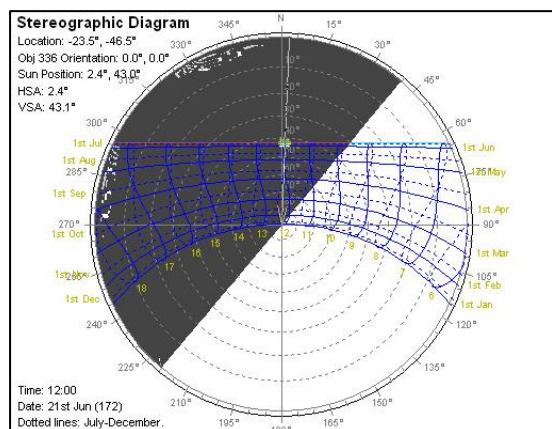
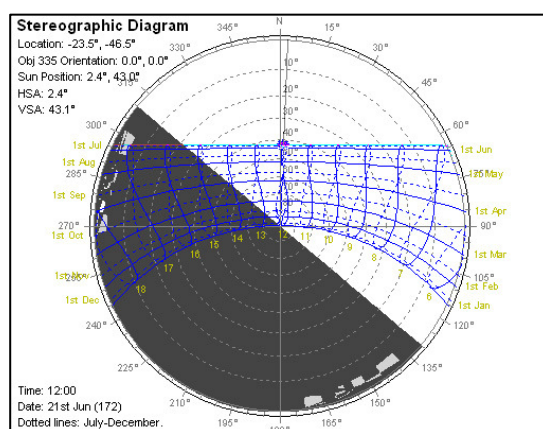


Figura 5-31 Diagrama estéreoográfico – fachada SW  
 Fonte: Ecotect



**Figura 5-32** Diagrama estereográfico – fachada SE  
 Fonte: Ecotect



**Figura 5-33** Diagrama estereográfico – fachada NE  
 Fonte: Ecotect

No Apêndice D aparecem as imagens com a simulação realizada com o programa SketchUp, que ilustram a ocorrência da radiação solar direta na sala nos diversos horários e dias do ano.

### 5.5.3 O CASO 4 E OS INDICADORES

Neste item será avaliada a conformidade do projeto em estudo, aos indicadores selecionados e reunidos em grupos no capítulo 4.

#### 5.5.3.1 GRUPO A – INDICADORES SOBRE IMPLANTAÇÃO

**1 e 2** Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 PORTUGAL e

BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (figuras)

Pela imagem da localização, em 5.5.1, observa-se que o prédio foi implantado numa área ainda sem construções altas que pudessem se constituir em obstruções.

**3** Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Janelas localizadas nas faces norte e sul.

Não atende: o prédio do Caso 4 possui janelas nas fachadas nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste.

Evitar obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.

Não existem obstruções à luz natural para esta sala, externas ao prédio.

### 5.5.3.2 GRUPO B – INDICADORES SOBRE GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

#### 4 Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL

Artigo 47 – Exigência de aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Atende: possui aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Artigo 53 – Profundidade menor que três vezes o pé-direito, ou duas vezes e meia a largura.

Não atende: no projeto em questão temos um pé direito de 2,9m e uma profundidade de 12,50m, maior portanto, que duas vezes e meia o pé direito.

Artigo 54 – Superfície iluminante maior que 1/8 da área do piso.

Atende ao art. 54: a área de piso é de 27,23m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 5,40m<sup>2</sup>; maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 3,40m<sup>2</sup>.

#### 5 Lei Municipal 11.228 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo BRASIL

11.2.2 – Abertura iluminante maior que 15% da área do piso.

Não atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante (141,39 m<sup>2</sup>) corresponde a 12,4% da área de piso (1136,00 m<sup>2</sup>), menor que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

11.2.4 – As aberturas poderão ser reduzidas pela adoção de meios artificiais de iluminação.

11.2.5 – Profundidade menor que três vezes a largura e o pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as aberturas forem superiores ao dobro do mínimo exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser cinco vezes a largura e o pé-direito.

Não atende ao item 11.2.5: a profundidade da sala é maior que três vezes o pé direito. Esta profundidade seria aceita se, conforme o item 11.2.5.1, a área iluminante fosse de 339,30 m<sup>2</sup>(duas vezes maior que o mínimo exigido). Porém, o item anterior, 11,2.4, admite a redução da área iluminante se forem adotados meios artificiais de iluminação.

#### 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA

Janelas da fachada oeste com área menor que 40% da área da fachada ou menor que o produto: 2m pela extensão da fachada.

Área total de janelas menor que 40% da área das fachada ou menor que o produto: 2m pelo perímetro das fachadas.

As áreas das fachadas NW e SW foram calculadas pelo andar tipo. Somam uma área de, respectivamente,  $91,17\text{m}^2$  e  $183,05\text{m}^2$ . As áreas envidraçadas somam  $22,87\text{m}^2$  na fachada NW e  $47,83\text{m}^2$  na fachada SW.

O projeto atende a este item, uma vez que as áreas envidraçadas representam 26% de na fachada SW e 25% na fachada NW, menores que 40% (porcentagem máxima permitida).

## 7 IESNA RP-5-99 EUA

A figura 2 mostra profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela.

Uma bandeja de luz aumenta o limite para 2 vezes a altura da verga da janela .

Não atende à recomendação da IESNA: neste caso temos uma profundidade da sala de  $12,50\text{m}$  e a altura do piso à verga da janela de  $2,50\text{m}$ ; portanto, a profundidade é 5 vezes maior que a altura da verga.

## 8 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.

Apesar do pé-direito ( $2,90\text{m}$ ) ser maior que o mínimo permitido ( $2,50\text{m}$ ), não é suficiente para permitir boa penetração da luz do dia.

Janelas altas para aumentar a penetração da luz.

Janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem ofuscamento.

Não atende: janelas com a altura da verga  $40\text{cm}$  abaixo do pé-direito.

## 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras)

As aberturas laterais atendem a condição apontada pela primeira figura.

## 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ

Crédito da p.59:

90% das áreas ocupadas com visão direta do exterior entre  $0,76\text{m}$  e  $2,3\text{m}$  acima do piso razão entre superfície envidraçada e área de piso:  $0,07$ .

Atende: a razão entre a superfície envidraçada e a área de piso é de  $0,124$ , maior, portanto que  $0,07$  , porém, ainda que o projeto ofereça condições para que 90% das estações de

trabalho tenham vista direta para o exterior, somente o *layout* do mobiliário poderia confirmar esta situação.

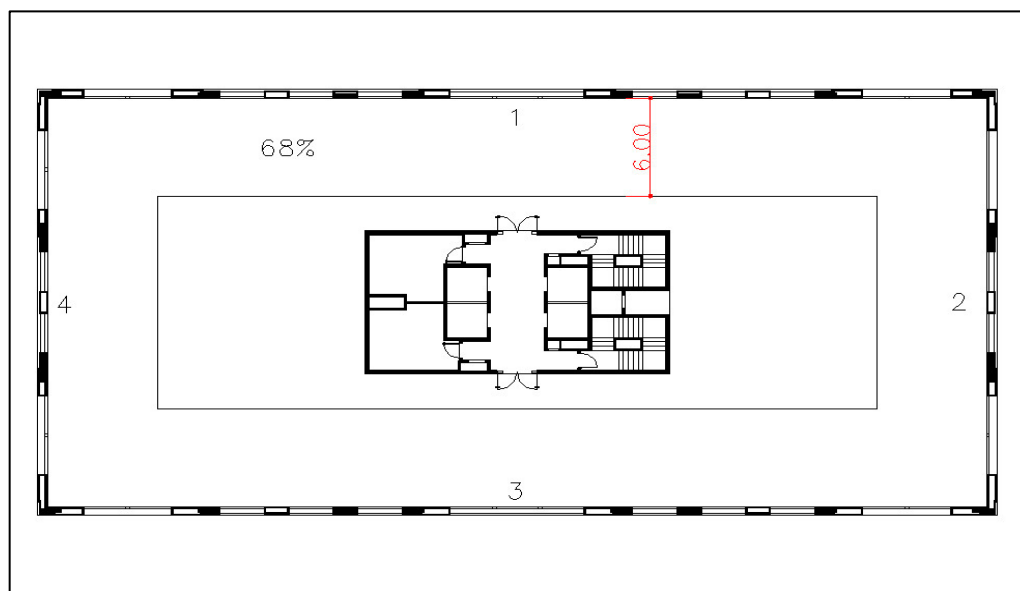
## 11 Approved Document L2A REINO UNIDO

91 - 6m até uma parede com janela que corresponda a 20% da área parede que a contem.

Atende: conforme tabela abaixo, as janelas representam mais de 20% da área das paredes que as contem. Assim, traçando uma linha a 6m de distância das paredes com aberturas, chegamos que 68% da área do escritório pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo o item 91 do Approved Document.

**Tabela 5-7**  
 Áreas de janelas e  
 paredes que as contem  
 Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1 e 3	151,67 m <sup>2</sup>	47,83 m <sup>2</sup>	31%
2 e 4	75,55 m <sup>2</sup>	22,87 m <sup>2</sup>	30%



**Figura 5-34** Planta da sala com demonstração do alcance da luz natural – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa

## 12 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)

Atende: a profundidade 12,50m pede uma porcentagem de janelas de 30%. Conforme a tabela no item anterior, as paredes 1 e 3 possuem 30% de área iluminante.

### 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO

HW01- 80% da area adequadamente iluminada pela luz do dia

HW02 – estações de trabalho, no máximo, a 7m de uma janela

Não atende: segundo resultados das simulações em computador (ver Apêndice D), o espaço estudado não possui 80% de sua área iluminada adequadamente pela luz natural e a profundidade de 12,50m da sala não permite supor que todas as estações de trabalho estarão localizadas a, no máximo, 7m de uma janela.

### 14 DIN 5043-1 ALEMANHA

Dimensões da sala	Área (A) em m <sup>2</sup>	Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m		
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

Atende: como a área da sala é de 1136,00m<sup>2</sup>, a área envidraçada deveria ter, no mínimo, 71,36m<sup>2</sup>. Temos, neste caso, uma área de janelas de 71,70 m<sup>2</sup>.

a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

Atende: a verga da janela está a 2,50m do piso.

b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Atende: o peitoril e a área envidraçada estão a 0,60m.

c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala

Atende: paredes 1 e 3: janelas ocupando 62% da largura da sala; paredes 2 e 4: janelas ocupando 58% da largura da sala.

#### 5.5.3.3 GRUPO C – INDICADORES SOBRE PROTETORES SOLARES

### 15 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

- Bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- Dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.
- Protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

Não atende: o projeto não previu nenhum protetor solar para as fachadas.

## 16 LEED System for Core and Shell EUA (p 76)

Utilizar dispositivos de controle da radiação direta e do ofuscamento.

Não atende: o projeto arquitetônico não previu proteções solares.

## 17 Code du Travail FRANÇA

Artigo R 232-7-4 : uso de protetores solares.

Não atende: conforme apresentado em 5.5.2, as aberturas para iluminação não possuem protetores, permitindo a radiação solar direta, no interior da sala.

Artigo R 235-2-1: vista direta para o exterior.

Atende: de qualquer ponto da sala há vista para o exterior.

### 5.5.3.4 GRUPO D – INDICADORES SOBRE FATOR DE LUZ DIURNA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

## 18 LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)

Opção 1: Atender ao glazing factor mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O glazing factor é calculado segundo a fórmula em 3.2.3.1 e os índices da Tabela 3-12.

Consideradas janelas para a visão do exterior, entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural, acima de 229 cm.

Não atende: o *glazing factor* é de 1,75%, considerando-se:

Área de janela para visão: 113,86 m<sup>2</sup>; área de piso: 1136,00 m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,77; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.

Área de janela para iluminação natural: 15,63 m<sup>2</sup>; área de piso: 1136,00 m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,77; transmitância mínima: 0,7 e *window height factor*: 1,4.

Opção 2: Demonstrar, com o uso de simulação de computador, o nível mínimo de iluminação natural de 25 *footcandles*, em pelo menos 75% das áreas ocupadas, considerando-se céu claro, ao meio-dia, no equinócio, num plano horizontal, a 30 polegadas acima do piso.

Não atende: a Figura 5-35, com desenho elaborado a partir dos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice D) mostra a área (delimitada pela linha escura) com iluminâncias acima de 250 lx. Esta área não corresponde a 75% do total.

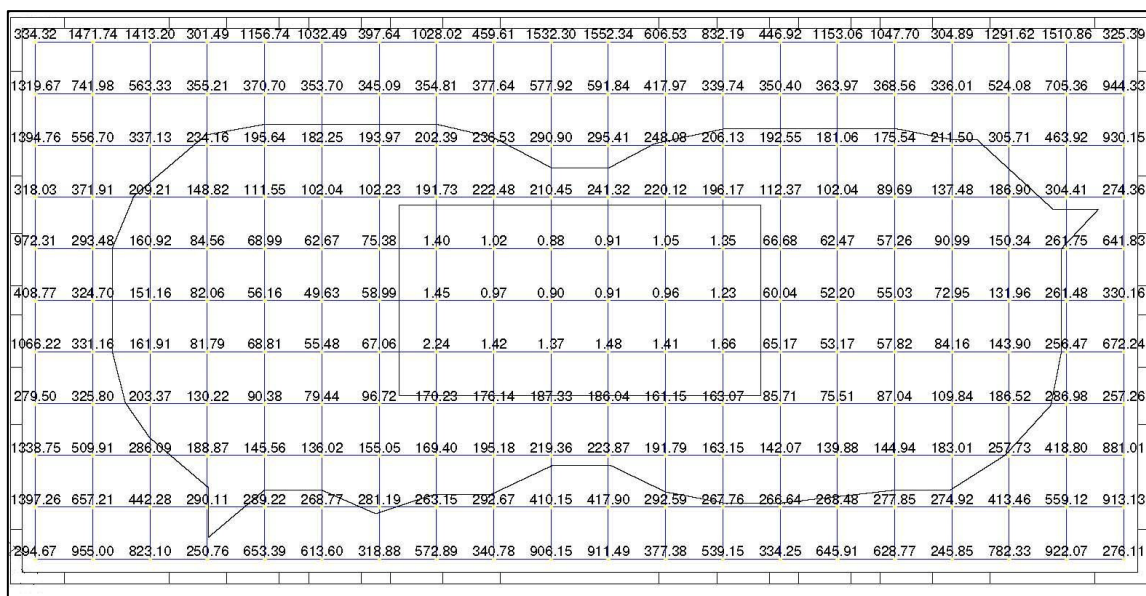


Figura 5-35 Planta da sala com linha de iluminância igual a 250 lx – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

## 19 LEED for Commercial Interiors EUA

Dois itens pedem: 1) 75% e 2) 90% da área com Fator de Luz Diurna igual ou maior que 2%; ou 250 lx de iluminância no plano de trabalho.

O projeto estudado não atende a estes itens. (ver Apêndice D)

## 20 Canada Labour Code Part VI - CANADÁ

1. VDT WORK
  - (a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently 500
  - (b) Task positions at which data entry work is performed exclusively 750
  - (c) Air traffic controller areas 100
  - (d) Telephone operator areas 300

Não atende: o projeto em estudo, considerada apenas a iluminação natural, não atende aos níveis mínimos de iluminância requeridos pelo Canada Labour Code.



## 21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ

Pag.88 - No mínimo 75% das áreas ocupadas, com 2% como Fator de Luz Diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou com simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx; ambiente com redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

O projeto estudado não atende a estes itens. (ver Apêndice D)

## 22 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)

Tabela 10

500 lx como iluminância padrão de serviço, para escritórios em geral.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 23 DIN 5043-1 ALEMANHA

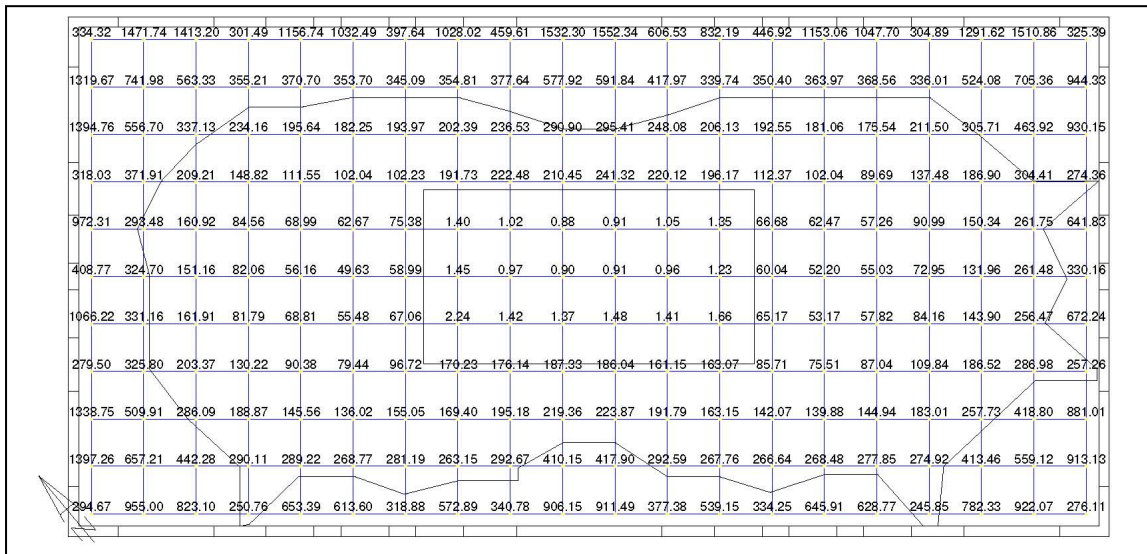
Fator de Luz Diurna médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.

Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz Diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.

Não atende na totalidade da sala: nas laterais com profundidade maior a linha média apresenta valores de FLD inferiores a 0.9%.

Iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho no mínimo 0,6 vezes que os valores especificados na DIN 5035-2.

Não atende na maior parte da sala: a figura abaixo elaborada a partir dos resultados obtidos no Radiance, mostra as iluminâncias em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro. A linha escura, na figura, separa a área com valores de Iluminâncias menores que 300 lx (0,6 de 500 lx).

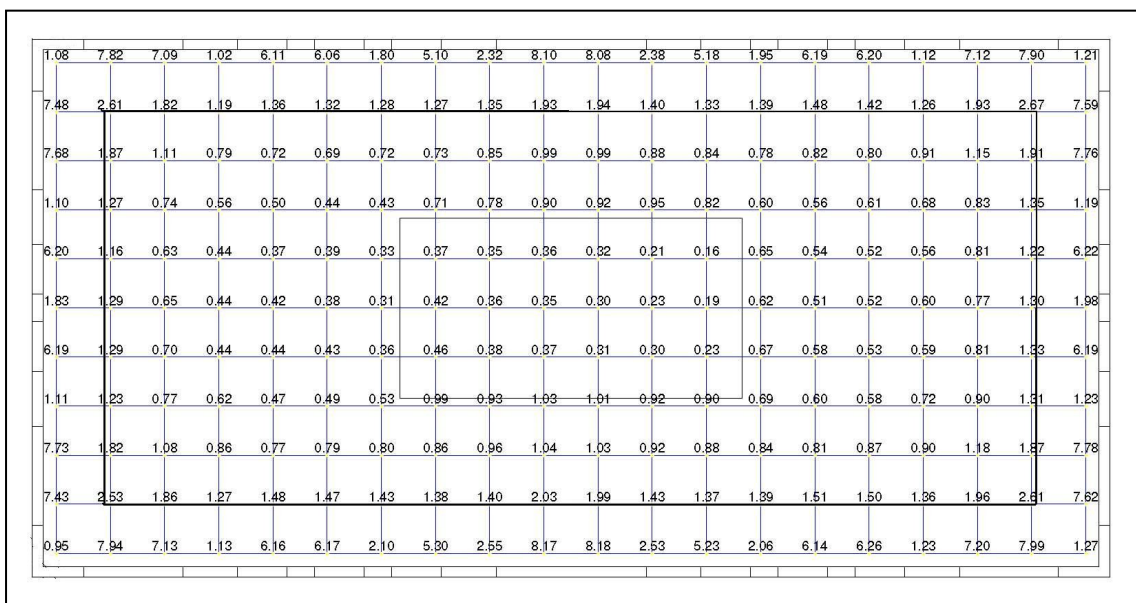


**Figura 5-36** Planta da sala com linha de iluminância igual a 300 lx – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

**24** ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Fator de Luz Diurna não inferior a 1%, no plano de trabalho, a 3m de distância da parede que contem a janela e a 1m das paredes laterais.

Atende: A figura abaixo mostra os Fatores de Luz do Dia calculados pelo Radiance, em cada ponto do Grid. A linha, traçada a uma distância de 3m das aberturas demarca uma área com Fator de Luz Diurna acima de 1%.



**Figura 5-37** Planta da sala com linha a 3m das paredes que contem janelas – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa baseado no Radiance

### 5.5.3.5 GRUPO E – INDICADORES SOBRE UNIFORMIDADE E OFUSCAMENTO

#### 25 NBR 5413 BRASIL

4.3 Iluminância do ambiente não inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho.

Atende: Não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx (considerando-se que a iluminância adotada para o campo de trabalho seja de 300 lx).

4.4 Iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a NBR 5382.

.registros, cartografia, etc.	750 – 1000 – 1500
.desenho, engenharia mecânica e arquitetura	750 – 1000 – 1500
.desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750

Não atende: considerando-se somente a luz natural, não é atingida a iluminância recomendada pela NBR 5413 (ver Apêndice D).

#### 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório

Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

Atende: Esta recomendação do Lighting Handbook, refere-se a um escritório com equipamentos e mobiliário instalados. No entanto, mesmo na fase de projeto, é possível avaliar o potencial que o espaço apresenta para atender a este item.

Pelos resultados obtidos com o Radiance (ver Apêndice D), observa-se que a relação entre luminâncias entre a área da tarefa e superfícies não adjacentes é de, no máximo 1:6.

#### 27 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar os contrastes com a luz natural.

Uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

O projeto em estudo apresenta potencial para atendimento das recomendações sobre refletâncias, que se referem a instalações e acabamentos a serem executados após a entrega do imóvel ao proprietário, mas não fez discriminação das áreas envidraçadas.

## 28 BSI 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO

Uniformidade - iluminância mínima acima de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice D), observa-se que a maior parte da sala não atende esta exigência.

Ofuscamento - uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

Não atende: não há previsão para dispositivos de sombreamento.

## 29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Task illuminance	Illuminance of immediate surroundings
lx	lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Same task illuminance

Uniformidade da iluminância de tarefa maior que 0,7.

Uniformidade da iluminância do entorno imediato maior que 0,5.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice D), observa-se que a maior parte da sala não atende a estas exigências de uniformidade.

### 5.5.4 CONCLUSÕES DO CASO 4

Como Caso 4, foi apresentado uma sala que ocupa todo o pavimento de um prédio de escritórios.

O desempenho desta sala em relação aos indicadores reunidos no capítulo 4 e apresentado em 5.5.3, pode ser resumido nos seguintes tópicos:

#### 5.5.4.1 Implantação e Partido Geral

A implantação do prédio seguiu a forma do terreno e de modo a utilizar o máximo do Coeficiente de Aproveitamento determinado pela PMSP, o que resultou na orientação aleatória das fachadas com janelas.

A planta do pavimento tipo tem a forma retangular alongada como corpo de serviços e acessos verticais do prédio localizado na área central do pavimento tipo.

#### 5.5.4.2 Geometria da Sala e Janelas

Sala com muita profundidade em relação à altura da verga da janela.

O pé-direito tem dimensão superior ao mínimo permitido, mas não foi totalmente aproveitado para a altura das janelas.

Há visão do exterior de qualquer ponto da sala.

#### 5.5.4.3 Protetores Solares

Não foram previstos, na arquitetura, protetores solares que impedissem a radiação direta.

#### 5.5.4.4 Fator de Luz Diurna, Iluminâncias e Luminâncias

Para melhor ilustrar a questão, foram calculadas as iluminâncias, a partir do FLD obtido pelo Radiance, com o uso das tabelas de Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto (Tabela 5-8).

A tabela assim calculada, usando-se o *average value*, mostra uma iluminação natural com níveis adequados de iluminância. Porém a uniformidade é baixa (0,16) e a sala em estudo não atendeu à maioria dos indicadores que se referem ao FLD, Iluminâncias e Luminâncias.

Quando se elabora a mesma tabela utilizando-se o FLD de 0,7%, que representa a média de 80% da área da sala (ver Apêndice D) os níveis de iluminação ficam abaixo do recomendado pelos regulamentos, como mostra a Tabela 5-9.

**Tabela 5-8**

Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 4  
 Condição de Céu Parcialmente Encoberto  
 FLD = 1,98  
 Fonte: Autora da Pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	387	458	220
9	514	449	372
10	545	539	442
11	500	562	508
12	424	589	535
13	441	636	523
14	521	658	473
15	545	630	407
16	486	496	290
17	327	247	111
18	116	0	0

**Tabela 5-9**

Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 4  
Condição de Céu Parcialmente Encoberto  
FLD = 0,7  
Fonte: Autora da Pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	135	160	80
9	180	160	130
10	195	190	155
11	175	200	180
12	150	210	190
13	155	225	185
14	185	235	165
15	195	225	145
16	170	175	100
17	115	85	40
18	40	0	0

#### 5.5.4.5 Uniformidade e ofuscamento

Em ambientes onde não está excluída a radiação direta não é possível, considerando-se somente a iluminação natural e apenas pela observação dos resultados de simulação, a avaliação de uniformidade no plano de trabalho e áreas adjacentes. Isto, porque, ao serem instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

#### 5.5.4.6 Considerações gerais sobre o Caso 4

Observando o quadro com o resumo de desempenho do Caso 4, nota-se uma maior incidência de conformidade aos indicadores referentes à geometria de salas e janelas.

Isto porque os indicadores que foram atendidos pertencem ao grupo de regulamentos que as edificações devem, obrigatoriamente, atender.

A uniformidade de iluminação deste caso é de 0,16, considerando-se como a iluminação mínima, o menor valor dentro da área da sala passível de ser ocupada com estação de trabalho. Uniformidades assim baixas apontam para uma situação de altos contrastes (comprovada pelos resultados do Radiance) e probabilidade de ofuscamento.

Os níveis de iluminação apontados nas tabelas 5-8 e 5-9 serão diminuídos quando da necessária adoção de sistemas de sombreamento que, neste caso, provavelmente, significará a utilização de persianas internas. De fato, uma vez instalados estes dispositivos, a luz natural será pouco aproveitada.

INDICADORES	atendimento	comentário
implantação		
1 e 2		implantado em área sem edificações que pudessem se constituir em obstruções
3	—	a sala estudada possui janelas nas fachadas nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste
	✓	não existem obstruções externas à luz natural
geometria de salas e janelas		
4	✓	existem aberturas comunicando diretamente com o exterior
	—	profundidade maior do que 2,5 vezes o pé direito
	✓	área iluminante maior do que 1/8 da área de piso
5	—	área iluminante menor do que 15% da área de piso
	—	profundidade da sala maior do que 3 vezes o pé direito
6	✓	áreas de janelas menores do que 40% da área de fachadas
7	—	profundidade igual a 5 vezes a altura da verga da janela
8	✓	mesmo sem um pé direito alto, a profundidade da sala permite penetração da luz natural
	—	janelas com altura da verga 40 cm abaixo do pé direito
9	✓	as aberturas atendem a condição apontada pela primeira figura
10	✓	100% da sala com vista externa; razão entre área envidraçada e de piso maior que 0,07
11	✓	68% da sala pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo este critério
12	✓	profundidade < 14m em relação à janela que ocupa 30% da fachada
13	—	a luz natural não ilumina 80% da sala e estações de trabalho a mais de 7m da janela
14	✓	área envidraçada maior do que 71,36m <sup>2</sup>
	✓	verga da janela mais alta do que 1,30m
	✓	peitoril e área envidraçada abaixo de 90cm
	✓	soma das larguras das janelas representam mais de 55% da largura da sala
protetores solares		
15	—	não há protetores solares nas fachadas
16	—	não há protetores solares nas fachadas
17	—	não há protetores solares nas fachadas
	✓	de qualquer ponto da sala há vista para o exterior
fator de luz diurna e iluminâncias		
18	—	<i>glazing factor</i> de 1,75%
	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
19	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
20	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
21	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
22	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
23	—	FLD menor que 0,9% na linha média da profundidade da sala
	—	a maior parte da sala apresenta iluminâncias menores do que 300 lx
24	✓	a 3m de distância das paredes que contem janelas o FLD é superior a 1%
uniformidade e ofuscamento		
25	✓	não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
26	✓	relação de luminâncias entre áreas não adjacentes de, no máximo, 6:1
27	—	potencial para atender refletâncias internas, mas sem discriminação de áreas envidraçadas
28	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	não há dispositivo de sombreamento
29	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido

**Quadro 5-4** Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa

Legenda: ✓ Atende  
 — Não atende

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no quadro, consta do item 5.5.3.

## 5.6 CASO 5

### 5.6.1 DADOS DO PROJETO



**Figura 5-38** Foto aérea: situação do Edifício Faria Lima Premium  
São Paulo, Brasil  
Fonte: Google Earth

#### EDIFÍCIO FARIA LIMA PREMIUM

Endereço: Rua Diogo Moreira, 132

Projeto: MIGUEL JULIANO

Incorporação e Construção: Construtora Gustavo Halbreich

Características do empreendimento:

Prédio com térreo, 3 sub-solos, mezanino, 22 pavimentos tipo e 2 andares de cobertura. O pavimento tipo está dividido em 10 escritórios. Para este estudo, foram escolhidas duas salas, que aparecem em destaque na planta do pavimento tipo.



Ambientes estudados

	escritório 3	escritório 4
Área de piso	24,00 m <sup>2</sup>	23,60 m <sup>2</sup>
Área envidraçada	10,56 m <sup>2</sup>	8,37 m <sup>2</sup>
Pé direito	2,44 m	2,44 m
Altura verga das janelas	2,44 m	2,44 m

Acabamentos:

piso	Elevado, para carpete. Nas simulações: carpete cinza
paredes	Alvenaria com argamassa e pintura branca
forro	Gesso liso, cor branca
esquadrias	Alumínio anodizado preto
vidros	Laminado, verde, 10mm (4mm + 6mm)

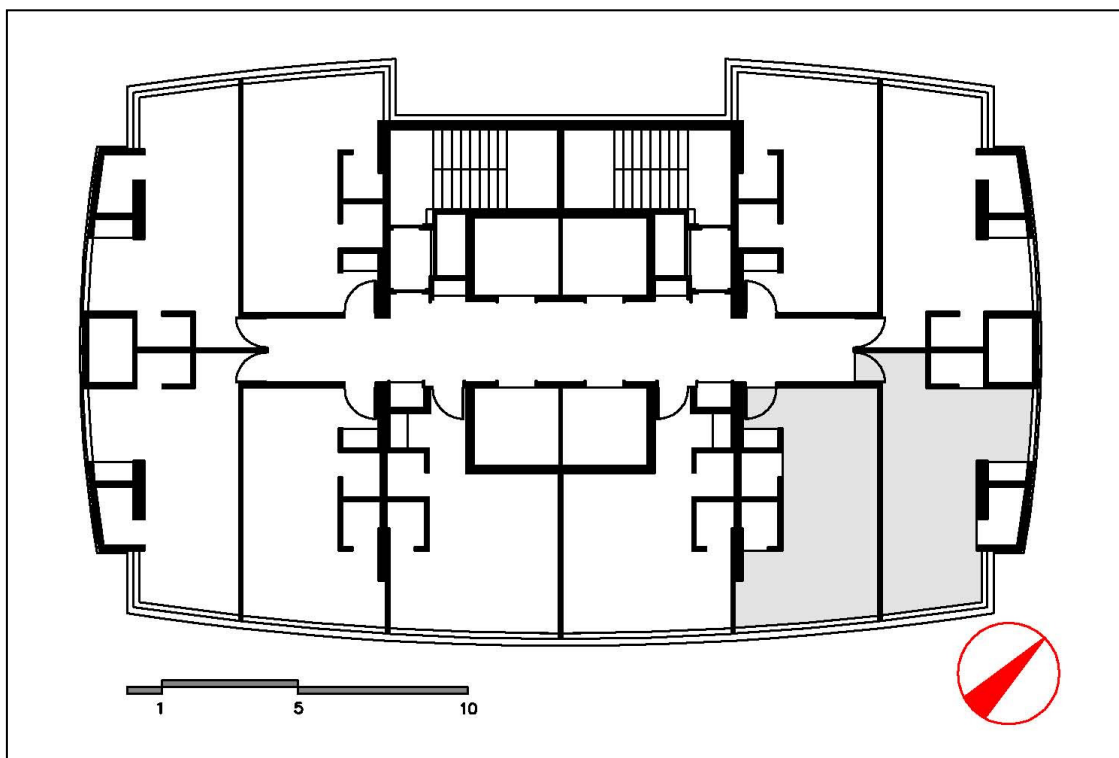


Figura 5-39 Planta do pavimento tipo  
 Fonte: Construtora Gustavo Halbreich

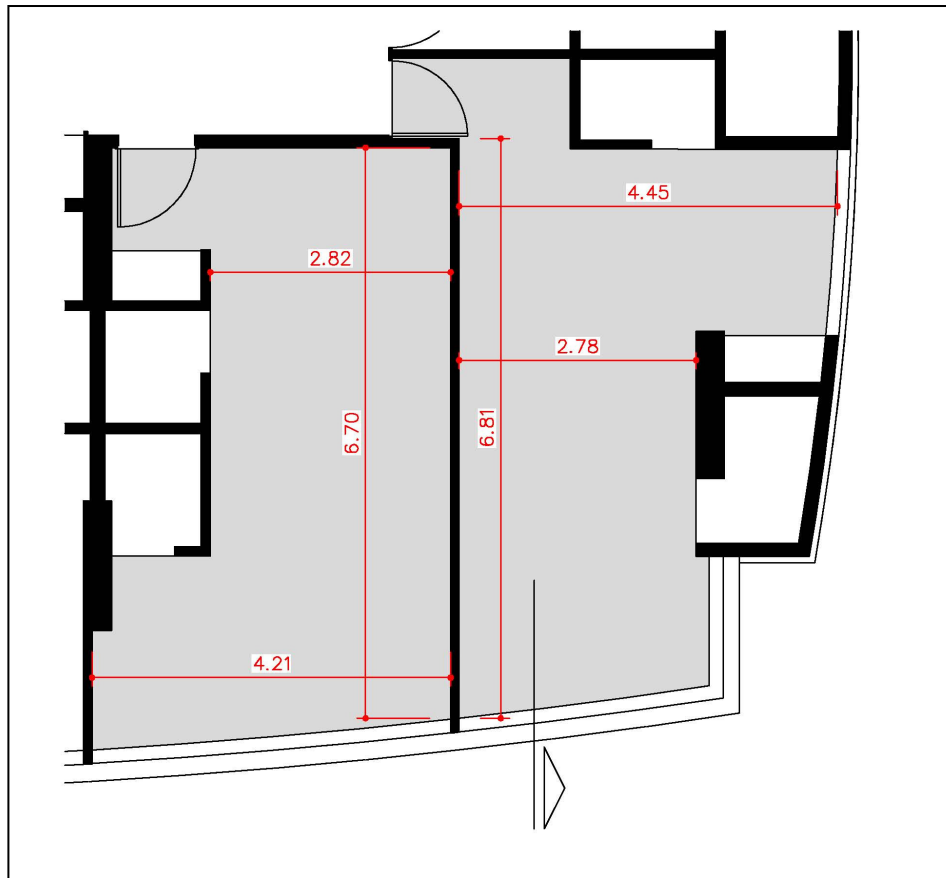


Figura 5-40 Planta das salas  
Fonte: Construtora Gustavo Halbreich

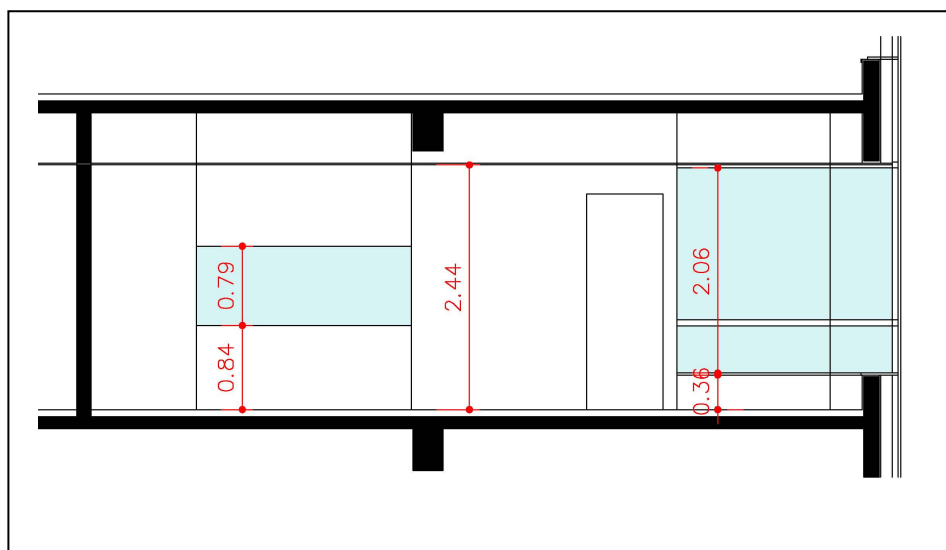


Figura 5-41 Corte  
Fonte: Construtora Gustavo Halbreich

## 5.6.2 ADMISSÃO DE LUZ NATURAL E INSOLAÇÃO

Os escritórios em estudo no Caso 5 foram simulados no Ecotect e pela interface com o Radiance foram obtidos os dados da admissão de luz natural no ambiente. Estes dados foram utilizados para a avaliação da conformidade do projeto em relação aos indicadores reunidos no Capítulo 4.

Para esta simulação foi considerado os seguintes índices:

Transmitância luminosa dos vidros: 0.62

Reflexão do teto: 0.70

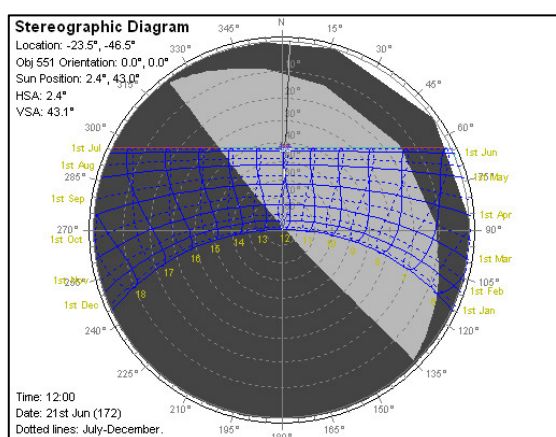
Reflexão do piso: 0.20

Reflexão das paredes: 0.50

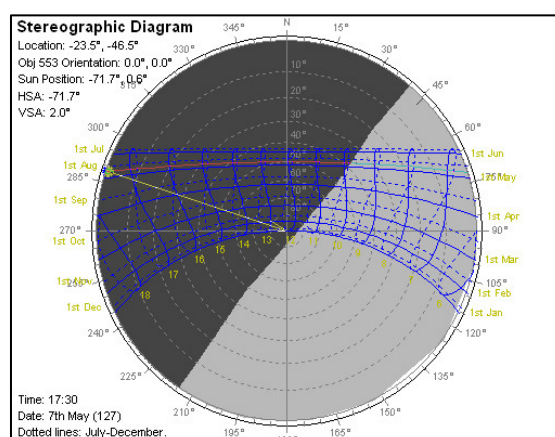
Do Apêndice E constam as imagens com os resultados desta simulação.

Da simulação no Ecotect foram obtidos os diagramas estereográficos que indicam radiação solar direta, no ambiente estudado:

- entre 08:00 e 13:15 hs nos equinócios
- entre 08:00 e 12 hs, no solstício de verão
- entre 08:00 e 14:30 hs no solstício de inverno



**Figura 5-42** Diagrama estereográfico – fachada NE  
 Fonte: Ecotect



**Figura 5-43** Diagrama estereográfico – fachada SE  
 Fonte: Ecotect

No Apêndice E estão as imagens com a simulação realizada com o programa SketchUp, que ilustram a ocorrência da radiação solar direta na sala nos diversos horários e dias do ano.

### 5.6.3 O CASO 5 E OS INDICADORES

Neste item será avaliada a conformidade do projeto em estudo, aos indicadores selecionados e reunidos em grupos no capítulo 4.

#### 5.6.3.1 GRUPO A – INDICADORES SOBRE IMPLANTAÇÃO

##### 1 e 2 Decreto-Lei 38.382, Artigo 59 PORTUGAL e

BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (figuras)

Pela imagem da localização, em 5.6.1, observa-se que o prédio foi implantado numa área ainda sem construções altas que pudessem se constituir em obstruções.

##### 3 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Janelas localizadas nas faces norte e sul.

Não atende: as salas estudadas possuem janelas nas fachadas nordeste e sudeste.

Evitar obstruções à luz do dia tais como paredes ou muros próximas ao perímetro do edifício.

Não existem obstruções à luz natural para esta sala, externas ao prédio.

#### 5.6.3.2 GRUPO B – INDICADORES SOBRE GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

##### 4 Decreto 52.497 Código Estadual de São Paulo BRASIL

Artigo 47 – Exigência de aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Atende: possui aberturas comunicando diretamente com o exterior.

Artigo 53 – Profundidade menor que três vezes o pé-direito, ou duas vezes e meia a largura.

Atende: nas duas salas em questão temos um pé direito de 2,44m e a maior profundidade é de 6,92m ou 2,84 vezes o pé-direito.

Artigo 54 – Superfície iluminante maior que 1/8 da área do piso.

Escritório 3 - Atende: a área de piso é de 24,00m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 10,56m<sup>2</sup>; maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 3,00m<sup>2</sup>.

Escritório 4 - Atende: a área de piso é de 23,60m<sup>2</sup> e a área iluminante, de 8,37m<sup>2</sup>; maior, portanto, que 1/8 do piso que seria 2,95m<sup>2</sup>.

## 5 Lei Municipal 11.228 Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo

### BRASIL

11.2.2 – Abertura iluminante maior que 15% da área do piso.

Escritório 3 - Atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante ( $10,56\text{m}^2$ ) corresponde a 44% da área de piso ( $24,00\text{m}^2$ ), maior que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

Escritório 4 - Atende ao item 11.2.2 da Lei: a área iluminante ( $8,37\text{m}^2$ ) corresponde a 35% da área de piso ( $23,60\text{m}^2$ ), maior que a porcentagem mínima exigida, de 15%.

11.2.4 – As aberturas poderão ser reduzidas pela adoção de meios artificiais de iluminação.

11.2.5 – Profundidade menor que três vezes a largura e o pé-direito.

11.2.5.1 – Quando as aberturas forem superiores ao dobro do mínimo exigido pelo item 11.2.2, a profundidade dos compartimentos poderá ser cinco vezes a largura e o pé-direito.

Atende: as duas salas em questão o pé direito é de 2,44m; a maior profundidade, de 6,92m; a menor largura, de 2,78m. Assim, temos que a profundidade é de 2,84 vezes o pé-direito e 2,49 vezes a menor largura.

## 6 California Energy Commission. Building Energy Efficiency Standards EUA

Janelas da fachada oeste com área menor que 40% da área da fachada ou menor que o produto: 2m pela extensão da fachada.

Área total de janelas menor que 40% da área das fachadas ou menor que o produto: 2m pelo perímetro das fachadas.

Não atende: as áreas das fachadas NW e SW do prédio, foram calculadas para o andar tipo.

SW:  $49,22\text{m}^2$  e NW:  $81,28\text{m}^2$ . As áreas envidraçadas somam: SW:  $10,38\text{m}^2$ ; NW:  $50,61\text{m}^2$ .

Assim, na fachada SW há 21% de área envidraçada e na NW, 62%.

## 7 IESNA RP-5-99 EUA

A figura 2 mostra profundidade de até 1,5 vezes a altura da verga da janela.

Uma bandeja de luz aumenta o limite para 2 vezes a altura da verga da janela.

Não atende à recomendação da IESNA: nas duas salas a profundidade é igual a 2,84 vezes a altura da verga da janela.

## 8 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls EUA

Pés-direitos altos para aumentar a profundidade de penetração da luz do dia.

Não atende: o pé direito nas duas salas de 2,44m é considerado baixo (menor que o mínimo exigido pela Código de Edificações do Município de São Paulo).

Janelas altas para aumentar a penetração da luz.

Janelas para a visão do exterior com mínima distância entre uma e outra. Evitar janelas pequenas localizadas em grandes áreas de paredes por causarem ofuscamento.

Escritório 3 - Não atende: janelas situadas na parede NE separadas por, proporcionalmente, grande área de parede.

Escritório 4 - Atende: janela ocupando toda a extensão da parede.

## 9 LEED System for Core and Shell EUA (figuras)

As aberturas laterais atendem a condição apontada pela primeira figura.

## 10 LEED Green Building Rating System Addendum For New Construction and Major Renovations CANADÁ

Crédito da p.59:

90% das áreas ocupadas com visão direta do exterior entre 0,76m e 2,3m acima do piso razão entre superfície envidraçada e área de piso: 0,07.

Atende: a razão entre a superfície envidraçada e a área de piso é de 0,44 para o escritório 3 e 35% para o escritório 4, ambas maiores que 0,07, porém, ainda que o projeto ofereça condições para que 90% das estações de trabalho tenham vista direta para o exterior, somente o *layout* do mobiliário e divisórias, se houver, poderia confirmar esta situação.

## 11 Approved Document L2A REINO UNIDO

91 - 6m até uma parede com janela que corresponda a 20% da área parede que a contem.

Atende: conforme tabela abaixo, as janelas representam mais de 20% da área das paredes que as contem. Assim, traçando uma linha a 6m de distância das paredes com aberturas, chegamos que 85% da área de ambos os escritórios podem ser consideradas iluminadas pela luz do dia, segundo o item 91 do Approved Document.

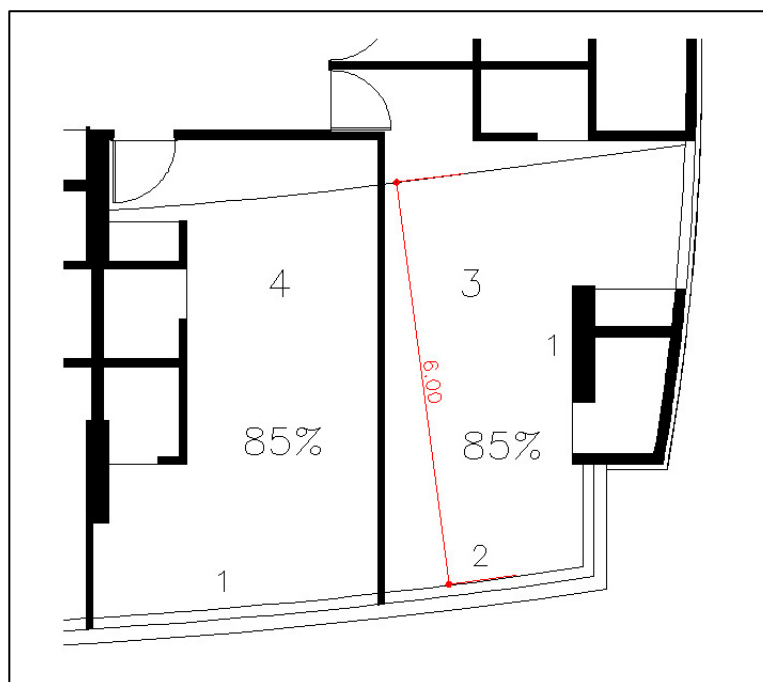
**Tabela 5-10**  
 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 5, sala 3  
 Fonte: Autora da Pesquisa

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1	10,30 m <sup>2</sup>	8,37 m <sup>2</sup>	81%

**Tabela 5-11**  
 Áreas de janelas e paredes que as contem – Caso 5, sala 4  
 Fonte: Autora da Pesquisa

<i>paredes</i>	<i>área de parede</i>	<i>área de janelas</i>	<i>porcentagem de janelas</i>
1	15,37 m <sup>2</sup>	4,70 m <sup>2</sup>	31%
2	7,22 m <sup>2</sup>	5,86 m <sup>2</sup>	81%

**Figura 5-44**  
 Planta das salas com demonstração do alcance da luz natural – Caso 5  
 Fonte: Autora da Pesquisa



**12** BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 1)

Atende: como nestes escritórios a maior profundidade é de 6,92, a porcentagem de janelas exigida é de 20%. Segundo a tabela apresentada no item anterior, as porcentagens de janelas nas paredes que as contem são maiores que 20%.

### 13 BREEAM Offices Pre Assessment Estimator REINO UNIDO

HW01- 80% da area adequadamente iluminada pela luz do dia

HW02 – estações de trabalho, no máximo, a 7m de uma janela

Não atende: segundo resultados das simulações em computador (ver Apêndice E), as salas não possuem 80% de suas áreas iluminadas adequadamente pela luz natural.

Atende: As dimensões dos ambientes indicam que todas as estações de trabalho estarão localizadas a menos do que 7m de uma janela.

### 14 DIN 5043-1 ALEMANHA

Dimensões da sala	Área (A) em m <sup>2</sup>	Área envidraçada (F) em m <sup>2</sup>
Largura (a) em m		
até 5		$\geq 1,25$
acima de 5		$\geq 1,5$
	até 600	$\sum F \geq 0,1 \cdot A$
	entre 600 e 2000	$\sum F \geq 60 \text{ m}^2 + 0,01 \cdot A$

Escritório 3 - Atende: área envidraçada maior que 1,5m<sup>2</sup>.

Escritório 4 - Atende: área envidraçada maior que 1,25m<sup>2</sup>.

- a) A verga da janela deve estar no mínimo a 1,30m.

Atende: a verga mais baixa está a 1,63m do piso.

- b) O peitoril da janela deve estar no máximo a 0,9m acima do piso, enquanto a linha inferior da área envidraçada não deve estar a mais de 0,95m acima do piso.

Atende: o peitoril mais alto está a 0,84m do piso.

- c) A largura da área envidraçada (ou a soma das larguras das janelas) deve ser no mínimo 55% da largura da sala

Escritório 3 - Atende: área envidraçada a totalidade da largura da sala.

Escritório 4 - Atende: área envidraçada a totalidade da largura da sala.

#### 5.6.3.3 GRUPO C – INDICADORES SOBRE PROTETORES SOLARES

### 15 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

- Bandejas de luz, onde possível, para proteção da radiação direta e aumento da penetração da luz.
- Dispositivos de sombreamento diferentes nas aberturas para iluminação e para vista do exterior.



-Protetores solares na arquitetura da fachada sul (norte, para o nosso hemisfério).

Não atende: o projeto não previu nenhum protetor solar para as fachadas.

## 16 LEED System for Core and Shell EUA (p 76)

Utilizar dispositivos de controle da radiação direta e do ofuscamento.

Não atende: o projeto arquitetônico não previu proteções solares.

## 17 Code du Travail FRANÇA

Artigo R 232-7-4: uso de protetores solares.

Não atende: conforme apresentado em 5.6.2, as aberturas para iluminação não possuem protetores, permitindo a radiação solar direta, no interior da sala.

Artigo R 235-2-1: vista direta para o exterior.

Atende: de qualquer ponto da sala há vista para o exterior.

### 5.6.3.4 GRUPO D – INDICADORES SOBRE FATOR DE LUZ DO DIA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

## 18 LEED System for Core and Shell EUA (EQ Credit 8.1)

Opção 1: Atender ao glazing factor mínimo de 2%, em pelo menos 75% das áreas ocupadas. O glazing factor é calculado segundo a fórmula em 3.2.3.1 e os índices da Tabela 3-12.

Consideradas janelas para a visão do exterior, entre 76 e 229 cm e janelas para iluminação natural, acima de 229 cm.

Escritório 3: Atende: o *glazing factor* é de 4,7%, considerando-se:

Área de janela para visão: 8,57 m<sup>2</sup>; área de piso: 24,00m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,62; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.

Área de janela para iluminação natural: 0,58 m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,62; transmitância mínima: 0,7 e *window height factor*: 1,4.

Escritório 4: Atende: o *glazing factor* é de 3,7%, considerando-se:

Área de janela para visão: 6,47 m<sup>2</sup>; área de piso: 23,60m<sup>2</sup>; *window geometry factor*: 0,1; transmitância dos vidros: 0,62; transmitância mínima: 0,4 e *window height factor*: 0,8.



## 20 Canada Labour Code Part VI - CANADÁ

1.	VDT WORK	
	(a) Task positions at which data entry and retrieval work are performed intermittently	500
	(b) Task positions at which data entry work is performed exclusively	750
	(c) Air traffic controller areas	100
	(d) Telephone operator areas	300

Não atende: o projeto em estudo, considerada apenas a iluminação natural, não atende em toda a sala aos níveis mínimos de iluminância requeridos pelo Canada Labour Code.

## 21 LEED Green Building Rating System & Addendum For New Construction & Major Renovations CANADÁ

Pag.88 - No mínimo 75% das áreas ocupadas, com 2% como Fator de Luz Diurna (excluindo-se radiação solar direta), ou com simulação por computador demonstrar a iluminância horizontal de 250 lx; ambiente com redirecionadores da luz natural e/ou dispositivos de controle do ofuscamento.

Não atende: os escritórios estudados não apresentam fator de luz diurna de 2% em 75% de suas áreas (ver Apêndice E) e o projeto não excluiu a radiação direta.

## 22 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO (tabela 10)

Tabela 10

500 lx como iluminância padrão de serviço, para escritórios em geral.

Não atende: a considerar somente luz natural, não é atingido o nível de iluminação requerido pela norma.

## 23 DIN 5043-1 ALEMANHA

Fator de Luz Diurna médio de no mínimo 0,9% e um Fator no ponto mais desfavorável de no mínimo 0,75%, em relação ao plano de referência horizontal, 0,85m acima do piso, no ponto médio da profundidade da sala e a uma distância de 1m das paredes laterais.

Em salas que possuem janelas em paredes vizinhas, o Fator de Luz Diurna do ponto de referência mais desfavorável deve ser no mínimo 1%.

Não atende: os escritórios estudados não apresentam Fator de Luz Diurna de 0,9 na linha da profundidade média das salas (ver Apêndice E).

Iluminância no ponto mais desfavorável da estação de trabalho no mínimo 0,6 vezes que os valores especificados na DIN 5035-2.





## 26 IESNA Lighting Handbook Reference & Application

Relações recomendadas entre os valores de luminâncias de áreas do escritório

Between paper task and adjacent VDT screen:	3:1 or 1:3
Between task and adjacent dark surroundings:	3:1 or 1:3
Between task and remote (nonadjacent) surfaces	10:1 or 1:10

Atende: Esta recomendação do Lighting Handbook, refere-se a um escritório com equipamentos e mobiliário instalados. No entanto, mesmo na fase de projeto, é possível avaliar o potencial que o espaço apresenta para atender a este item.

Pelos resultados obtidos com o Radiance (ver Apêndice E), observa-se que a relação entre luminâncias entre a área da tarefa e superfícies não adjacentes é menor do que 1:10.

## 27 Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls - EUA

Uso de refletâncias altas nas superfícies dos tetos (80%) e paredes (50%) para equilibrar os contrastes com a luz natural.

Uso de vidros com transmissão luminosa média (40) nas janelas para visão do exterior.

O projeto em estudo apresenta potencial para atendimento das recomendações sobre refletâncias, que se referem a instalações e acabamentos a serem executados após a entrega do imóvel ao proprietário, mas não fez discriminação das áreas envidraçadas.

## 28 BSi 8206: Part 2 Lighting for buildings REINO UNIDO

Uniformidade - iluminância mínima acima de 0,80 da iluminância média no plano de trabalho.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice E), observa-se que a maior parte das salas não atende esta exigência.

Ofuscamento - uso de dispositivos de sombreamento nos horários em que o sol esteja num ângulo inferior a 45° em relação à direção da visão.

Não atende: não há previsão para dispositivos de sombreamento.

29 ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Task illuminance	Illuminance of immediate surroundings
lx	lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Same task illuminance

Uniformidade da iluminância de tarefa maior que 0,7.

Uniformidade da iluminância do entorno imediato maior que 0,5.

Não atende: considerando-se apenas a luz natural e pelos resultados obtidos no Radiance (ver Apêndice E), observa-se que a maior parte das salas não atende a estas exigências de uniformidade.

## 5.6.4 CONCLUSÕES DO CASO 5

Como Caso 5, foram apresentados dois pequenos escritórios que resultaram da divisão do pavimento tipo do prédio em dez unidades autônomas.

O desempenho desta sala em relação aos indicadores reunidos no capítulo 4 e apresentado em 5.6.3, pode ser resumido nos seguintes tópicos:

### 5.6.4.1 Implantação e Partido Geral

A implantação do prédio seguiu a forma do terreno e de modo a utilizar o máximo do Coeficiente de Aproveitamento determinado pela PMSP; a divisão do andar tipo em 10 unidades autônomas, resultou em aberturas iluminantes nas quatro fachadas.

### 5.6.4.2 Geometria da Sala e Janelas

Sala com muita profundidade em relação à altura da verga da janela. Há visão do exterior de qualquer ponto da sala.

### 5.6.4.3 Protetores Solares

Não foram previstos, na arquitetura, protetores solares que impedissem a radiação direta.

### 5.6.4.4 Fator de Luz Diurna, Iluminâncias e Luminâncias

O projeto não atende aos requisitos das certificações LEED e das normas BSi e DIN quanto ao Fator de Luz Diurna e valores de Luminâncias. No entanto, atende à LEED CS, quesito 8.1 que exige um *glazing factor* acima de 2%.

O cálculo do *glazing factor*, colocado como opção, ao lado da simulação por *software*, para atender ao quesito da LEED CS, leva em conta fatores importantes como a área das janelas em relação à área de piso, a altura e posição das janelas e o índice de transmitância dos vidros. Porém não leva em conta a geometria da sala, fator considerado nos programas de simulação por computador.

A tabela de iluminâncias, calculadas a partir do FLD (*average value*) obtido pelo Radiance e dos Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto indicam níveis altos de iluminâncias, principalmente no período matutino.



Porém a baixa uniformidade da iluminação no ambiente (0,22) torna estes resultados não representativos do desempenho deste projeto.

**Tabela 5-12**

Valores de Iluminâncias (lx) – Caso 5 Condição de Céu Parcialmente Encoberto FLD = 1,66  
Fonte: Autora da Pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	530	625	285
9	695	710	490
10	700	720	550
11	580	610	545
12	400	495	470
13	285	375	355
14	245	250	235
15	200	180	255
16	155	125	105
17	100	70	45
18	45	0	0

#### 5.6.4.5 Uniformidade e ofuscamento

Em ambientes onde não está excluída a radiação direta não é possível, considerando-se somente a iluminação natural e apenas pela observação dos resultados de simulação, a avaliação de uniformidade no plano de trabalho e áreas adjacentes. Isto, porque, ao serem instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

#### 5.6.4.6 Considerações gerais sobre o Caso 5

Observando o quadro com o resumo de desempenho do Caso 4, nota-se uma maior incidência de conformidade aos indicadores referentes à geometria de salas e janelas.

Isto porque os indicadores que foram atendidos pertencem ao grupo de regulamentos que as edificações devem, obrigatoriamente, atender.

A uniformidade de iluminação deste caso é de 0,22, considerando-se como a iluminação mínima, o menor valor dentro da área da sala passível de ser ocupada com estação de trabalho. Uniformidades assim baixas apontam para uma situação de altos contrastes (comprovada pelos resultados do Radiance) e probabilidade de ofuscamento.

A importante questão dos protetores solares externos que evitariam a radiação direta, tão indesejável em escritórios, não é atendida, o que, de certa forma, invalida os índices de iluminação obtidos e demonstrados pela tabela 5-12.

Estes níveis serão diminuídos quando da necessária adoção de sistemas de sombreamento que, neste caso, provavelmente, significará a utilização de persianas internas. De fato, uma vez instalados estes dispositivos, a luz natural será pouco aproveitada.

INDICADORES		
	atendimento	comentário
implantação		
1 e 2		implantado em área sem edificações que pudessem se constituir em obstruções
3	—	a sala estudada possui janelas nas fachadas nordeste e sudeste
	✓	não existem obstruções externas à luz natural
geometria de salas e janelas		
4	✓	existem aberturas comunicando diretamente com o exterior
	✓	profundidade de 2,84 vezes o pé direito
	✓	área iluminante maior do que 1/8 da área de piso
5	✓	área iluminante maior do que 15% da área de piso
	✓	profundidade da sala menor do que 3 vezes o pé direito
6	—	área de janelas maior do que 40% da área da fachada noroeste
7	—	profundidade igual a 2,84 vezes a altura da verga da janela
8	—	pé direito baixo: 2,44m
	—e✓	escritório 3 não atende e escritório 4, atende
9	✓	as aberturas atendem a condição apontada pela primeira figura
10	✓	100% da sala com vista externa; razão entre área envidraçada e de piso maior que 0,07
11	✓	85% da sala pode ser considerada iluminada pela luz do dia, segundo este critério
12	✓	profundidade < 8m em relação à janela que ocupa mais do que 20% da fachada
13	—e✓	a luz natural não ilumina 80% da sala; estações de trabalho a menos de 7m da janela
14	✓	áreas envidraçadas maiores do que 1,25m <sup>2</sup> e 1,5m <sup>2</sup>
	✓	verga da janela mais alta do que 1,30m
	✓	peitoril abaixo de 90cm
	✓	soma das larguras das janelas representam mais de 55% da largura da sala
protetores solares		
15	—	não há protetores solares nas fachadas
16	—	não há protetores solares nas fachadas
17	—	não há protetores solares nas fachadas
	✓	de qualquer ponto da sala há vista para o exterior
fator de luz diurna e iluminâncias		
18	✓	<i>glazing factors</i> de 4,7% na sala 3 e 3,7% na sala 4
	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
19	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
20	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
21	—	iluminâncias acima de 250 lx, correspondem a menos do que 75% da sala
22	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
23	—	FLD menor que 0,9% na linha média da profundidade da sala
	—	a maior parte da sala apresenta iluminâncias menores do que 300 lx
24	—	a 3m de distância das paredes que contem janelas, o FLD é inferior a 1%
uniformidade e ofuscamento		
25	✓	não há ponto da sala com iluminância menor do que 30 lx
	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
26	✓	relação de luminâncias entre áreas não adjacentes menor do que 10:1
27	—	potencial para atender refletâncias internas, mas sem discriminação de áreas envidraçadas
28	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido
	—	não há dispositivo de sombreamento
29	—	considerando-se somente a luz natural, não é atingido o nível exigido

**Quadro 5-5** Resumo de desempenho em relação aos indicadores – Caso 5  
 Fonte: Autora da Pesquisa

Legenda:    ✓ Atende  
               — Não atende

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no quadro, consta do item 5.6.3.



## 6.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Ao se estabelecer os objetivos, no início desta pesquisa, tinha-se em mente a reunião de leis, normas e certificações em vigência em países onde, já há algumas décadas, existe a preocupação com o uso da luz natural e a conservação da energia. Pretendia-se com o conhecimento e análise desta experiência estrangeira, apresentar diretrizes a uma regulamentação energética para o nosso país no que se refere à iluminação natural. E, com os Estudos de Caso, pretendia-se apresentar exemplos que ilustrassem a questão do uso da iluminação natural em edifícios de escritórios.

Ocorreu que, com a análise das leis, normas e certificações coletadas; com a escolha de indicadores que atuassem como ferramentas na avaliação de desempenho dos projetos e com a aplicação dos indicadores nestes projetos, não só foram avaliados e analisados projetos típicos de escritórios, como também, surgiram conclusões sobre os próprios indicadores utilizados.

Os Estudos de Caso, assim, serviram para avaliar a pertinência dos indicadores para o caso brasileiro. Surgiram, deste modo, dois tipos de conclusão:

- Conclusões relativas ao desempenho de projetos típicos para edifícios de escritórios na cidade de São Paulo quanto à admissão de luz natural;
- Conclusões quanto à propriedade dos indicadores coletados em garantir, por sua observância, o bom aproveitamento da luz natural em edifícios de escritórios.

## 6.2 CONCLUSÕES SOBRE OS ESTUDOS DE CASO

Os resultados das avaliações dos Estudos de Caso, apresentados em cinco quadros resumo no capítulo 5, foram reunidos na Figura 6-1, para ilustrar uma análise comparativa entre os projetos estudados que permitisse a elaboração de conclusões agrupadas.

Os indicadores mais atendidos pelos cinco projetos foram os que se referem à geometria de salas e janelas. Estes indicadores são os que constam, de alguma forma, do Código de Obras do Município de São Paulo, e são de observância obrigatória.

Quanto aos demais itens, pode-se afirmar, tratam-se de parâmetros que não foram considerados nos projetos e a observância se dos mesmos se deu em maior proporção no Caso 1, por ser esta uma sala de pequenas dimensões e pouca profundidade.

A seguir, as conclusões por grupos de indicadores:

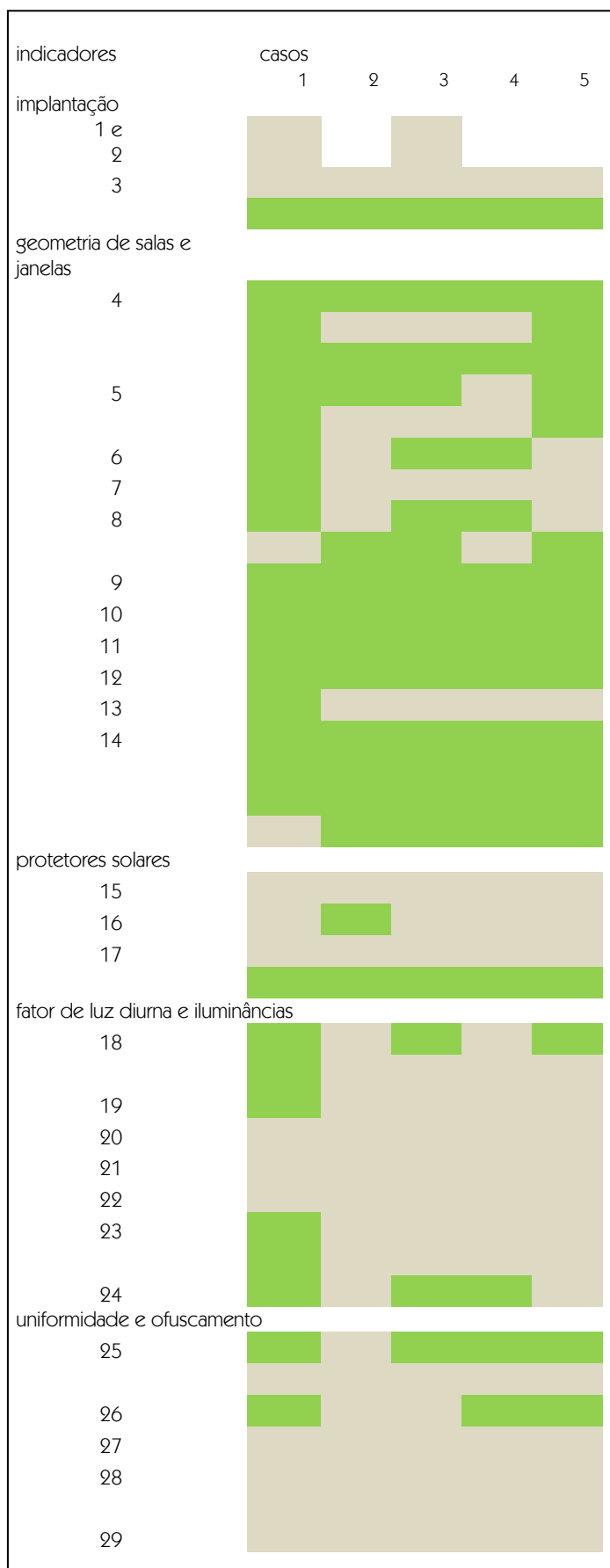
### 6.2.1 IMPLANTAÇÃO

O alto custo dos terrenos em São Paulo impõe a necessidade do aproveitamento máximo dos mesmos. Isto restringe, de certa forma, a implantação dos edifícios.

Em todos os casos, a exceção do Caso 2, vê-se a forma, em planta, do pavimento tipo ser definida pelos contornos do terreno.

Da mesma forma, a orientação das fachadas com aberturas segue determinações do tipo: frente do terreno; melhor vista; ou simplesmente são colocadas aberturas iluminantes em todas as paredes externas dos andares porque o número de salas ou a posição das mesmas no pavimento assim o requer. O que não se percebeu nestes projetos, foi a escolha (ainda que utilizando-se do máximo aproveitamento que a legislação permite) da melhor orientação para o aproveitamento da luz natural.

Mesmo no Caso 2, com o prédio implantado num terreno de grandes dimensões, o que permitiria a liberdade de escolha da orientação das fachadas com janelas, percebe-se, que decidiu esta orientação foi o desenho do objeto arquitetônico, desvinculado da questão da iluminação natural.



O quadro ao lado resume o desempenho dos Estudos de Caso em relação aos indicadores coletados.

A descrição dos indicadores, que aparecem numerados no

**Figura 6-1**  
Resumo: Estudos de caso x Indicadores  
Fonte: Autora da pesquisa

Legenda:

Item não atendido   
Item atendido 

## 6.2.2 GEOMETRIA DE SALAS E JANELAS

As salas estudadas oferecem visão do exterior, de qualquer ponto. Com o *layout* do mobiliário e instalação de divisórias, esta situação poderá mudar, porém, a avaliação feita nesta etapa reconhece que a geometria das salas, a forma e a distribuição das janelas promovem esta visão.

A relação entre área envidraçada e área de piso também se apresenta conforme os regulamentos, em todos os casos.

Quanto à relação da profundidade com altura da verga da janela, os projetos atendem à lei local, mas somente um (Caso 1) está conforme a recomendação pela IESNA. O maior pé-direito entre estes cinco casos, mede 2,90m; a profundidade máxima seria  $= 1,5 \times 2,90 = 5,80\text{m}$ . Dependendo da forma do terreno e das dimensões do pavimento tipo, esta profundidade máxima, desejável do ponto de vista da iluminação natural, é ultrapassada.

De um modo geral os projetos atendem aos regulamentos que se referem à geometria das salas e janelas e à relação entre área envidraçada e área de piso. Certamente não por acaso, estes indicadores constam da legislação que os projetos devem obedecer.

## 6.2.3 PROTETORES SOLARES

Nenhum dos projetos adotou protetores solares externos e em todos os casos há radiação direta no ambiente.

Dos indicadores utilizados, os que se referem à proteção contra a radiação direta, são os mais importantes para edifícios de escritórios. Simulações para a avaliação da admissão da luz natural só serão úteis, se feitas para ambientes que contam com protetores solares.

Casos como os aqui avaliados, com bom potencial para o uso da luz do dia podem vir a desconsiderá-la completamente ao permitir o acesso da radiação direta, pois a maneira mais comum de resolver este problema será com a instalação de persianas internas. Com o uso destes dispositivos, a iluminação natural ficará prejudicada. A tendência é que o usuário não as movimente conforme a necessidade. As persianas ficarão sempre cerradas exigindo o acionamento da luz artificial.

A estratégia adotada no Caso 2, foi a utilização de vidros com baixa transmissão luminosa. O uso dos vidros laminados, bronze, refletivos, como proteção solar, limita muito a admissão da luz natural como se pode comprovar pelos resultados das simulações (ver Apêndice C).

#### 6.2.4 FATOR DE LUZ DIURNA, ILUMINÂNCIAS E LUMINÂNCIAS

Dos cinco casos apresentados apenas o Caso 1 atende às exigências das certificações LEED, no que diz respeito à área mínima com fator de luz diurna 2%. Porém, não atende à LEED For New Construction & Major Renovations, do Canadá. Este sistema de certificação traz na pag.88, basicamente o mesmo requisito, mas faz a ressalva: “excluída a radiação direta”.

De fato, O Fator de Luz Diurna e os níveis de iluminância só deveriam ser medidos, em escritórios, uma vez excluída a radiação direta. As soluções, que deverão inevitavelmente ser adotadas quando da ocupação do espaço, para evitá-la, podem diminuir drasticamente a iluminação natural.

Da mesma forma, os valores de luminância serão alterados, com a ocupação e a proteção solar, ainda que, iluminâncias e luminâncias, podem alcançar maior uniformidade, com o uso de sistemas de sombreamento.

#### 6.2.5 UNIFORMIDADE E OFUSCAMENTO

A avaliação de uniformidade no plano de trabalho e áreas adjacentes, considerando-se apenas a iluminação natural, em ambientes onde não está excluída a radiação direta, fica bastante prejudicada e não representativa da situação quando da ocupação do ambiente. Isto, porque, ao serem instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

Como em nenhum dos casos estudados há o uso de protetores externos, temos que considerar que as avaliações neste sentido não são conclusivas e podem não representar o potencial que estes espaços possuem para resolver os problemas, tão comuns, de uniformidade e ofuscamento.



## 6.2.6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Da análise dos resultados dos Estudos de Caso, fica bem estabelecida uma situação que, a parte as características próprias de cada projeto, é comum a todos e decisiva na questão da admissão da luz natural:

As soluções de implantação e as soluções formais e construtivas que são adotadas, atualmente, nos prédios de escritórios, não surgem da necessidade de aproveitar a luz natural; no máximo, em alguns casos nota-se a preocupação de minimizar o problema resultante de questões que o projeto, na sua concepção inicial, não contemplou.

Os dois maiores problemas constatados foram: a falta de protetores solares que evitassem a radiação direta e a profundidade das salas em relação à altura da verga da janela.

A questão dos protetores solares pode ser resolvida na fase de projeto; para isto, só é necessária, a intenção de aproveitar ao máximo a luz do dia, reduzindo, ao mesmo tempo, os grandes ganhos térmicos provenientes de áreas envidraçadas, não protegidas da radiação direta.

Já a profundidade das salas relaciona-se com a volumetria do edifício que é função direta, nas grandes cidades, da legislação de Uso e Ocupação do Solo. A necessidade de aproveitar os terrenos ao máximo permitido pela lei, mantendo livres apenas os recuos obrigatórios, determina, na maioria dos casos, as dimensões da planta.

Da mesma forma, o pé direito dos andares, também é determinado segundo o critério do aproveitamento máximo uma vez que os recuos obrigatórios são dimensionados de acordo com a altura do prédio<sup>33</sup>. Assim, uma menor distância de piso a piso, para um mesmo número de andares, resulta em recuos menores e, conseqüentemente, numa planta do andar tipo de maiores dimensões. Projetar segundo estes critérios leva numa relação entre altura da verga da janela e profundidade do ambiente muito maior do que o recomendado, e este é um dos pontos mais importantes na admissão de luz natural no ambiente interno.

---

<sup>33</sup> PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). *Lei nº 11.228* de 25/06/1992, capítulo 10.

## 6.3 CONCLUSÕES SOBRE OS INDICADORES USADOS NOS ESTUDOS DE CASO

Ao aplicar os as leis, normas e certificações de qualidade selecionadas, nos cinco estudos de caso, não só foram avaliados os projetos em relação a estes indicadores como também ocorreu uma avaliação dos próprios indicadores.

A avaliação dos indicadores utilizados surge por comparação entre eles e pelas conclusões de cada caso, pois sua eventual observância por parte dos projetos, não garante o bom desempenho no que diz respeito à admissão de luz natural.

### 6.3.1 CÓDIGO DE OBRAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

O Código de Edificações é a única lei que os prédios comerciais em São Paulo devem atender, obrigatoriamente, no que se refere à admissão de luz natural.

Este código faz uma exigência de área necessária para iluminação nos ambientes de trabalho maior do que a do Decreto Estadual: o decreto pede 12,5% de área iluminante em relação à área do piso e o Código, 15%.

Por certo, este é um regulamento que não tem por principal objetivo promover o uso da luz natural; se assim fosse não apresentaria equívocos tais como:

- O item 11.2.4, permite que as aberturas para o exterior sejam reduzidas à metade do mínimo exigido desde que complementadas por iluminação artificial e ventilação forçada.
- Segundo o item 11.2.5, os compartimentos para escritórios podem apresentar profundidade, a partir da parede que contem a janela, de até 3 vezes o seu pé direito. Para se estabelecer uma comparação, a IESNA na publicação RP5-99, recomenda a profundidade máxima de 1,5 vezes a altura entre a verga da janela e o piso.
- Conforme o item 11.2.5.1, no caso das aberturas serem iguais ou maiores que o dobro necessário (item 11.2.2), a profundidade do compartimento pode ser de cinco vezes o pé-direito. Temos aí, um duplo equívoco:

1- a profundidade de 3 vezes o pé-direito já não permite que a luz natural alcance de modo significativo o fundo do compartimento;

2 - o fato de aumentar as dimensões da abertura por si só, não aumenta este alcance, que depende, fundamentalmente, da altura da verga da janela (e não do pé-direito) até o piso.

### 6.3.2 CERTIFICAÇÕES LEED – EUA CANADÁ

- Os requisitos dos sistemas de certificação da LEED sobre luz natural são bem mais específicos e abrangentes do que os das leis em vigor nestes países.

Isto se deve:

a) O fato de não serem obrigatórios, mas sim, voluntários, permite às certificações imporem mais restrições. Já as leis, por sua natureza, impedem que uma edificação venha a ser executada contrariando o que nela está estabelecido.

b) Há um grande estímulo para atender aos requisitos das certificações: obter um selo de qualidade significa muito no sucesso financeiro de um empreendimento. Nos EUA este estímulo é maior: prédios certificados podem obter incentivos fiscais.

- Dois dos casos estudados, não atendem à área mínima com iluminância de 250 lx, porém atendem ao *glazing factor* de 2%, que são duas das opções que o Credito 8.1 da LEED CS apresenta para seu atendimento.

As salas em questão, possuem grandes áreas de janelas e grande profundidade e o cálculo do *glazing factor* leva em conta fatores importantes como a área das janelas em relação à área de piso, a altura e posição das janelas e o índice de transmitância dos vidros; porém não leva em conta a geometria da sala, fator considerado nos programas de simulação por computador.

- A certificação LEED do Canadá, baseada na dos EUA, acrescentou uma ressalva nos itens que exigem visão para o exterior e FLD mínimo em determinada porcentagem de área de piso: “excluída a radiação direta”.

De fato, em se tratando de avaliação de projeto, não é suficiente provar que o espaço em questão será provido de luz natural com simulações que apontem FLD maior que 2% em 75 ou 90% da área, se não houver um sistema de proteção que exclua a radiação direta.

### 6.3.3 APPROVED DOCUMENT L2A E BSI 8206: PART 2

Estes dois regulamentos apresentam indicadores que relacionam a profundidade da sala com a área envidraçada. Limitar a profundidade das salas é útil para garantir a penetração da luz em todo o ambiente, mas a relação com a área envidraçada, neste caso, não é a mais eficiente.

Com efeito, ainda que uma maior área envidraçada signifique maior admissão de luz do dia, segundo as recomendações da IENSA, o alcance desta luz numa sala varia conforme a altura da verga da janela e não conforme a área da janela.

### 6.3.4 CODE DU TRAVAIL

O Código do Trabalho, da França determina que as áreas de trabalho estejam protegidas da radiação direta e que possuam, à altura dos olhos, aberturas transparentes, permitindo a vista do exterior.

Esta lei refere-se a um dos maiores, senão o maior, problema da iluminação natural em ambientes de trabalho e dentre os regulamentos pesquisados, é o único de cumprimento obrigatório (lei) que trata desta questão.

### 6.3.5 DIN 5034-1

No que se refere a escritórios, a norma DIN apresenta indicadores para que a luz do dia no ambiente seja considerada satisfatória do ponto de vista psicológico. Apresenta, também um indicador que discrimina a luz natural da artificial, segundo suas características: considera que, em se tratando de luz natural, os índices de iluminância podem ser reduzidos a 60% daqueles recomendados pela DIN 5035-2.

Assim, para ambientes de escritórios onde, segundo a maioria dos regulamentos é necessária a iluminância de 500 lx, em se tratando da luz do dia, 300 lx seriam suficientes.

Dos documentos estudados este é o único que considera e quantifica a diferença da luz natural para a luz artificial.

### 6.3.6 NBR 5413; CANADA LABOUR CODE, BSI 8206: PART 2; IESNA E ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001

Estes documentos apresentam tabelas com níveis de iluminação e com relação entre luminâncias e iluminâncias para ambientes de trabalho. Tratam-se de indicadores bastante importantes, porém, mais adequados à avaliação da iluminação em ambientes ocupados ou com iluminação artificial. Para uma avaliação de projeto, seria necessário que o mesmo estivesse completo, com *layout* do mobiliário, divisórias e solução para iluminação artificial. E impor uma rigidez, muitas vezes indesejável para um escritório: uma vez aprovado pela lei ou com selo de qualidade do sistema de certificação, nada poderia ser mudado neste espaço.

Para aprovações ou certificações de escritórios ainda na fase de projeto, seria mais adequado a adoção de indicadores mais genéricos, que avaliassem o potencial que o espaço tem de, mesmo depois de ocupado, usar convenientemente a luz natural. Dentro deste princípio, os indicadores das LEED para iluminância, são bastante adequados.

Neste sentido, de reunir indicadores de diferentes recomendações e normas para avaliações, temos a tabela que Dubois, apresenta num artigo para a revista *Lighting Research Technology*.

A autora, no entanto, faz uma ressalva ao uso da tabela:

"Deve-se notar que a maioria dos valores recomendados nas normas e na literatura são para sistemas artificiais de iluminação. Uma vez que há indicação que as pessoas apresentam uma tolerância mais alta para o ofuscamento causado pela luz do dia do que pelo causado pela luz artificial, e que as iluminâncias requeridas podem ser mais baixas com a luz natural do que com a luz artificial, é possível que os valores usados neste estudo, não sejam completamente adequados para situações com a luz do dia." <sup>34</sup>

Mesmo considerando-se esta ressalva, a tabela de Dubois, é bastante interessante, por abranger todos os indicadores de luminância e iluminância, de uma forma sintética e clara.

---

<sup>34</sup> DUBOIS, Marie-Claude. Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. *Lighting Research Technology*, 35/1, p. 62, 2003. Tradução livre do inglês.

Tabela 1 Indicadores de desempenho considerados e sua interpretação

<b>1 Iluminância no plano de trabalho</b>		
<100 lx	Muito escuro para trabalho no papel ou no computador	
100-300 lx	Muito escuro para trabalho no papel aceitável para trabalho no computador	
300-500 lx	Aceitável para trabalho no papel ideal para trabalho no computador	
>500 lx	Ideal para trabalho no papel muito brilho para trabalho no computador	
<b>2 Uniformidade de iluminâncias no plano de trabalho</b>		
$E_{min}/E_{max}$	>0,5	Aceitável
$E_{min}/E_{max}$	>0,7	Preferível
<b>3 Luminância das superfícies na sala</b>		
>2000 cd/m <sup>2</sup>	Muito brilho, em qualquer lugar no campo visual	
>1000 cd/m <sup>2</sup>	Muito brilho, no campo visual	
<500 cd/m <sup>2</sup>	Preferível	
<30 cd/m <sup>2</sup>	Inaceitavelmente escuro	
<b>4 Relações de Luminâncias</b>		
$L_{papel}/L_{entorno}$	<0,33 ou >3	Inaceitável dentro 60° cone de visão
$L_{papel}/L_{entorno}$	<0,1 ou >10	Inaceitável dentro 120° cone de visão
$L_{papel}/L_{entorno}$	<0,05 ou >20	Inaceitável em todo campo de visão
$L_{VDT}/L_{entorno}$	<0,33 ou >3	Inaceitável dentro 60° cone de visão
$L_{VDT}/L_{entorno}$	<0,1 ou >10	Inaceitável dentro 120° cone de visão
$L_{VDT}/L_{entorno}$	<0,05 ou >20	Inaceitável em todo campo de visão
$L_{VDTpapel}$	<0,33 ou >3	Inaceitável

**Quadro 6-1** Indicadores de desempenho considerados e sua interpretação  
Fonte: Dubois, 2003



## 7.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

A partir das conclusões dos Estudos de Caso e das conclusões sobre as leis, normas e certificações utilizadas na avaliação dos projetos, apresentadas no capítulo 6, chega-se às diretrizes para regulamentos sobre a admissão de luz natural nos edifícios de escritórios.

A Figura 7-1 faz uma relação destas diretrizes, agrupadas segundo os assuntos: geometria das salas e janelas; protetores solares; distribuição de luz natural; interação entre iluminação natural e artificial. Nas páginas seguintes, estas diretrizes aparecem mais detalhadas.

Os quadros com contorno em vermelho apresentam as diretrizes mais apropriadas para fazerem parte de leis; os demais trazem diretrizes para certificações.

Por não serem de atendimento obrigatório, mas sim, voluntário, às certificações, podem ser mais restritivas sem que isto venha a cercear a liberdade do projetista.

Quando se trata de leis, isto não acontece: as leis, por sua natureza, impedem que uma edificação venha a ser executada contrariando o que nela está estabelecido.

Foram elaboradas a partir da análise das leis, normas e certificações que se referem à interface entre iluminação natural e iluminação artificial, as diretrizes sobre este assunto. Estas diretrizes são de fundamental importância, pois em se tratando de escritórios, a melhor relação custo/benefício é alcançada quando a luz natural é complementada por iluminação artificial controlada. Mesmo nos horários diurnos, a luz artificial serve para melhorar a uniformidade da iluminação reduzindo contrastes e para aumentar a iluminância na área da tarefa visual.



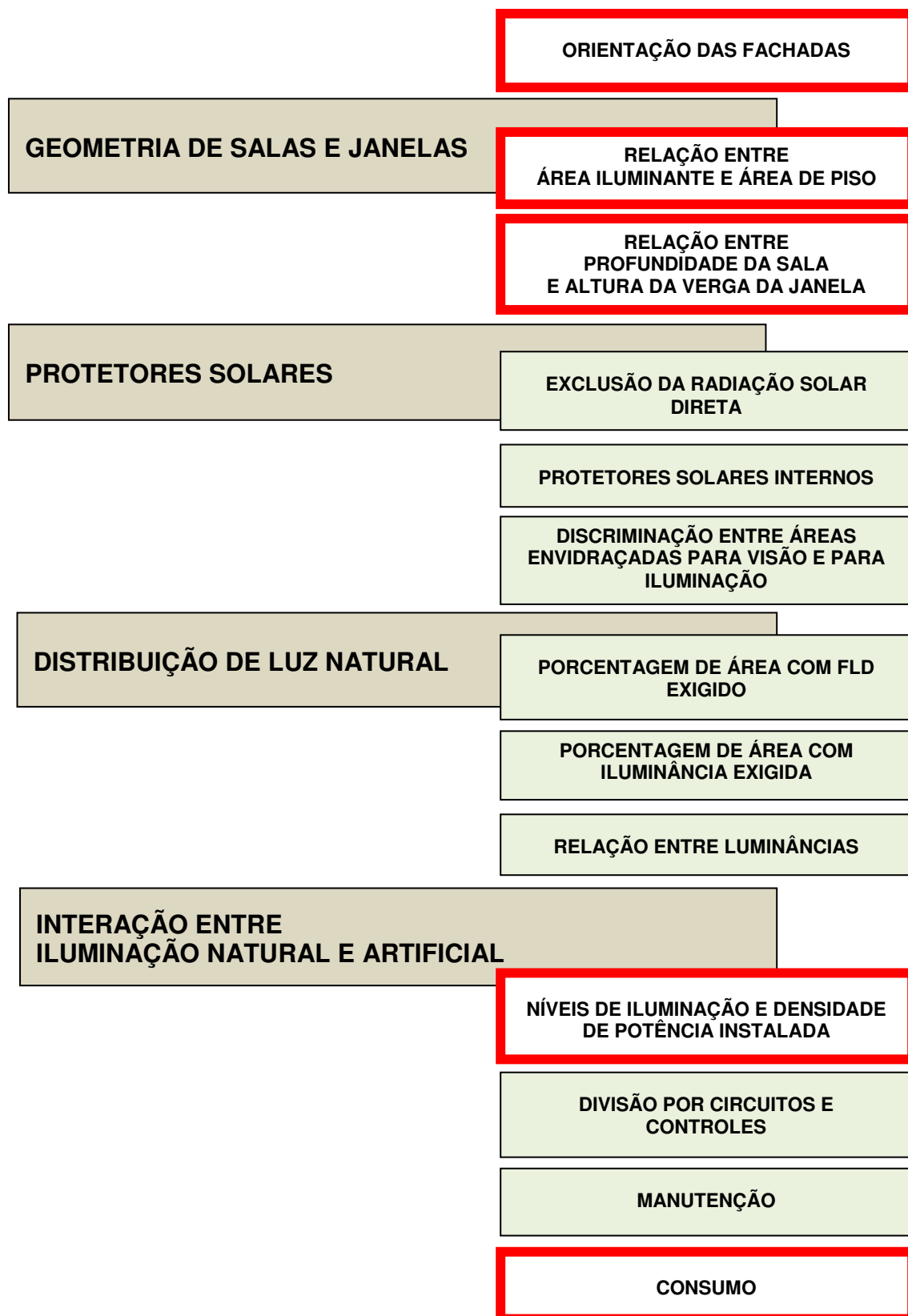


Figura 7-1 Diretrizes para regulamentação  
Fonte: Autora da pesquisa

## 7.2 ILUMINAÇÃO NATURAL

### 1 Orientação das fachadas

Este item pode fazer parte tanto de lei como de certificação.

A lei não permitiria aberturas para iluminação em prédios de escritórios, localizadas nas fachadas com orientações entre noroeste e sudoeste. Como mostrado no capítulo 2 (ver 2.1.4.2), a insolação é mais difícil de controlar na orientação oeste.

A certificação conferiria créditos para projetos de edifícios comerciais com orientação das aberturas de iluminação para norte e/ou sul.

### 2 Relação entre área iluminante e área de piso

Ainda que não seja esta relação a mais significativa para garantir a iluminação natural nos ambientes, a obrigatoriedade de uma proporção entre área iluminante e área de piso garante um mínimo de admissão de luz natural. A proporção mais adequada, um trabalho a este respeito poderá apontar, porém a lei indicaria uma relação mínima, obrigatória, entre área iluminante e área de piso.

### 3 Relação entre profundidade da sala e altura da verga da janela

Quanto a esta relação, o recomendado pela IESNA, é bastante adequado. O sistema de certificação conferiria crédito a espaços com profundidade 1,5 vezes a altura da verga da janela oposta ou 2 vezes a altura da verga da janela no caso de da mesma ser provida de bandeja de luz.

### 4 Exclusão da radiação solar direta

A certificação terá requisito de comprovação da exclusão da radiação solar direta nas áreas das a serem ocupadas pelas estações de trabalho.

### 4 Protetores solares internos

Os protetores solares internos serão acionados automaticamente por sensores de luz do dia.

Sobre este assunto, temos no item 2.8 da IESNA RP-5-99:

## "2.8 O usuário e as Proteções Internas Ajustáveis

Descobriu-se que muitos usuários de escritórios com persianas nas janelas, preferiam fixar a posição das aletas no lugar de ajustá-las conforme as condições ao longo do dia ou a estação. Aparentemente esta preferência visa excluir o sol. Uma conseqüência é o provável insucesso na esperada economia de energia com o uso da luz do dia. É melhor projetar janelas e sistemas de proteção para um bom desempenho independente da intervenção humana. "

## 5 Discriminação entre áreas envidraçadas para visão e para iluminação

Aqui, seria usada a recomendação da Unified Facilities Criteria em Design: Interior and Exterior Lighting and Controls: uso de **vidros com transmissão luminosa média (0.40) nas janelas que oferecem a necessária visão do exterior.**

## 6 Porcentagem de área com FLD exigido

Neste item, os requisitos das certificações LEED seriam usados como referência: **1) 75% e/ou 2) 90% da área de piso com FLD mínimo.**

Quanto ao FLD mínimo, como já vimos em 2.1.3.2, nos países do hemisfério norte, ambientes com um FLD de 5%, são considerados bem iluminados pela luz natural (ROAF, 1992, p.33). Porém, para o caso brasileiro, devido à maior disponibilidade de luz natural, estes parâmetros devem ser ajustados.

Tomando-se especificamente o caso de São Paulo, e com o uso dos Valores de Iluminâncias para São Paulo – Condição de Céu Parcialmente Encoberto<sup>35</sup>, foram elaboradas tabelas com as iluminâncias em diversos horários para os Equinócios e Solstícios.

De modo a estabelecer uma comparação com os indicadores utilizados no Hemisfério Norte, foram usados Fatores de Luz do Dia de 5% e de 2%( indicada pelo requisito da LEED, tanto para o Canadá como para os EUA). Para cada um destes valores de FLD, considerou-se uma sala com janela voltada para o Norte e outra com abertura iluminante voltada para o Sul.

---

<sup>35</sup> SCARAZATTO, Paulo Sergio. *Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para cidades brasileiras*. Tese de doutoramento pela FAUUSP, São Paulo, 1995.

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	205	314	275
9	285	600	560
10	400	850	815
11	500	1015	995
12	555	1080	1075
13	540	1030	1040
14	470	870	895
15	365	635	670
16	260	350	385
17	175	105	130
18	80	0	0

**Tabela 7-1** Valores de Iluminância (lx)  
Janela na Fachada Norte - FLD 2%  
Fonte: Autora da pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	275	270	110
9	295	300	160
10	320	320	195
11	335	335	210
12	345	340	220
13	340	330	215
14	330	315	200
15	310	290	175
16	295	260	135
17	250	180	70
18	115	0	0

**Tabela 7-2** Valores de Iluminância (lx)  
Janela na Fachada Sul - FLD 2%  
Fonte: Autora da pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	510	785	685
9	710	1505	1400
10	1000	2120	2035
11	1245	2540	2485
12	1390	2705	2685
13	1355	2575	2595
14	1180	2180	2235
15	910	1585	1670
16	650	870	965
17	440	260	320
18	200	0	0

**Tabela 7-3** Valores de Iluminância (lx)  
Janela na Fachada Norte - FLD 5%  
Fonte: Autora da pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	690	675	280
9	740	750	405
10	800	805	485
11	840	835	530
12	865	850	550
13	855	825	540
14	830	790	505
15	780	720	440
16	740	655	335
17	625	445	175
18	290	0	0

**Tabela 7-4** Valores de Iluminância (lx)  
Janela na Fachada Sul - FLD 5%  
Fonte: Autora da pesquisa

Os resultados obtidos apontam níveis de iluminâncias que podem ser considerados excessivos, no caso do FLD de 5% e suficientes, no caso do FLD de 2%, para o nosso país.

Se, no entanto, para o caso brasileiro, calcularmos uma tabela, usando o FLD de 1% para um ambiente iluminado por janela localizada na fachada Norte e, considerando que, em se tratando de luz do dia, o nível de 500 lx, recomendado para escritórios poderia ser reduzido a 300lx, obteríamos ainda, resultados satisfatórios para a maior parte dos horários e dias do ano.

Desta forma, estabelecer um FLD mínimo para ambientes de trabalho, ser um trabalho mais completo e abrangente, se for considerado, não somente a disponibilidade de luz natural em nosso país, como também a orientação das fachadas que contem as janelas.

**Tabela 7-5** Valores de Iluminância (lx)  
 Janela na Fachada Norte - FLD 1%  
 Fonte: Autora da pesquisa

hora	VERÃO	EQUINÓCIO	INVERNO
8	100	155	135
9	140	300	280
10	200	425	405
11	250	510	495
12	280	540	535
13	270	515	520
14	235	435	445
15	180	315	335
16	130	175	195
17	90	50	65
18	40	0	0

## 7 Porcentagem de área com iluminância exigida

Neste item, os requisitos das certificações LEED seriam usados como referência: **1) 75% ou 2) 90% da área de piso com iluminância igual ou maior que 250 lux**, conforme o já exposto no item anterior.

## 8 Luminâncias e relações entre luminâncias

A questão das luminâncias poderia ser regulamentada, usando-se como indicadores, os itens 3 e 4 da tabela de Dubois (ver 6.2.6).

Por um trabalho específico, estes valores poderiam ser corrigidos para luminâncias provenientes da iluminação natural.

### 7.3 INTERAÇÃO ENTRE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

As diretrizes para regulamentação da interação entre luz natural e artificial foram selecionadas entre as recomendações da IESNA-IES RP-5-99; IESNA Lighting Handbook Reference & Application; Unified Facilities Criteria; LEED EUA; Model National Energy Code of Canada; Approved Document L2A; BSi; BREEAM Offices; Regulamentation Termique; DIN 5034-1; ISO/CIE. (ver capítulo 4).

#### 9 Níveis de iluminação

Já fazem parte das Normas Brasileiras, tabelas com os níveis mínimos de iluminação, especificados de acordo com o local e com a tarefa a ser executada<sup>36</sup>. Além destas, poderiam haver indicadores com os níveis mínimos, no caso de parte significativa da iluminação diurna ser proveniente da luz natural.

#### 10 Divisão por circuitos e controles

- As áreas iluminadas artificialmente que estão localizadas a menos de 4m de uma abertura devem ser comandadas separadamente dos outros pontos de iluminação, desde que a potência total instalada em cada uma destas áreas seja superior a 200W.
- Adoção de sistemas de acionamento manual que são desligados por sensores de presença.
- Em grandes espaços abertos, as áreas de trabalho devem ser agrupadas e possuírem controles em separado.
- Quando luminárias com 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes são usadas, as luminárias adjacentes devem ser instaladas em circuitos alternados.
- Quando são usadas luminárias de três lâmpadas, a lâmpada do meio deve ser conectada a um circuito separado das outras duas.
- No caso de luminárias com quatro lâmpadas fluorescentes, as duas do meio devem ser conectadas a um circuito separado das duas de fora.
- Circuitos separados para áreas de trabalho com altas iluminâncias.

---

<sup>36</sup> ABNT. *NBR 5413 Iluminância de Interiores*, abr/1992.

- Controle de iluminação individual ou por grupos de usuários, acessível a, no mínimo, 90% dos ocupantes e que permita ao sistema de iluminação ajustar-se às necessidades individuais ou das tarefas a serem desenvolvidas.
- Todo espaço fechado por paredes ou divisórias de piso-teto deve estar provido de um ou mais controles que sejam capazes de desligar toda a iluminação artificial do espaço.
- A distância, no plano, entre qualquer controle local e qualquer luminária que o mesmo controla, não deve ser maior que 6m ou duas vezes a distância da luminária ao piso, o que for maior.
- Onde a iluminação de tarefa está instalada em outro local que não o teto, a mesma deve ser provida de interruptores localizados na estação de trabalho servida ou em local adjacente a ela.
- Controles de iluminação localizados próximo da entrada principal ou entrada do compartimento ou espaço nos quais a iluminação é controlada pelos mesmos.

## 11 Manutenção

- De acordo com as características de manutenção das lâmpadas e luminárias é estabelecido um fator que não deve estar abaixo de 0,70.

## 12 Consumo

- Instalação de dispositivos que permitam a monitoração do consumo de energia com iluminação em áreas maiores que 1000m<sup>2</sup>.

## 7.4 DIRETRIZES PARA A CERTIFICAÇÃO VOLUNTÁRIA BRASILEIRA

### 7.4.1 ILUMINAÇÃO NATURAL

Sobre a admissão e o controle da iluminação natural nos ambientes de trabalho, baseados nos regulamentos coletados, são apontadas as seguintes diretrizes para a Certificação Voluntária Brasileira:

- Relação entre área iluminante e área de piso

**Estabelecer uma relação mínima, obrigatória, entre área iluminante e área de piso.**

Neste item cabe o uso da fórmula que o sistema de certificação LEED *Core & Shell* apresenta no Credito 8.1 (ver 3.2.3.1) e que leva em conta fatores importantes como a área das janelas em relação à área de piso, a altura e posição das janelas e o índice de transmitância dos vidros.

- Relação entre a profundidade da sala e altura da verga da janela

**Limitar a profundidade da sala a 1,5 vezes a altura da verga da janela ou a duas vezes se demonstrado o alcance da luz do dia ao fundo da sala, através do uso de estratégias como bandejas de luz.**<sup>37</sup>

- Exclusão da radiação solar direta

**Excluir a radiação solar direta em toda a área ocupada com estações de trabalho.**

- Protetores solares internos

**Associar a utilização de protetores solares internos a acionamento automático por sensor de luz do dia.**

- Discriminação entre áreas envidraçadas para visão e para iluminação

**Utilizar vidros com transmitância baixa nas áreas de janela para visão do exterior e transmitância alta nas janelas para iluminação.**<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Critérios que definirão este alcance a serem estudados.

<sup>38</sup> Valores das transmitâncias e critérios de discriminação das áreas envidraçadas a serem estudados.



- Fator de Luz Diurna mínimo

Estabelecer FLD mínimo exigido de acordo com a orientação da(s) fachada(s) que contem as janelas.<sup>39</sup>

- Porcentagem de área com FLD exigido

Estabelecer FLD mínimo em 75% da área.

- Porcentagem de área com iluminância exigida

Estabelecer iluminância mínima de 250 lx em 75% da área.

- Relação entre luminâncias

Limitar as luminâncias em valores absolutos os quocientes entre luminâncias de áreas adjacentes a exemplo da tabela de Dubois (ver 6.2.6).<sup>40</sup>

#### 7.4.2 INTEGRAÇÃO ENTRE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

No que se refere à interface da iluminação natural e a iluminação artificial, a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária brasileira na versão atualizada em 17 de abril de 2007 apresenta os seguintes itens:

- a) Método de cálculo da densidade de potência de iluminação e tabela com os limites máximos de densidade de potência de iluminação de acordo com o nível de eficiência pretendido;
- b) Determinação do nível de iluminação necessário para cada ambiente com o uso da NBR 5413;
- c) Critérios de controle do sistema de iluminação, a serem respeitados, de acordo com o nível de eficiência pretendido:

##### "3.3.1. Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de edifícios com área construída deve possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação em todos os espaços. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

<sup>39</sup> Valores de FLD mínimo a serem estudados.

<sup>40</sup> Valores de luminâncias para estes indicadores, provenientes da iluminação natural, a serem estudados.

- a. um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário predeterminado. Uma programação independente deve ser proporcionada para áreas não maiores do que 2500m<sup>2</sup> e não mais do que um pavimento; ou
- b. um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- c. um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

### 3.3.2. Divisão dos circuitos

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independentemente da iluminação interna do ambiente.

Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que o ocupante possa ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Para ambientes maiores do que 250m<sup>2</sup>, cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250m<sup>2</sup> para ambientes até 1000m<sup>2</sup>;
- uma área de até 1000m<sup>2</sup> para ambientes maiores do que 1000m<sup>2</sup>.

### 3.3.3. Contribuição da luz natural

Visando aproveitar a contribuição da luz natural, em ambientes com janela voltada para o ambiente externo ou voltada para átrio não coberto ou de cobertura translúcida; e com mais de uma fileira de luminárias paralelas à janela, deverá ser instalado um controle manual ou automático para o acionamento da fileira de luminárias mais próxima à janela."

Estes requisitos abrangem os tópicos mais importantes encontrados nos regulamentos pesquisados, remanescendo alguns tópicos que poderia ser incorporados à Regulamentação de Etiquetagem Voluntária, tais como:

- Circuitos e controles

Estabelecer a separação em dois circuitos diferentes das lâmpadas fluorescentes em luminárias que contenham 3 ou 4 lâmpadas. No caso de luminárias com 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes, as luminárias adjacentes devem ser instaladas em circuitos alternados.  
Instalar circuitos separados para áreas de trabalho com altas iluminâncias.

- Manutenção

Estabelecer fator de manutenção mínimo de 0,70 de acordo com as características de manutenção das lâmpadas e luminárias.

- Consumo

Estabelecer instalação de dispositivos que permitam a monitoração do consumo de energia com iluminação em áreas maiores que 1000m<sup>2</sup>.

"Se antes pouco sabia, agora, ao aprofundar meus estudos, fui percebendo que era devedor de várias formas de pensamentos já existentes, e que o estudo dessas fontes bibliográficas me permitiam consolidar meus próprios pensamentos, mesmo não podendo ser utilizadas diretamente no corpo da tese. Sofri influências longínquas de fontes que não podem ser identificadas, pois foram objeto de inspiração antes que de fundamentação: a partir da leitura ou do estudo, como decorrência, apareceram várias idéias, que os próprios autores provavelmente jamais imaginaram que pudessem ser extraídas de suas obras. Ou, obras pensadas para contextos diferenciados foram reapropriadas para novas situações, num árduo trabalho de construir um paradigma para a universidade. Como citá-los, se o uso que faço vai contra muitos princípios defendidos pelos autores? Antes de condenar as experiências passadas procurei aprender com elas, e assim, às vezes, consegui perceber questões interessantes em fatos e idéias equivocadas, apropriar-me delas, mas sem poder referenciá-las diretamente. Aí, talvez, esteja o trabalho criativo da tese, a ousadia de organizar pensamentos e a chance de o autor, exercendo seu papel, realizar a síntese daquilo que apreendeu direta e indiretamente em sua pesquisa."

FREIRE, 1999

## 8.1 A ILUMINAÇÃO NATURAL E OS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

### 8.1.1 O QUE ACONTECE

As conclusões obtidas da avaliação e análise de cada um dos Estudos de Caso, quando agrupadas, mostram um perfil da admissão de luz natural em edifícios de escritório, na cidade de São Paulo.

Os projetos atendem às leis locais no que se refere à necessidade de aberturas para o exterior; à relação entre área envidraçada e área de piso e à relação da profundidade com altura da verga da janela. Acontece que estes regulamentos, da maneira como estão redigidos, pelas ressalvas que fazem, não são adequados para garantir, por sua observância, o melhor uso da luz natural.

No que se refere às fachadas com janelas, não há uma intenção de localizar as aberturas em faces da edificação para a orientação mais adequada para a iluminação natural. A orientação das fachadas com aberturas segue determinações do tipo: frente do terreno; melhor vista; ou simplesmente são colocadas aberturas iluminantes em todas as paredes externas dos andares porque o número de salas ou a posição das mesmas no pavimento assim o requer.

Nenhum dos projetos adotou protetores solares externos e em todos os casos há radiação direta no ambiente. Casos como os aqui avaliados, com bom potencial para o uso da luz do dia podem vir a desconsiderá-la completamente ao permitir o acesso da radiação direta, pois a maneira mais comum de resolver este problema será com a instalação de persianas internas. Com o uso destes dispositivos, a iluminação natural ficará prejudicada. A tendência é que o usuário não as movimente conforme a necessidade. As persianas ficarão sempre cerradas exigindo o acionamento da luz artificial.

Dos cinco casos apresentados apenas o Caso 1 atende às exigências das certificações LEED, no que diz respeito à área mínima com fator de luz diurna de 2%. Porém, não atende à LEED For New Construction & Major Renovations, do Canadá. Este sistema de certificação no mesmo item que exige área mínima com fator de luz diurna de 2%, faz a ressalva: “excluída a radiação direta”.

Ressalva precisa, pois Fator de Luz Diurna e níveis de iluminância só deveriam ser medidos, em escritórios, uma vez excluída a radiação direta.

A avaliação de uniformidade entre plano de trabalho e áreas adjacentes, considerando-se apenas a iluminação natural, em ambientes onde não está excluída a radiação direta, fica bastante prejudicada e não representativa da situação quando da ocupação do ambiente. Isto, porque, ao serem instalados os dispositivos necessários para o controle da radiação direta sobre as estações de trabalho, os níveis de iluminação poderão ser diminuídos e a uniformidade aumentada.

Como em nenhum dos casos estudados há o uso de protetores externos, temos que considerar que as avaliações neste sentido não são conclusivas e podem não representar o potencial que estes espaços possuem para resolver os problemas, tão comuns, de uniformidade e ofuscamento.

### 8.1.2 PORQUE ACONTECE

O que foi constatado com a análise dos resultados dos Estudos de Casos é comprovado empiricamente, com a simples observação dos prédios construídos para abrigar escritórios. As típicas soluções de implantação, formais e construtivas adotadas, levam-nos a considerar que não foram inspiradas na necessidade de aproveitar a luz natural; no máximo, em alguns casos nota-se a preocupação de minimizar o problema resultante de questões que o projeto, na sua concepção inicial, não contemplou. Três fatores contribuem significativamente para isto:

1. A grande disponibilidade de luz natural em nosso país resulta em interiores razoavelmente iluminados ainda que não tenha sido esta, uma das premissas de projeto. Podemos viver e trabalhar em ambientes que não contam com a iluminação adequada sem que isto signifique que sejam ambientes visualmente muito desconfortáveis.

2. Até muito pouco tempo atrás ainda vivíamos sob o conceito de que problemas de iluminação em escritórios deveriam ser resolvidos com o uso da luz artificial, idéia que era compartilhada com a maioria dos usuários. E, de fato, ainda nos deparamos com locais onde o contínuo uso da luz artificial é considerado normal e desejável.

Do ponto de vista do usuário, é até compreensível: a variação em intensidade, ângulo de incidência e cor aparente da luz natural durante o dia e ao longo do ano, se não for minimamente prevista e controlada pelas soluções arquitetônicas, causa um incômodo e

exige providências que estas pessoas consideram muito mais desconfortáveis do que simplesmente cerrar as persianas e acionar a iluminação artificial.

Já do ponto de vista do empreendedor, há sempre a tendência de utilizar as formas arquitetônicas "consagradas", aceitas pela sociedade em geral (e isto quer dizer, pelos potenciais compradores) e algumas destas "soluções prontas" foram concebidos em uma época em que o baixo custo da energia permitia que se estabelecessem padrões de instalações para os ambientes de trabalho, baseados em tecnologias ativas que funcionam a despeito - ao contrário de em conjunto - com o ambiente externo.

Os protetores solares externos, de uso absolutamente imprescindível, de uma maneira geral, só são adotados quando de certa forma "se encaixam" num desenho pré-concebido do objeto arquitetônico.

3. O alto custo e a pouca disponibilidade de terrenos em São Paulo impõe a necessidade do aproveitamento máximo permitido por lei. Isto restringe, de certa forma, a implantação dos edifícios. E, se a implantação, nas grandes cidades, fica fortemente condicionada à legislação de Uso e Ocupação do Solo, estabelece-se uma circunstância com conseqüências em todo o edifício:

- Com poucas alternativas para decisão da implantação, a orientação das fachadas que contem as áreas transparentes, fica prejudicada e termina solucionada de uma maneira aleatória.

- A necessidade de aproveitar os terrenos ao máximo permitido pela lei, mantendo livres apenas os recuos obrigatórios, determina a volumetria dos edifícios e as dimensões da planta determinando, assim, a profundidade das salas.

- O pé direito dos andares, também é determinado segundo o critério do aproveitamento máximo uma vez que os recuos obrigatórios são dimensionados de acordo com a altura do prédio. Assim, uma menor distância de piso a piso, para um mesmo número de andares, resulta em recuos menores e, conseqüentemente, numa planta do andar tipo de maiores dimensões. Projetar segundo estes critérios resulta numa relação entre altura da verga da janela e profundidade do ambiente muito maior do que o recomendado, e este é um dos pontos mais importantes na admissão de luz natural no ambiente interno.

Entre os principais motivos que fizeram despertar a necessidade de estudos e de uma mudança de consciência nesta área, está a crise do petróleo do início dos anos 70.

Como a iluminação é bastante representativa no consumo de energia, tornaram-se relevantes, a partir daí, as pesquisas com o objetivo de otimizar o uso da luz natural. Ao lado desta busca pela conservação da energia começaram a ser divulgados em uma maior escala, os estudos sobre os efeitos da iluminação natural nas pessoas, e a idéia que o bem estar e a qualidade de vida também estão ligados ao ambiente construído fomentou estudos e inspirou leis e normas, em outros países.

No Brasil, conquanto, nos meios acadêmicos há completa consciência da imperiosa necessidade do máximo aproveitamento da luz do dia, na sociedade em geral e mesmo entre os empreendedores da construção civil, ainda soa um tanto exótica a idéia de orientar um projeto tendo entre as premissas básicas, a iluminação natural e recorrendo a estratégias mais elaboradas do que simplesmente dotar os ambientes de grandes janelas.

### 8.1.3 O QUE FAZER

Promover mudanças que envolvem desde condições técnicas até condições políticas e econômicas é bastante complexo.

Num primeiro momento, pode-se pensar que a mudança acontecerá com o único patrocínio da universidade, dos professores, ao formarem alunos que, quando profissionais, tratarão seus projetos sob outra ótica. Sem dúvida a educação é fundamental para qualquer evolução, mas isto já vem sendo feito e por si só não pode alterar a situação. Até porque não estamos falando aqui, de projetos que por circunstâncias particulares são mais independentes, onde ao arquiteto é dada a liberdade de propor um trabalho que corresponde à melhor arquitetura. Falamos aqui de edificações que representam a maior fatia do mercado; edificações que tem seu partido geral, seu dimensionamento, sua volumetria decididas pelas equipes das áreas financeiras, equipes que adotam ou rejeitam projetos pelo critério do custo-benefício, onde custo é o da construção e benefício é o lucro da venda.

Atuando nesta engrenagem, sobra ao projetista, a utilização de estratégias que maximizem o aproveitamento da luz natural num contexto já determinado e sem possibilidade de alteração nos seus fundamentos.

E, também estamos longe de sugerir que os esquemas que dominam o mercado da construção são perniciosos e seu desaparecimento resolveria todos os problemas. Ao contrário, grandes empreendimentos geram empregos e movimentam a economia e a melhor maneira de geri-los é sem dúvida utilizando o conceito do custo-benefício.

A mudança deve acontecer antes desta fase. Falando em termos filosóficos diremos que a mudança deve vir da conscientização de toda a sociedade. Em termos econômico-financeiros, pode-se dizer: a mudança deve vir do comprador.

O caminho para a adoção de estratégias de planejamento e projeto para a construção civil que contemplem o meio ambiente passa, sem dúvida: por ações governamentais como revisão Código de Obras, revisão de leis de uso e ocupação do solo e incentivos fiscais; por educação em todos os níveis; por suporte a pesquisas e pelo aprimoramento de um sistema de certificação.

## 8.2 A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS LEIS, NORMAS E CERTIFICAÇÕES

### 8.2.1 O QUE SÃO

A legislação, a normatização e os sistemas de certificação de qualidade são os mecanismos usados para regulamentar, orientar e promover o uso da iluminação natural nas edificações.

São mecanismos bem diversos por sua natureza, uma vez que: as leis ou regulamentos são de observância obrigatória e estabelecidas por ações governamentais; as normas são desenvolvidas por associações técnicas e representam a boa prática, podendo ser usadas como apoio para as leis ou na solução de problemas legais, sendo assim, de observância implícita por parte dos profissionais; os sistemas de certificação também desenvolvidos por associações técnicas, são voluntários e conferem selo de qualidade para edificações.

Há um grande estímulo para atender aos requisitos das certificações: obter um selo de qualidade significa muito no sucesso financeiro de um empreendimento. Nos EUA este estímulo é ainda maior: prédios certificados podem obter incentivos fiscais.



As certificações por não serem de observância obrigatória e por haver um interesse comercial na obtenção do selo de qualidade, podem ser mais restritivas.

Não se corre o risco de cercear a capacidade inovadora dos projetistas pois o que a criatividade dos arquitetos e técnicos venha a propor, e que se oponha aos requisitos das certificações, não encontra nenhum obstáculo para ser executada, a não ser o de não obter a certificação. Mas como se trata de um sistema dinâmico, com atualizações freqüentes, a própria certificação pode ter seus requisitos mudados quando algo inovador e realmente eficiente se apresenta. Quando se trata de leis, isto não acontece. As leis ou regulamentos, por sua natureza, impedem que uma edificação venha a ser executada contrariando o que nela está estabelecido.

### 8.2.2 O QUE TEMOS NO BRASIL

No Brasil, por enquanto, o que dispomos em termos de legislação sobre iluminação natural, é muito pouco.

No município de São Paulo, especificamente, o Código de Edificações é a única lei que os prédios comerciais em São Paulo devem obrigatoriamente atender.

Este regulamento faz a exigência de 15% de área iluminante em relação à área de piso do compartimento, mas permite que as aberturas para o exterior sejam reduzidas à metade deste mínimo exigido desde que complementadas por iluminação artificial e ventilação forçada.

O outro item que está relacionado à iluminação impõe o limite máximo para a profundidade da sala de até três vezes o pé direito (a IESNA na publicação RP5-99, recomenda a profundidade máxima de 1,5 vezes a altura entre a verga da janela e o piso); e este limite pode ser ainda, ultrapassado para até cinco, se as janelas forem aumentadas ao dobro das dimensões mínimas exigidas.

### 8.2.3 O QUE TEMOS EM OUTROS PAÍSES

Em países onde as pesquisas e a regulamentação sobre iluminação datam de décadas, encontramos bons exemplos, tanto em leis, como em normas ou certificações.

Os requisitos dos sistemas de certificação da LEED sobre luz natural são bem mais específicos e abrangentes do que os das leis em vigor nos EUA e Canadá sobre iluminação natural.

Dos indicadores pesquisados, os que se referem à proteção contra a radiação direta, são os mais importantes para edifícios de escritórios. Simulações para a avaliação da admissão da luz natural só serão realmente úteis, se feitas para ambientes que contam com protetores solares.

Entre estes requisitos destacam-se os que se referem porcentagem de área de salas com fator de luz diurna mínimo, excluída a radiação direta.

Ainda sobre este mesmo assunto, o Código do Trabalho, da França determina que os ambientes de escritórios estejam protegidos da radiação solar direta e que possuam, à altura dos olhos, aberturas transparentes, permitindo a vista do exterior. Esta lei é, dentre os documentos pesquisados, o único de cumprimento obrigatório que trata desta questão.

Entre as normas, destacamos um item da DIN 5034-1 que discrimina a luz natural da artificial, segundo suas características: considera que, em se tratando de luz natural, os índices de iluminância podem ser reduzidos a 60% daqueles recomendados pela DIN 5035-2.

Assim, para ambientes de escritórios onde, segundo a maioria dos regulamentos é necessária a iluminância de 500 lx, em se tratando da luz do dia, 300 lx seriam suficientes.

#### 8.2.4 A REGULAMENTAÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA SOBRE ILUMINAÇÃO

Quando pensamos numa regulamentação para o Brasil, sobre a iluminação natural e uma vez que podemos começar quase do zero, neste assunto, a primeira coisa a considerar é que tipo de mecanismo utilizar.

Em primeiro lugar, há que se continuar o caminho iniciado em 2003 na atualização e no desenvolvimento das Normas Brasileiras por serem as normas documentos de observância obrigatória, implícita aos profissionais, e se constituírem no suporte e princípio para as leis e certificações.

Às leis caberiam apresentar exigências que, conquanto fundamentais, não fossem tão restritivas a ponto de impor uma rigidez indesejável aos projetos.

Para promover o melhor uso da iluminação natural, as leis seriam bastante efetivas nas áreas do urbanismo, por meio de Plano Diretores; nos Códigos de Obras com a revisão de itens que se referem à orientação das fachadas e à geometria das salas; e janelas e com uma **regulamentação energética que promovesse a interação entre iluminação natural e a artificial.**

De fato, por melhor que se faça a admissão e distribuição da luz natural em um ambiente, nenhuma economia de energia é conseguida se não houver uma integração entre esta e a luz artificial controlada.

Mesmo nos horários diurnos, a luz artificial serve para melhorar a uniformidade da iluminação reduzindo contrastes e para aumentar a iluminância na área da tarefa visual.

A regulamentação energética deve também, abranger itens como a exclusão da radiação solar direta, o que favoreceria não só a iluminação natural como também o conforto térmico, pela redução de ganhos de calor através das áreas envidraçadas, com conseqüente economia nos sistemas de ar condicionado.

Já os sistemas de certificação, estes atuariam de modo a ampliar as questões constantes dos regulamentos, como: orientação das fachadas; exclusão da radiação solar direta; relação entre profundidade da sala e altura da verga da janela.

A estes itens, seriam incluídos:

- FLD mínimo exigido de acordo com a orientação da(s) fachada(s) que contem as janelas;
- Porcentagem de área com FLD exigido;
- Porcentagem de área com iluminância exigida;
- Relação entre luminâncias entre áreas adjacentes.

### 8.3 PESQUISAS QUE ESTE MESTRADO ABRE

A própria natureza desta dissertação de Mestrado, a fez abordar e apontar vários temas que ficam abertos para futuras pesquisas. Ao realizar o que se propunha, ou seja, apresentar diretrizes para uma regulamentação energética, terminou por reunir um conjunto de itens que devem ser bastante detalhados e estudados para que possam fazer parte de um sistema de certificação ou de uma norma técnica.

Assim, podem ser objeto de uma ou mais pesquisas, estudos sobre:

- A luz natural e o desenho urbano: uso do solo; implantação das edificações; volumetria e recuos.
- Elementos de controle e distribuição da luz: protetores solares externos e bandejas de luz. Alternativas de geometria em relação à orientação da fachada; eficiência; custo.
- O valor de fator de luz diurna que deve ser adotado como mínimo para que um ambiente possa ser considerado com boa iluminação natural, considerando o caso brasileiro.
- As relações entre as dimensões das salas e janelas para o máximo aproveitamento da luz natural, tais como: área iluminante e área de piso; altura da verga da janela e profundidade da sala; dimensões e formato das janelas; espaçamento entre as janelas.
- Os valores mais adequados para as transmitâncias das áreas envidraçadas para visão e para a iluminação natural e os critérios para esta discriminação.
- O potencial de economia de energia com o uso da luz natural em ambientes com diferentes geometrias e orientação de janelas.

## 8.4 PARA ONDE VAMOS

Ao pensarmos sobre o que virá a seguir, ao fazermos uma projeção da importância que a luz natural vai adquirir para os atores da arquitetura, estamos fazendo um exercício de predição. Não uma predição aleatória e fortuita, mas a predição que surge pelo reunir dos conhecimentos, dados e ensinamentos pelos quais procuramos ao longo de três anos do Curso de Mestrado.

Como as pesquisas em nosso país, em muitas áreas, seguem as de países mais desenvolvidos, num determinado ponto de evolução dos estudos aparece claramente a necessidade de seguir um caminho próprio. Um caminho que diga respeito às nossas necessidades, ao nosso contexto, à nossa realidade. E não somente à realidade física que nos cerca, mas também à realidade da nossa cultura e dos nossos hábitos.

Creio que estamos exatamente neste ponto, quanto à questão da luz natural: apoiados no conhecimento já produzido em outros países e mesmo no Brasil, começamos, como técnicos, a pesquisar e procurar soluções que atendam especificamente aos nossos projetos; como instituições a investir nestas pesquisas; como sociedade, a valorizar as conquistas nesta área; como empreendedores, a procurar um selo de qualidade para nossas construções.

Grandes empreendimentos que por sua visibilidade (se não pela boa prática), necessitam associar-se a uma imagem mais adequada do ponto de vista científico e tecnológico enquanto apoio à sustentabilidade, começam a se preocupar com esta questão.

Os fatores como ações governamentais; educação e suporte a pesquisa; aprimoramento e desenvolvimento das normas e sistemas de certificação serão os fundamentos para uma evolução.

E, se nós que projetamos as edificações, se nós, atores da construção civil, se nós sociedade, encarmos a arquitetura como um meio de abrigar as atividades do homem, procurando seu bem-estar, sem promover a exaustão dos recursos naturais, estaremos seguramente, trabalhando para uma arquitetura sustentável, que usa tecnologias sustentáveis, que reduz o desgaste ambiental e os custos, tanto de construção como de manutenção.

Estaremos realizando uma arquitetura de qualidade.

## BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

## LIVROS

- ANDER, Gregg D. *Daylighting Performance and Design*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2003, 336p.
- BOYCE, Peter R. *Human Factor in Lighting*. London, Taylor and Francis Inc, 2003, 584p.
- CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers). *Code for Interior Lighting 1984*. Londres, Delta House, 1989, 167p.
- EGAN, M. David; OLGAY, Victor W. *Architectural Lighting Second Edition*. New York, Mc Graw Hill, 2002, 436p.
- EGAN, M. David. *Concepts in Architectural Lighting*. New York, Mc Graw Hill, 1983, 270p.
- FROTA, Anésia Barros. *Geometria da Insolação*. São Paulo, Geros, 2004, 289p.
- HARVEY, David. *Condição Pós-moderna*. São Paulo, Loyola, 1992, 349p.
- HELMS, Ronald N.; BELCHER, M. Clay. *Lighting for energy efficient luminous environments*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 1991, 464 p.
- JENCKS, Charles (1984). *El Lenguaje de la Arquitectura Posmoderna – 3ª ed.* – Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 168 p.
- MOORE, Fuller. *Concepts and Practice of Architectural Daylighting*. New Jersey, Van Nostrand Reinhold Corp, 1991, 304p.
- PANERAI, Philippe R.; CASTEX, Jean; DEPAULE, Jean-Charles. El Nuevo Frankfurt y Ernst May: 1925-1930 – In: *Formas urbanas: de la manzana al bloque*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1986, p. 107-130.
- PHILIPS. *Manual de Iluminação*. Holanda, 1981, 319 p.
- ROAF, Susan; HANCOCK, Mary, ed. *Energy Efficient Building*. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1992, 300p.
- ROGERS, Richard. *Cities for a small planet*. Boulder, Colorado, Westview Press, 1997, 180p.
- RUFFLES, Paul; The Society of Light and Lighting; CIBSE. *Lighting Guide 7: Office lighting*. Norwich, Page Bros., 2005, 78p.

RUSSELL, Sage. *The Architecture of Light*. La Jolla, Califórnia, Conceptnine., 2008, 262p.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. *Iluminação e Arquitetura* - 1ª ed. São Paulo, Virtus S/C Ltda, 2001, 378 p.

## ARTIGOS

BOUBEKRI, Mohamed. An Overview of the Current State of Daylight Legislation. *Journal of the Human-Environmental System*, Vol. 7; nº 2, p57-63, 2004.

DUBOIS, Marie-Claude. Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. *Lighting Research & Technology*, 35/1, p. 61-76, 2003.

ROMERO, Marcelo de Andrade. Eficiência energética e arquitetura: dois conceitos inseparáveis. São Paulo, *CLIMATIZAÇÃO*, fevereiro, p.20-24, 2001.

## DISSERTAÇÕES E TESES

BROTAS, Luisa Gomes Mota e Costa. Daylight and Planning in Europe. Londres, Tese (Doutorado)- Philosophy, London Metropolitan University, 2004, 52p.

FREIRE, Roberto de Barros. *Elementos para pensar a universidade*. Tese de doutoramento, pelo programa de Mestrado e Doutorado em Educação do Instituto de Educação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), 1999.

SCARAZATTO, Paulo Sergio. *Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para cidades brasileiras*. Tese de doutoramento pela FAUUSP, São Paulo, 1995.

## LEIS, NORMAS TÉCNICAS E CERTIFICAÇÕES

ABNT. *NBR 5382 Verificação do nível de Iluminamento de Interiores*. dez/1977.

ABNT. *NBR 5413 Iluminância de Interiores*, abr/1992.

ABNT. *NBR 5461 Iluminação– Terminologia*, 1991.

ABNT. *Projeto 02:135.02-001 Iluminação Natural – Parte 1: Conceitos Básicos e Definições*, ago/2003.

ABNT. *Projeto 02:135.02-002 Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural*, ago/2003.

ABNT. *Projeto 02:135.02-003 Iluminação Natural – Parte 3: Procedimentos de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos*, ago/2003.

ABNT. *Projeto 02:135.02-004 Iluminação Natural – Parte 4I: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações-Método de medição*, ago/2003.

AFNOR (Association Française de Normalisation). *NF EN 12464-1*, junho de 2003, 49p.

AFNOR (Association Française de Normalisation). *NF EN 15193*, novembro de 2007, 68p.

AFNOR (Association Française de Normalisation). *NF X 35-103, Principes d'ergonomie visuelle pour l'éclairage des locaux*, 1990, 36p.

AFNOR (Association Française de Normalisation). *NF X 35-121 Travail sur écran de visualisation et clavier*, 1987, 6p.

BRE (Building Research Establishment). *BREEAM Offices 2006 Pre Assessment Estimator*.

BRE (Building Research Establishment). LITTLEFAIR, P. J. *Site layout planning for daylight*. BRE Information Paper IP 5/92. 1992, 3p.

BSI (British Standards Institution). *Code of practice for daylighting*. British Standards BS 8206: Part 2:1992. London, BSI.1992.

CIBSE. *Code for Lighting*, London: Butterworth-Heinemann, 2002, 130 p.

CIE S 011/E:2003 / ISO 15469:2003(E). *Spatial Distribution of Daylight – CIE Standard General Sky*

DEPARTMENT OF JUSTICE, CANADA. *Canadian Occupational Safety and Health Regulations, 1989*. Canada Gazette: Ottawa, Part II, v. 123, n° 23, p.4580-4590.

DIN (Deutsches Institut für Normung). *5034-1 Daylight in interiors*, Alemanha, 1999, 10p.

DIN (Deutsches Institut für Normung). *5035-7 Artificial lighting of interiors*, Alemanha, 2004, 8p.

DOE (Department of Energy) USA. *10 CFR Parts 434 and 435 Energy Code for New Federal Commercial and Multi-Family High Rise Residential Buildings; Final Rule*, 2000, 59p.

DEPARTMENT OF DEFENSE, USA. *Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Interior and Exterior Lighting and Controls*, 2006, 194p.



- MINISTÉRIO FEDERAL DOS TRANSPORTES, CONSTRUÇÃO E HABITAÇÃO, ALEMANHA. *Federal Building Code (Baugesetzbuch, BauGB), chapter 2, part 1, subdivision 1, section 136 Urban Redevelopment Measures, 2000, 2p.*
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Decreto nº 52.497 de 21 de julho de 1970.*
- HQE ASSOCIATION (Haute Qualite Environnementale). *Référenciel Definition Explicite de la Qualité Environnementale. Référentiels des Caractéristiques HQE.* Paris, 2001, 25p.
- IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). *IES Lighting Handbook, Reference and Application – 8a ed.* New York, 1995.
- IESNA (Illuminating Engineering Society of North America). *Recommended Practice of Daylighting IES RP-5.* New York, IESNA, 1999. 40p.
- ISO 8995:2002(E) / CIE S 008/E-2001. *Lighting of indoor work places*
- KOHN, Mitchel B. *American National Standard Practice for Office Lighting.* AINSI/IESNA. *RP-1-1993.* New York, 1993.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED Canada Green Building Rating System for Commercial Interiors – Version 1.0.* LEED Canadá, 2006, 90 p.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED for Commercial Interiors – Version 2.0.* US Green Building Council, 2005, 74 p.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED Green Building Rating System for Core and Shell Development – Version 2.0.* US Green Building Council, 2006, 86 p.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED-NC Green Building Rating System for New Constructions and Major Renovations – Version 2.2.* US Green Building Council, 2005, 81 p.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED Green Building Rating System and Addendum for New Constructions and Major Renovations.* LEED Canada-NC, Version 1.0, 2004.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). *LEED Green Building Rating System Addendum for New Constructions and Major Renovations.* LEED Canada-NC, Version 1.0, 2007.

LITTLEFAIR, P.J. *Site layout planning for daylight and sunlight*. BRE Information Paper IP 5/92. 1992.

LNEC. Normas Técnicas para Projeto de Edifícios Residenciais, *Seção 6.3.5: Conforto Visual*. LISBOA. 1994.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES. *DECRETOS-LEI 78, 79, 80*. LISBOA, 2006.

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS. *Decreto-Lei 38:382*. 1951.

PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). *Lei nº 11.228* de 25/06/1992.

PROCEL EDIFICA. *Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, Versão Experimental, set/2006*.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. *Code du Travail*,

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. *Code de la Construction e da l'Habitation*,

TSO (The Stationery Office). *The Building Regulations 2000, Conservation of fuel and power, Approved Document L2A*, 2006, 36p.

TSO (The Stationery Office). *The Building Regulations 2000, Conservation of fuel and power, Approved Document L2B*, 2006, 36p.

USA Federal Government, Energy Policy Act of 2005. 550p.

#### PUBLICAÇÕES DISPONÍVEIS EM SITES

CARBON TRUST. *Efficiency in Lighting - an overview*. Londres, Queen's Printer, 2003.

Disponível em: < <http://www.actionenergy.org.uk> >. Acessado em: 16 de janeiro de 2008.

COPE (Cost-effective Open-Plan Environment Project). *Lighting Design*. In: NRC-CNRC National Research Council Canada – Conseil National de Recherches Canada, Ottawa, Canada, 2004, 18p. Disponível em: <<http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>>. Acessado em: 20 de abril de 2007.

COPE (Cost-effective Open-Plan Environment Project). *Open-plan Office Lighting Environment*. In: NRC-CNRC National Research Council Canada – Conseil National de Recherches Canada, Ottawa, Canada, 2005, 2p. Disponível em: <<http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>>. Acessado em: 20 de abril de 2007.

DETR (The Department of the Environment, Transport and the Regions), Energy Efficiency Best Practice Programme. *Desktop guide to daylighting– for architects*. Inglaterra, 1998. Disponível em: < <http://www.cibse.org/pdfs/GPG245.pdf>>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2008.

DOD (Department of Defense) USA, Unified Facilities Criteria. Design: Interior and Exterior Lighting and Controls, 2006, 194p. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/ccb/>>. Acessado em: 22 /10/2007.

EPRI (Electric Power Research Institute). *Performance Evaluation of Energy – Efficient Lighting and Office Technologies in New York City*, EUA, 1997, 54p. Disponível em: <[www.epri.com](http://www.epri.com)>. Acessado em: 10 de setembro de 2008.

GOULART, Solange V. G., LAMBERTS, Roberto. *Levantamento da Experiência Internacional. Experiência nos Estados Unidos- AET N° 03/04*. In: Universidade Federal de Santa Catarina, LABEEE. Florianópolis, 2005, 65p. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br>>. Acessado em: 12 de dezembro de 2007.

LAGUEUX, Maurice. A Cabeça do arquiteto (Parte I). *Revista Vivercidades*. 31/01/2003. Disponível em: <<http://www.vivercidades.org.br>>. Acessado em: 10 de julho de 2005.

LBL Lawrence Berkley Laboratory. Windows and Daylighting Group. *Daylighting with Integrate Envelope and Lighting Systems*. California, 1998. Disponível em: <<http://www.windows.lbl.gov>>. Acessado em: 15 de maio de 2007.

NEWSHAM, Guy R. *New Energy Codes and Their Impact on Lighting Design*. In: NRC-CNRC National Research Council – Conseil National de Recherches Canada, 1992, 13p. Disponível em: <<http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>>. Acessado em: 20 de abril de 2007.

O’CONNOR, Jennifer. *Tips for daylighting with windows*. In: Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, EUA, 1997, 107p. Disponível em: <<http://www.lbl.gov>>. Acessado em: 10/7/ 2007.

ROMERO, Marcelo; ORNSTEIN, Sheila (Coordenadores /Editores). Avaliação Pós-Ocupação, Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social. *Habitare*, São Paulo. Ago/1999, 115 p. Disponível em: <<http://www.habitare.infohab.org.br>>. Acessado em: 22/7/ 2005.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

## LIVROS

BAKER, Nick; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, Koen, ed. *Daylighting in Architecture: A European Reference Book*. London, James & James Ltd, 1993, 420p.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. *Daylight Design of Buildings*. London, James & James, Ltd., 2002, 320p.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. *Energy and environment in architecture: a technical design guide*. New York, E&FN Spon, 2000, 224p.

CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers). *Daylighting and window design. Lighting Guide LG 10: 1999*. Dorchester, The Friary Press, 1999, 91p.

EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*. Golden, Colorado; National Renewable Energy Laboratory, 2002, 58p.

FONTOYNONT, Marc. *Daylight performance of buildings*. London, James & James Ltd, 1999, 304p.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. *Manual de Conforto Térmico*. São Paulo, Studio Nobel, 2001, 243p.

GELLER, H. S. *Efficient electricity use: a development strategy for Brazil*. Washington D.C, American Council for an Energy-Efficient Economy, 1991, 164p.

MICHEL, Lou. *Light: The Shape of Space*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, 1995, 304 p.

MILLET, Marietta. *Light Revealing Architecture*. New York, Van Nostrand Reinhold Corp, 1999, 192 p.

MURDOCH, Joseph B. *Illumination Engineering – From Edison's Lamp to the Laser*. New York, Macmillan Publishing Company, 1985, 541p.

ROBBINS, Claude L. *Daylighting: Design and Analysis*. New York, Van Nostrand Reinhold Corp, 1986, 877 p.

STEFFY, Gary R. *Architectural Lighting Design*. New York. John Wiley & Sons, Inc, 2002, 280p.

STEFFY, Gary R. *Lighting the Electronic Office*. New York, Van Nostrand Reinhold Corp, 1995, 152p.

THE EUROPEAN COMMISSION; THE ARCHITECTS COUNCIL OF EUROPE. *A Green Vitruvius Principles and Practice of Sustainable Architectural*. Londres, James & James, 1999, 145p.

VEITCH, Jennifer A. Lighting for high-quality workplaces NRCC-47631. In: *Creating the Productive Workplace*, 2ª ed., Derek Clements-Croome, ed. Londres, Taylor & Francis, 2006, p.206-222.

## ARTIGOS

BOMMEL, W.J.M. van; BELD, G.J. van den. Lighting for work: a review of visual and biological effects. *Lighting Research & Technology*, 36/4, p. 255-269, 2004.

BOYCE, Peter R.; VEITCH, J.A.; NEWSHAM G. R.; JONES C.C.; HEERWAGEN J.; MYER M.; HUNTER C. M. Lighting quality and office work: two field simulation experiments. *Lighting Research & Technology*, 38/3, p. 191-223, 2006.

CHIRARATTANANON, S. Challenges of daylighting with the luminosity and variability of tropical sky. *Lighting Research & Technology*, 35/1, p. 3-10, 2003.

HAYMAN, Simon. Daylight measurement error. *Lighting Research & Technology*, 35/2, pp 101-110, 2003.

MAAMARI F.; FONTOYNONT, Marc. Analytical tests for investigating the accuracy of lighting programs. *Lighting Research & Technology*, 35/3, p.225-242, 2005.

MARDALJEVIC, J. Verification of program accuracy for illuminance modeling: assumptions, methodology and an examination of conflicting findings. *Lighting Research & Technology*, 36/3, p.217-242, 2004.

MOORE, T.; CARTER D. J.; SLATER AL. A study of opinion in offices with and without users controlled lighting. *Lighting Research & Technology*, 36/2, p131-146, 2004.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research & Technology*, 37/1, p.41-59, 2005.

ROMERO, Marcelo de Andrade. A evolução dos padrões arquitetônicos. São Paulo, *CLIMATIZAÇÃO*, novembro, p.26-31, 2003.

SCARAZZATO, Paulo Sérgio; IWASHITA, Juliana. O Uso de Luz Natural em Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo. Estudos de casos. In: NUTAU 98: Arquitetura e Urbanismo - Tecnologias para o Século XXI, São Paulo, 1998. *Resumos*. São Paulo, 1998. p.61.

VEITCH, Jennifer A. Lighting quality contributions from biopsychological processes NRCC-42468. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, v. 30, nº 1, p.3-16, 2001.

### DISSERTAÇÕES E TESES

GUGLIELMETTI, Ana Helena Guiguer. *A Legislação Energética como Ferramenta de Redução do Consumo de Energia em Edifícios: os Impactos para a Cidade de São Paulo*. São Paulo, 2002, 88p. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo.

PEREIRA, Daniela Cardoso Laudares. *Modelos Físicos Reduzidos: uma Ferramenta para Avaliação da Iluminação Natural*, São Paulo, 2006, 274p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

PRAKASH, Preethi. *Effect of environmental quality on occupants perception of performance: a comparative study*. Florida, 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade da Florida.

### LEIS, NORMAS TÉCNICAS E CERTIFICAÇÕES

BRASIL. *Lei n. 10295*, de 17 de outubro de 2001. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf)>. Acesso em: 08/01/08.

BRASIL. *Decreto n. 4.059*, de 19 de dezembro de 2001. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: <[www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.HTML](http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.HTML)>. Acessado em: 08/01/08.

### PUBLICAÇÕES DISPONÍVEIS EM SITES

BRIGGS, Robert S., LUCAS, Robert G., TAYLOR, Z. Todd. *Climate Classification for Building Energy Codes and Standards*. Pacific NW National laboratory. 2002, 34p. Disponível em: <<http://www.energycodes.gov>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2008.

CEOTTO, Luiz Henrique. A construção civil e o meio ambiente-4ª parte. In: *SINDUSCON SP* Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo, edição 54, 2006. Disponível em: < <http://www.sindusconsp.com.br>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2008.

GOULART, Solange V. G., LAMBERTS, Roberto. *Levantamento da Experiência Internacional. Experiência Européia - AET N° 03/04*. In: Universidade Federal de Santa Catarina, LABEEE. Florianópolis, 2005, 66p. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br>>. Acessado em: 12 de dezembro de 2007.

JOHNSEN, Kjeld; DUBOIS, Marie-Claude; GRAU, Karl. *Assessment of daylight quality in simple rooms*. In: Danish Building Research Institute, Copenhagen, Dinamarca, 2006, 79 p. Disponível em: < <http://www.en.sbi.dk>>. Acessado em: 10 de julho de 2007.

NEWSHAM, Guy R. *Experiments demonstrate effects of task lighting on office workers and energy consumption*. In: NRC-CNRC National Research Council – Conseil National de Recherches Canada, Construction Innovation, v.10, n.3, 2005. Disponível em: <<http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca>>. Acessado em: 20 de abril de 2007.

PICCOLI, B.; SOCI, G.; ZAMBELLI, P.L.; PISANIELLO, D. *Photometry in the Workplace: The Rationale for a New Method*. In: Annals of Occupational Hygiene, v.48, n.1, p.29-38. Disponível em: < <http://www.bohs.org>>. Acessado em: 10 julho de 2007.

RUCK, Nancy et al. *Daylight in Buildings: A Source Book on Daylighting Systems and Components*. In: Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, EUA, 2000, 300p. Disponível em: <<http://www.lbl.gov>>. Acessado em: 10 julho de 2007.

## GLOSSÁRIO

<b>Aparência de cor</b>	É a impressão de cor recebida, observando uma fonte de luz. (PHILIPS, 1981, p.223)
<b>Bandeja de luz ou prateleira de luz</b>	Elemento de controle colocado horizontalmente num componente de passagem vertical, acima do nível de visão, definindo uma porção superior e inferior, protegendo o ambiente interno contra a radiação solar direta e redirecionando a luz natural para o teto (NBR 15215-1, 2005, p.4)
<b>Campo Visual</b>	Campo visual do olho ou olhos, é a extensão angular do espaço no qual um objeto pode ser percebido, quando os olhos observam um objeto diretamente na frente. (PHILIPS, 1981, p.224)
<b>Candela</b>	É a unidade de intensidade luminosa. Sua grandeza é tal que a intensidade luminosa de um centímetro quadrado de "corpo negro", a temperatura de solidificação da platina, corresponde a 60 candelas. Símbolo: cd (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352)
<b>Certificação</b>	Sistema de avaliação voluntária que por um conjunto de pré-requisitos e exigências, confere selo de qualidade para prédios ou projetos.
<b>Contraste de Luminância</b>	Contraste de luminância entre duas partes do campo visual, é a diferença relativa de luminância das partes. (PHILIPS, 1981, p.224)
<b>Curva Isolux</b>	É o lugar geométrico dos pontos do plano de trabalho que possuem igual iluminamento ou nível de iluminação. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352)
<b>Eficácia Luminosa</b>	Eficácia luminosa de uma fonte é a relação entre o fluxo luminoso em lumens emitido por esta fonte e a potência absorvida em watts para produzi-lo. Unidade: lumen/watt" (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352)
<b>Fator de Luz Diurna (FLD)</b>	É a razão entre a iluminação natural num determinado ponto num plano horizontal interno devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste com uma distribuição de luminâncias conhecida, e a iluminação num plano horizontal externo produzida pela abóbada celeste totalmente desobstruída, expressa como uma percentagem. A luz solar direta está excluída de ambos os valores de luminância. (NBR 15215-1, 2005, p.2)
<b>Fator Solar</b>	Representa a parte da energia solar incidente que entra no vidro, incluindo tanto a energia transmitida diretamente quanto a que é absorvida e irradiada para o interior do ambiente.



<b>Fator de Transmissão</b>	Ou transmitância, é a relação entre o fluxo transmitido através de um corpo e o fluxo que sobre ele incide. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.354)
<b>Fator de Uniformidade</b>	Fator de Uniformidade de Iluminação é a razão entre a iluminação mínima sobre uma superfície e a iluminação média sobre a mesma superfície. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.356)
<b>Fluxo Luminoso</b>	É a quantidade total de luz que uma fonte irradia por segundo. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352)
<b><i>Glazing Factor</i></b>	Conceito desenvolvido pela LEED Core & Shell para avaliação da admissão de luz natural no ambiente interno. É calculado por meio de uma fórmula que leva em conta a área da sala; a geometria, posição e área das janelas e a transmitância visual dos vidros.
<b>Iluminação</b>	É a aplicação da radiação visível a um objeto. (PHILIPS, 1981, p.229)
<b>Iluminação Geral</b>	iluminação projetada para uma área, sem previsão para requisitos especiais locais. (PHILIPS, 1981, p.229)
<b>Iluminância</b>	É a quantidade de luz que chega a uma superfície por unidade de área. Unidade : lux
<b>Lei</b>	O mesmo que regulamento; mecanismo estabelecido por ações governamentais e de cumprimento obrigatório.
<b>Louvre</b>	Proteção feita de componentes translúcidos ou opacos, posicionados geometricamente para evitar a visão direta das lâmpadas num determinado ângulo. (PHILIPS, 1981, p.232)
<b>Lumen</b>	É a unidade de fluxo luminoso. Corresponde ao fluxo luminoso emitido no interior do ângulo sólido igual a 1 esferoradiano, por uma fonte puntiforme, de intensidade luminosa de 1 candela, em todas as direções. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352) Símbolo: l
<b>Luminância</b>	A medida física do brilho de uma superfície. Unidade: cd/m <sup>2</sup> (candela por metro quadrado)
<b>Luz</b>	Cada radiação capaz de causar uma sensação visual direta, isto é, radiação visível. (PHILIPS, 1981, p.233)
<b>Luz Artificial</b>	É toda a luz obtida com a instalação de um artefato (lâmpada) que usa a eletricidade para produzi-la.
<b>Luz Natural</b>	Ou luz do dia, é a parte visível da radiação solar.
<b>Lux</b>	Unidade de iluminação. É a quantidade de iluminação numa superfície de 1 metro quadrado onde incide um fluxo luminoso uniformemente distribuído de 1 lumen. É a iluminação

	normal de 1 candela a 1 metro de distância. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.352) Símbolo: lx
<b>Norma</b>	Desenvolvida por associações técnicas com alcance nacional ou até internacional, pode ser usada como apoio para as leis ou na solução de problemas legais ligados à construção. Segundo a definição da UNESCO norma é um "documento estabelecido por consenso, que fornece, para os usos comuns e repetidos, regras, recomendações ou características, para as atividades ou seus resultados, garantindo um nível otimizado, dentro do contexto dado."
<b>Ofuscamento</b>	O desconforto ou prejuízo da experiência visual por distribuição ou valor inadequado de luminância, ou por contrastes extremos no tempo ou no espaço. (PHILIPS, 1981, p.234)
<b>Pele de vidro</b>	Sistema de revestimento externo das edificações que usa superfícies contínuas de vidro.
<b>Penetração de Luz Diurna</b>	É a distância perpendicular à janela até onde penetra a luz da abóbada celeste. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.355)
<b>Plano de Trabalho</b>	Plano onde são executadas as tarefas visuais.
<b>Refletância</b>	Razão entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente em uma superfície.
<b>Reflexão</b>	É o reenvio de uma radiação que incide sobre uma superfície sem que mudem as frequências da citada radiação. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.353)
<b>Regulamento</b>	O mesmo que lei.
<b>Reprodução de Cor</b>	Efeito de uma fonte luminosa na aparência de cor de objetos, em comparação consciente ou subconsciente com a sua aparência de cor, sob uma fonte de referência. (PHILIPS, 1981, p.236)
<b>Transmissão</b>	É a passagem da radiação através de um meio sem que mudem as frequências da citada radiação. (VIANNA; GONÇALVES, 2001, p.353)
<b>Transmitância visível</b>	É a razão entre o fluxo luminoso transmitido e o fluxo incidente.
<b>Watt</b>	Unidade de potência. Símbolo: W
<b>WWR (<i>window-wall ratio</i>)</b>	Conceito utilizado pela ASHRAE (Performance Rating Method, in 90.1.2004-Appendix G), que relaciona a área transparente da fachada ( <i>fenestration área</i> ) e a área total da fachada ( <i>gross wall área</i> ).



### CASO 1 - SIMULAÇÃO NO RADIANCE

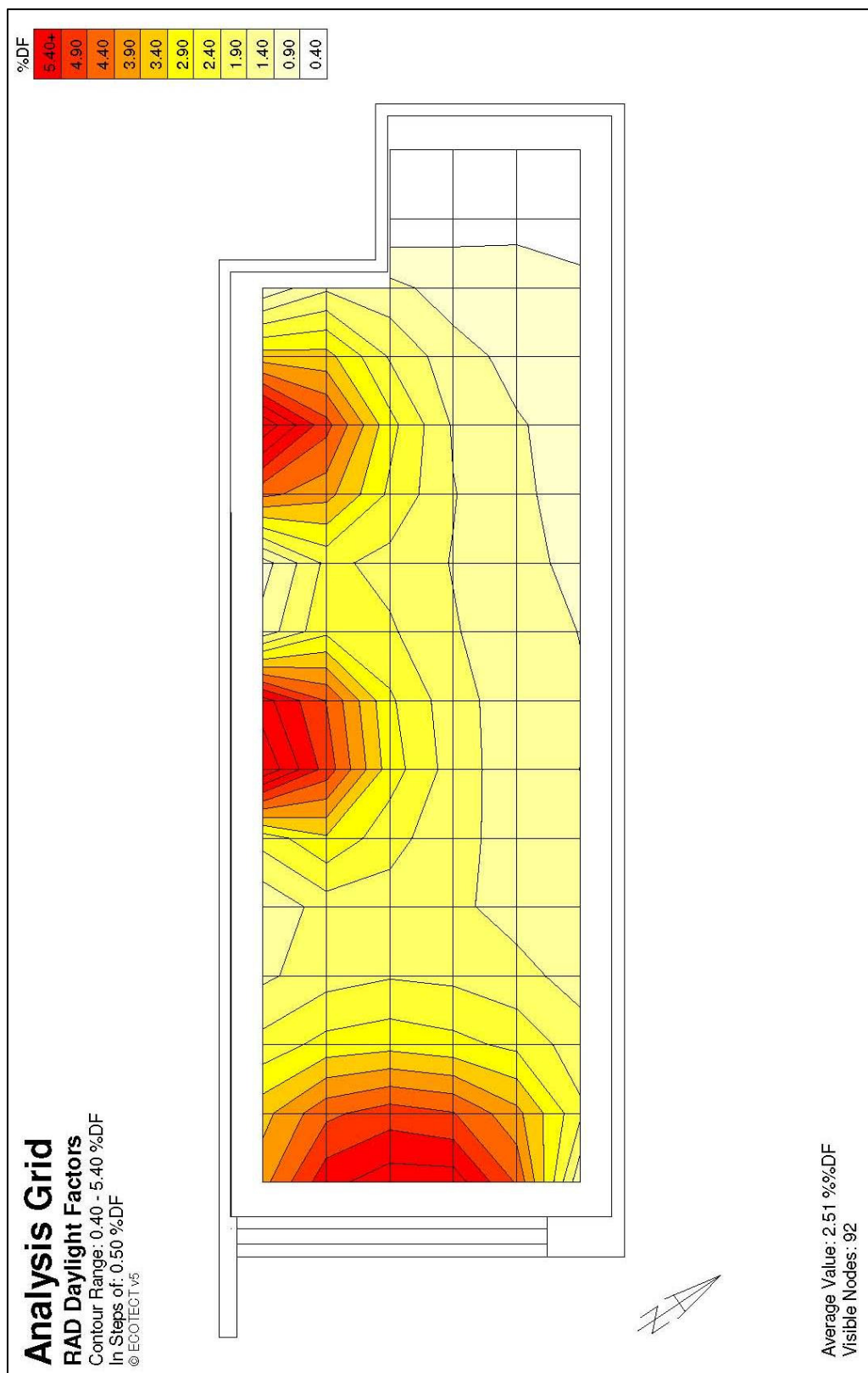


Figura A-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance

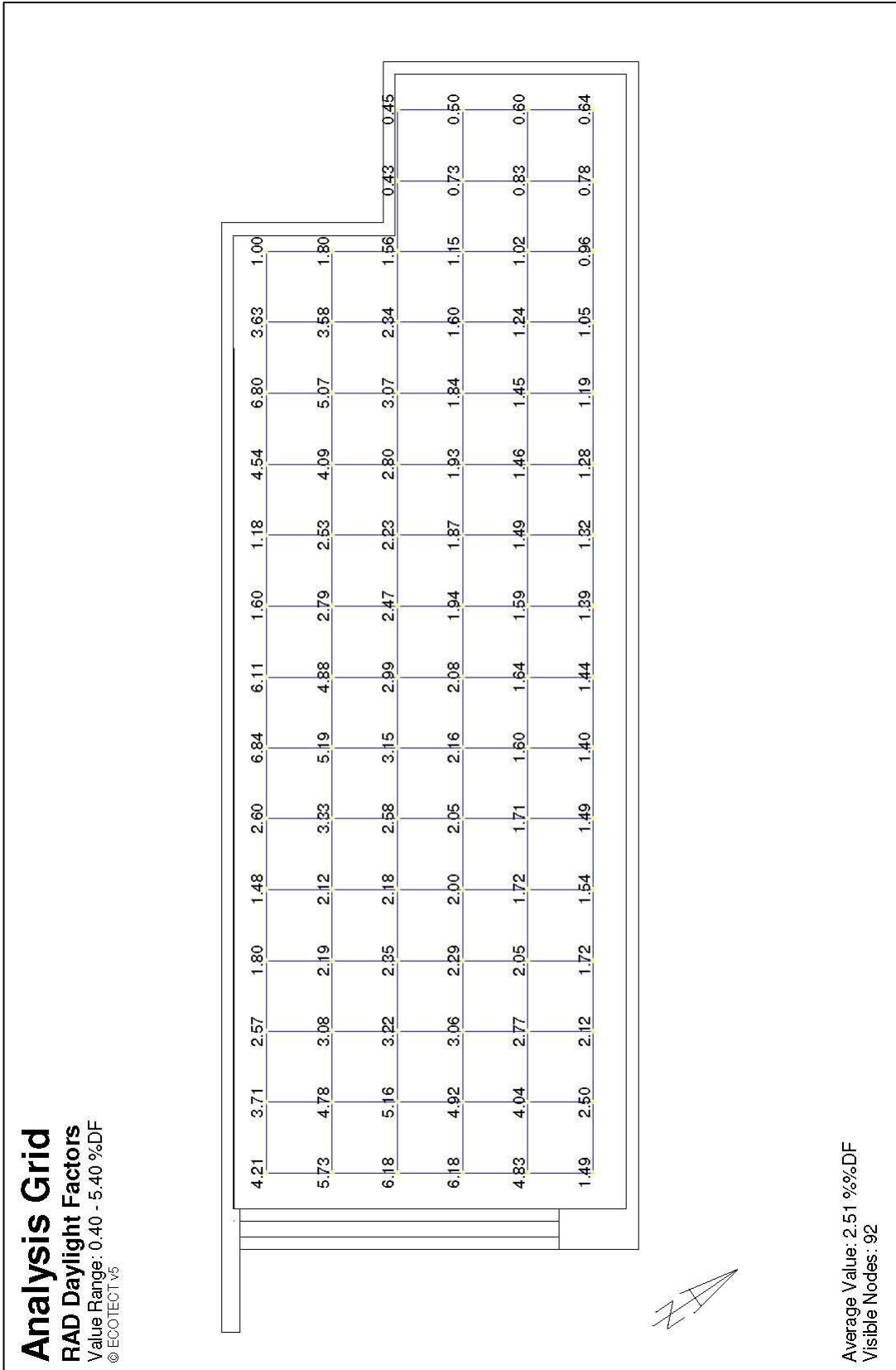


Figura A-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
 Fonte: Radiance

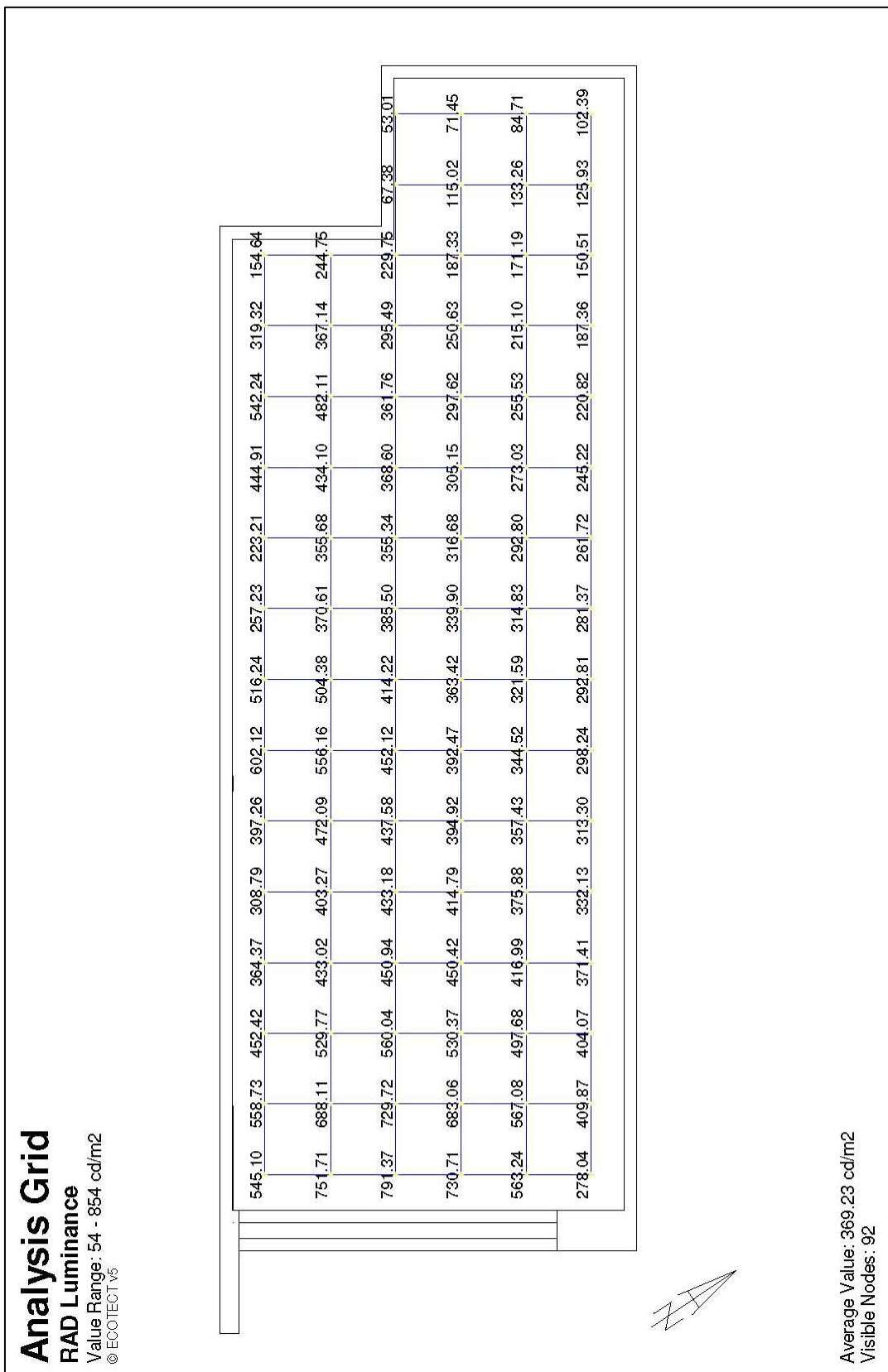


Figura A-3  
 Valores de Luminâncias (cd/m<sup>2</sup>) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
 Fonte: Radiance

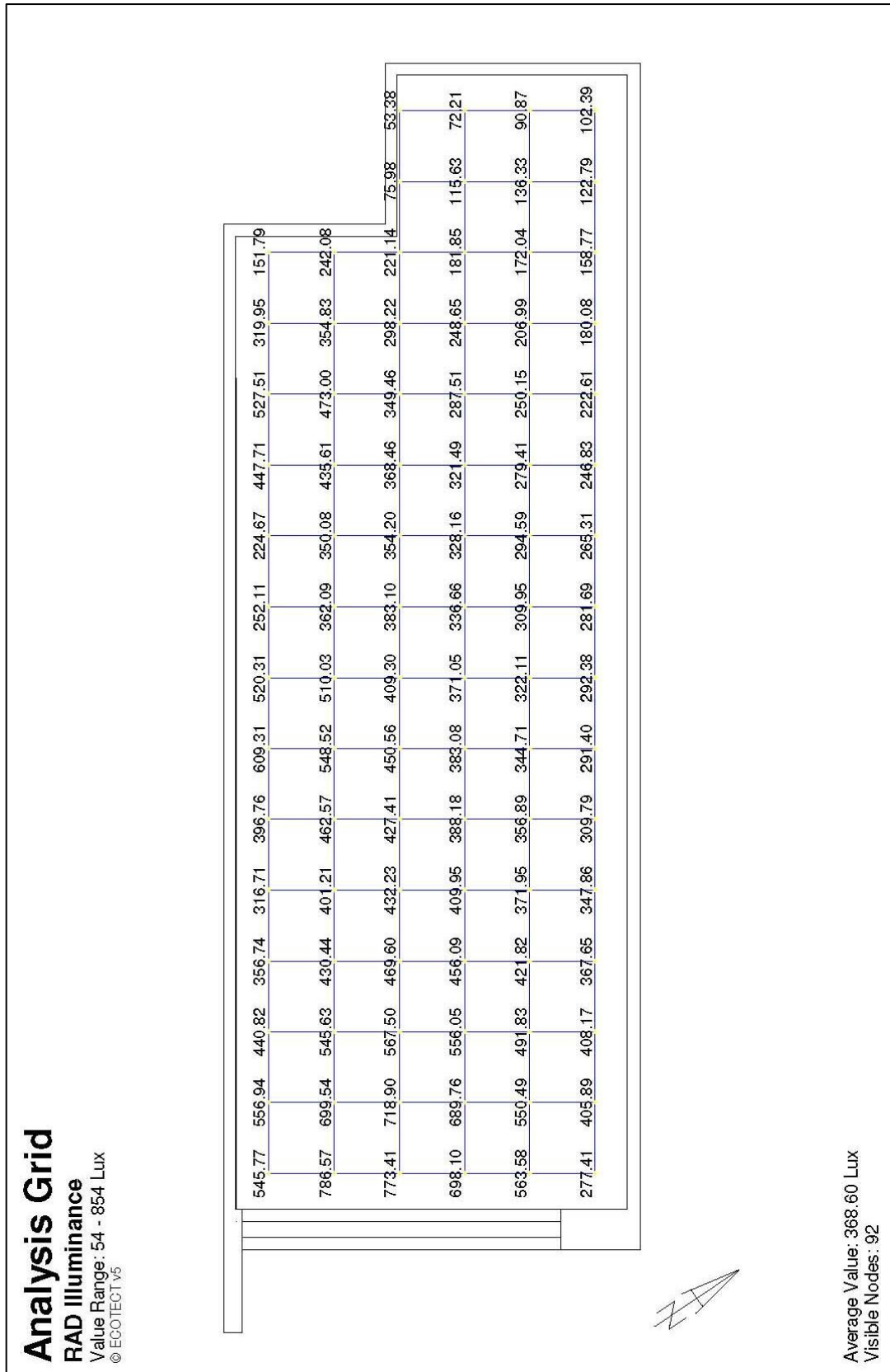


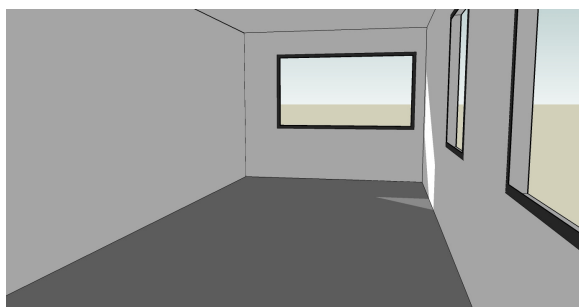
Figura A-4

Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.

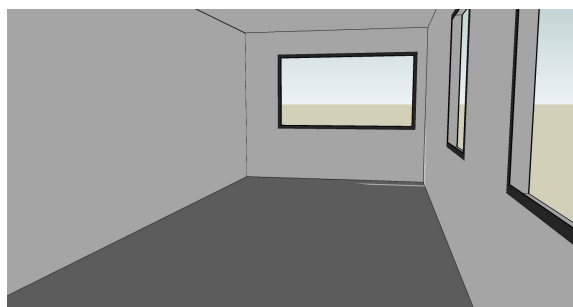
Fonte: Radiance

## CASO 1- SIMULAÇÃO NO SKETCHUP

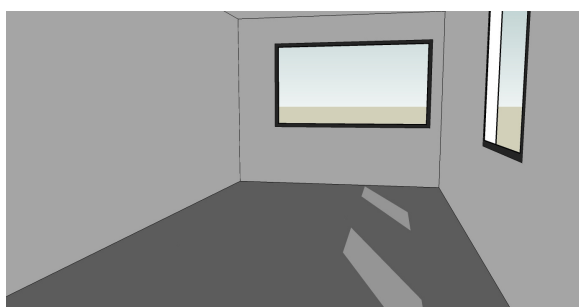
A seguir, imagens obtidas da simulação no programa SketchUp, que ilustram a penetração da radiação solar direta na sala estudada, nos horários e dias indicados.



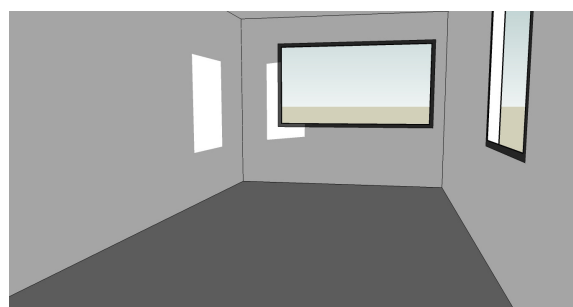
**Figura A-5** 21/mar 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



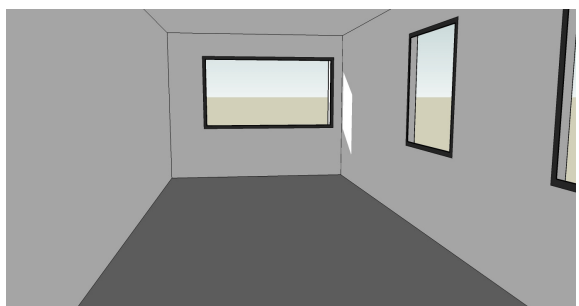
**Figura A-6** 21/mar 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



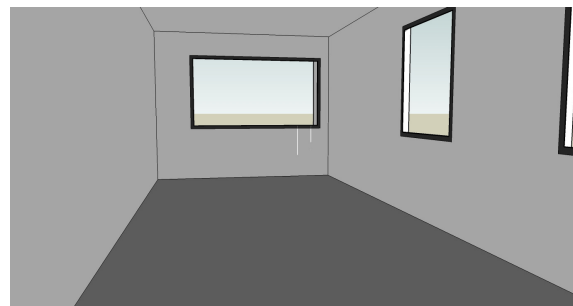
**Figura A-7** 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura A-8** 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

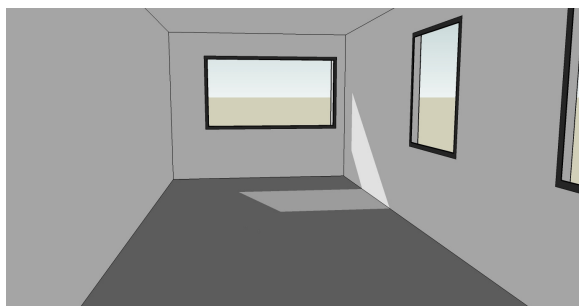


**Figura A-9** 22/jun 08:00 hs  
Fonte: Sketchup

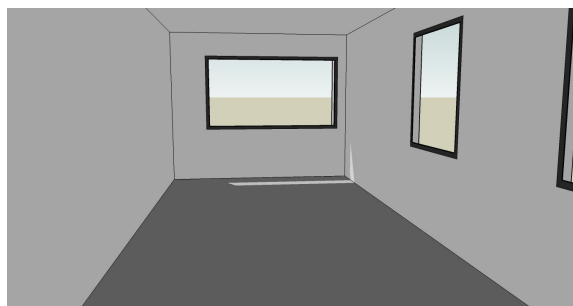


**Figura A-10** 22/jun 17:00 hs  
Fonte: Sketchup

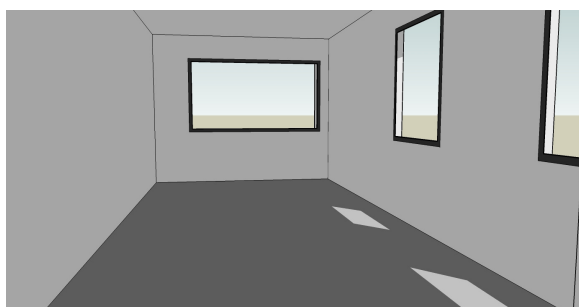




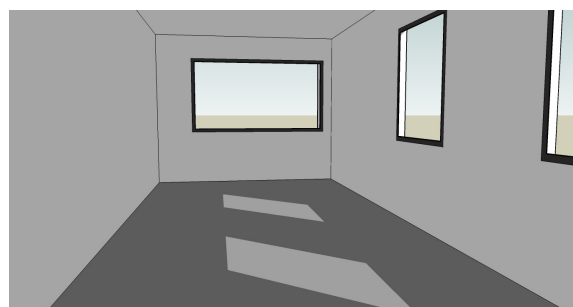
**Figura A-11** 22/dez 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



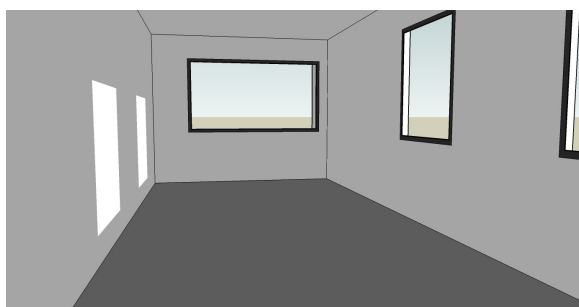
**Figura A-12** 22/dez 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura A-13** 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura A-14** 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura A-15** 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

## CASO 2 - SIMULAÇÃO NO RADIANCE

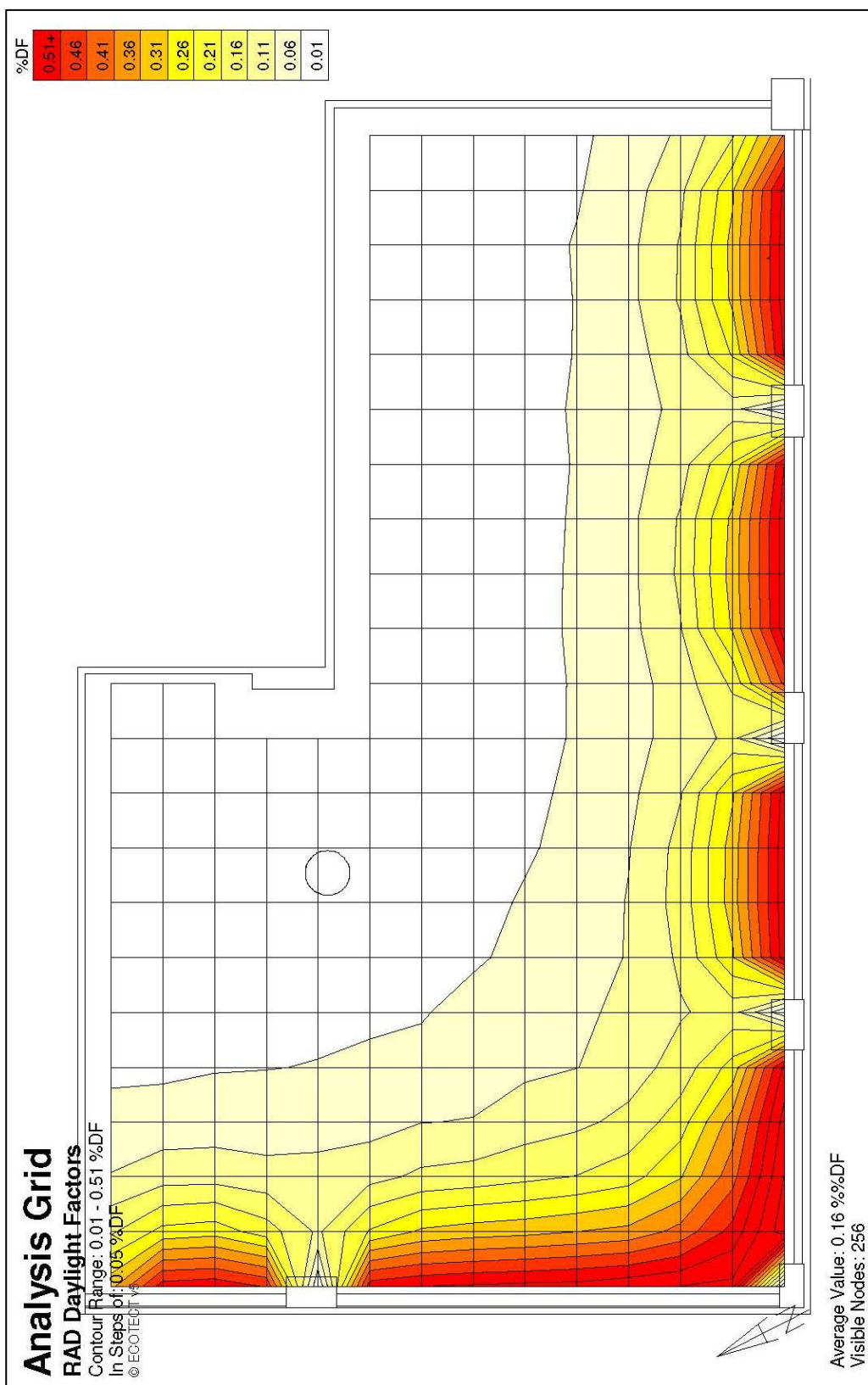


Figura B-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance



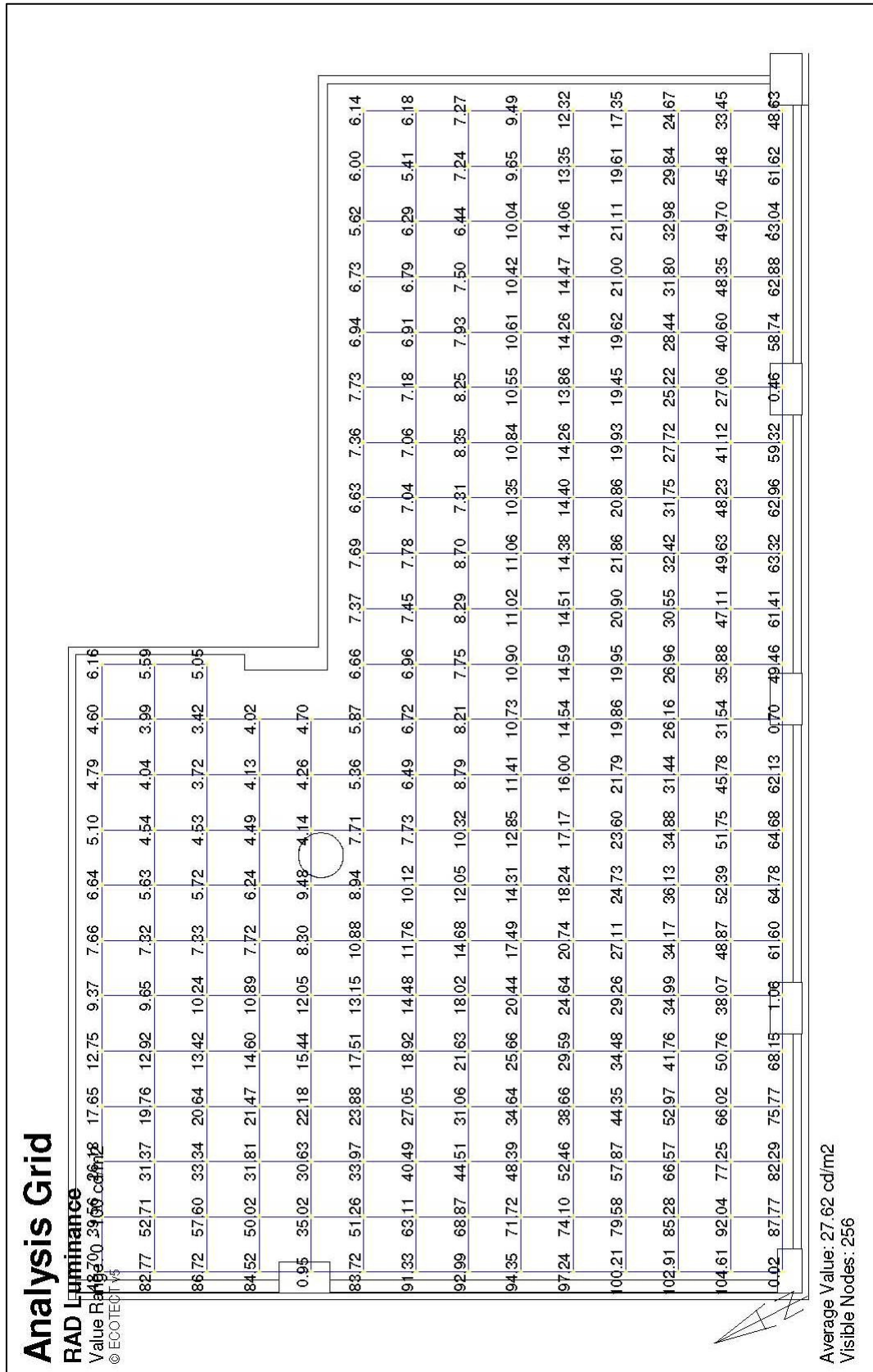
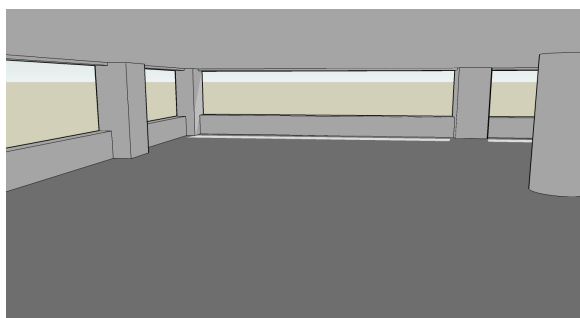


Figura B-3  
 Valores de Luminâncias (cd/m<sup>2</sup>) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
 Fonte: Radiance

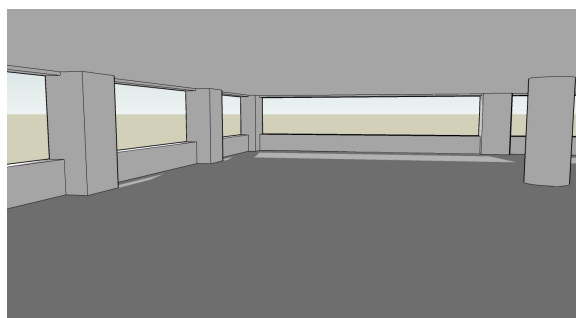


## CASO 2 - SIMULAÇÃO NO SKETCHUP

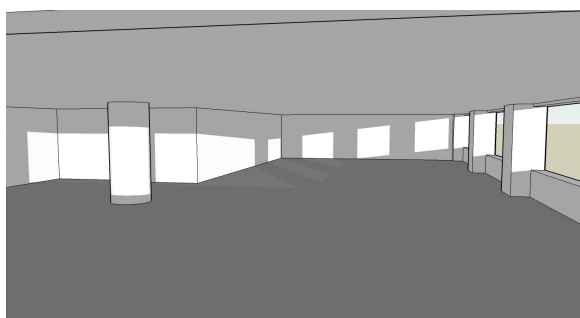
A seguir, imagens obtidas da simulação no programa SketchUp, que ilustram a penetração da radiação solar direta na sala estudada, nos horários e dias indicados.



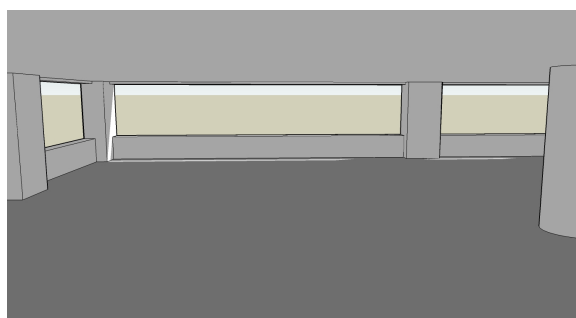
**Figura B-5** 21/mar 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



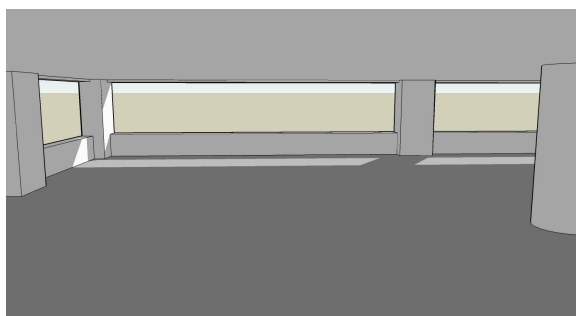
**Figura B-6** 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



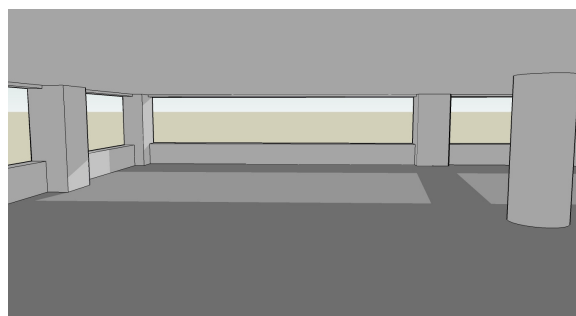
**Figura B-7** 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup



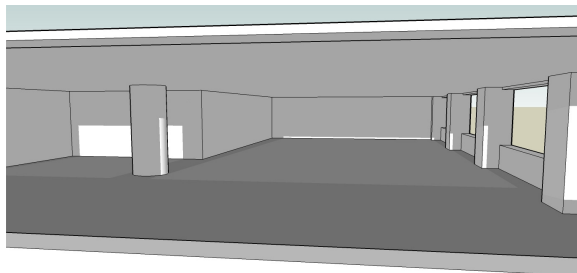
**Figura B-8** 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



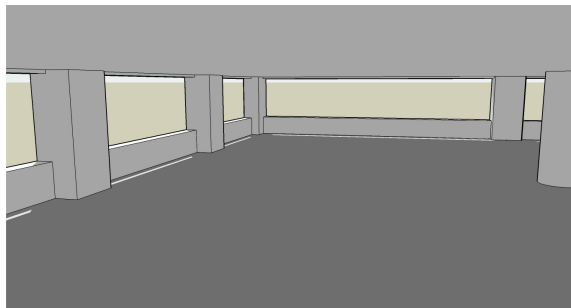
**Figura B-9** 22/jun 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



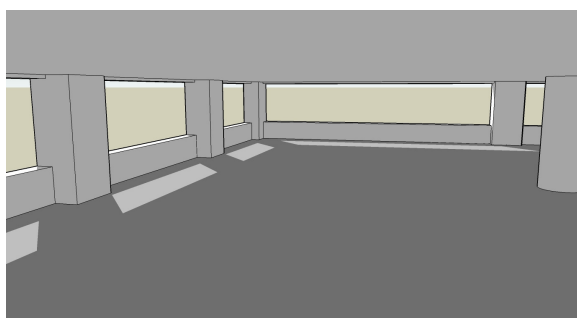
**Figura B-10** 22/jun 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



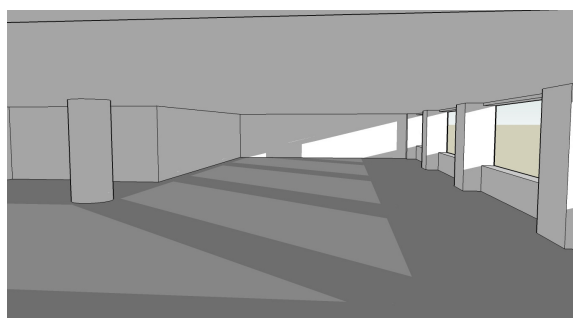
**Figura B-11** 22/jun 17:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura B-12** 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura B-13** 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura B-14** 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

### CASO 3 - SIMULAÇÃO NO RADIANCE

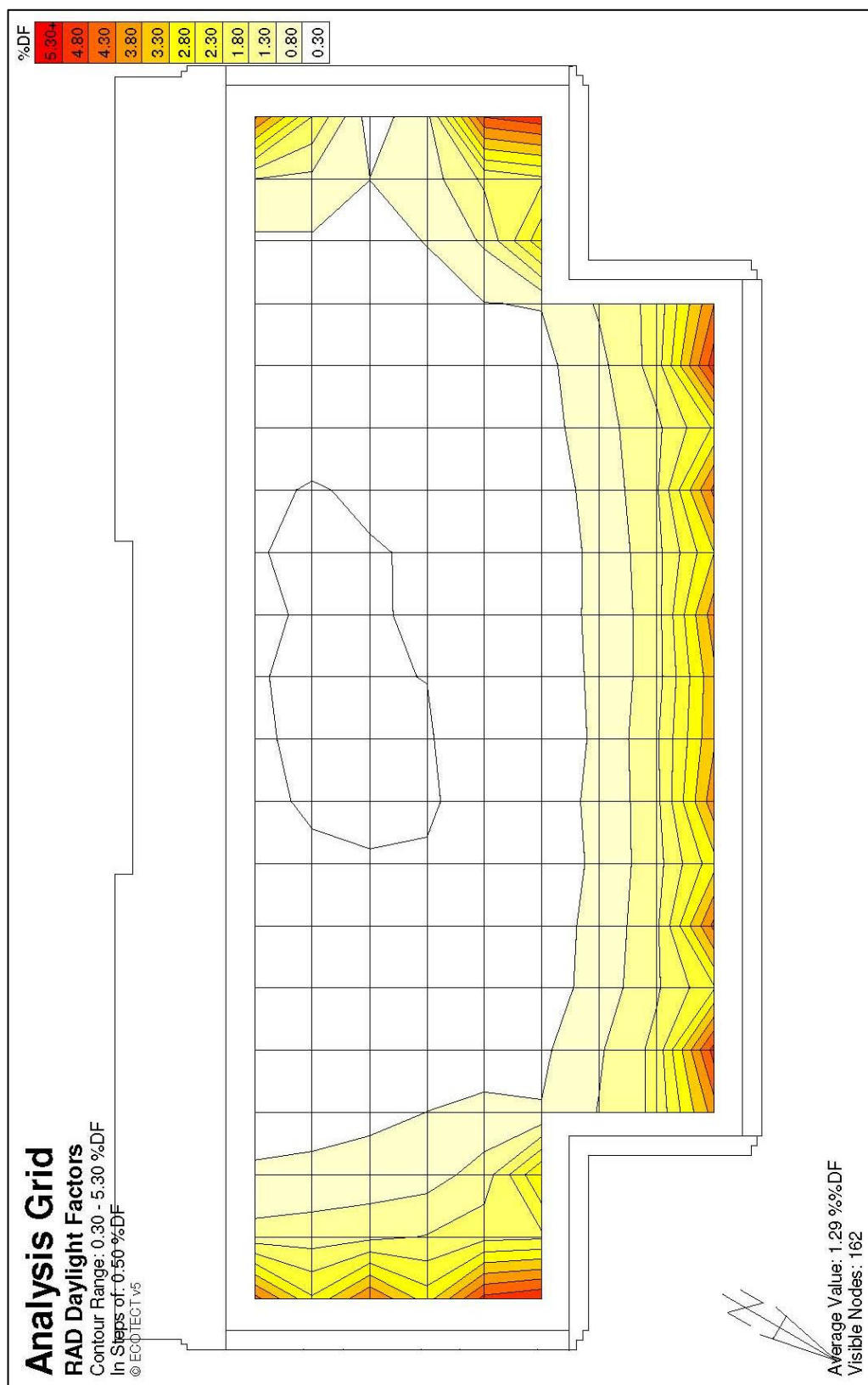


Figura C-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance



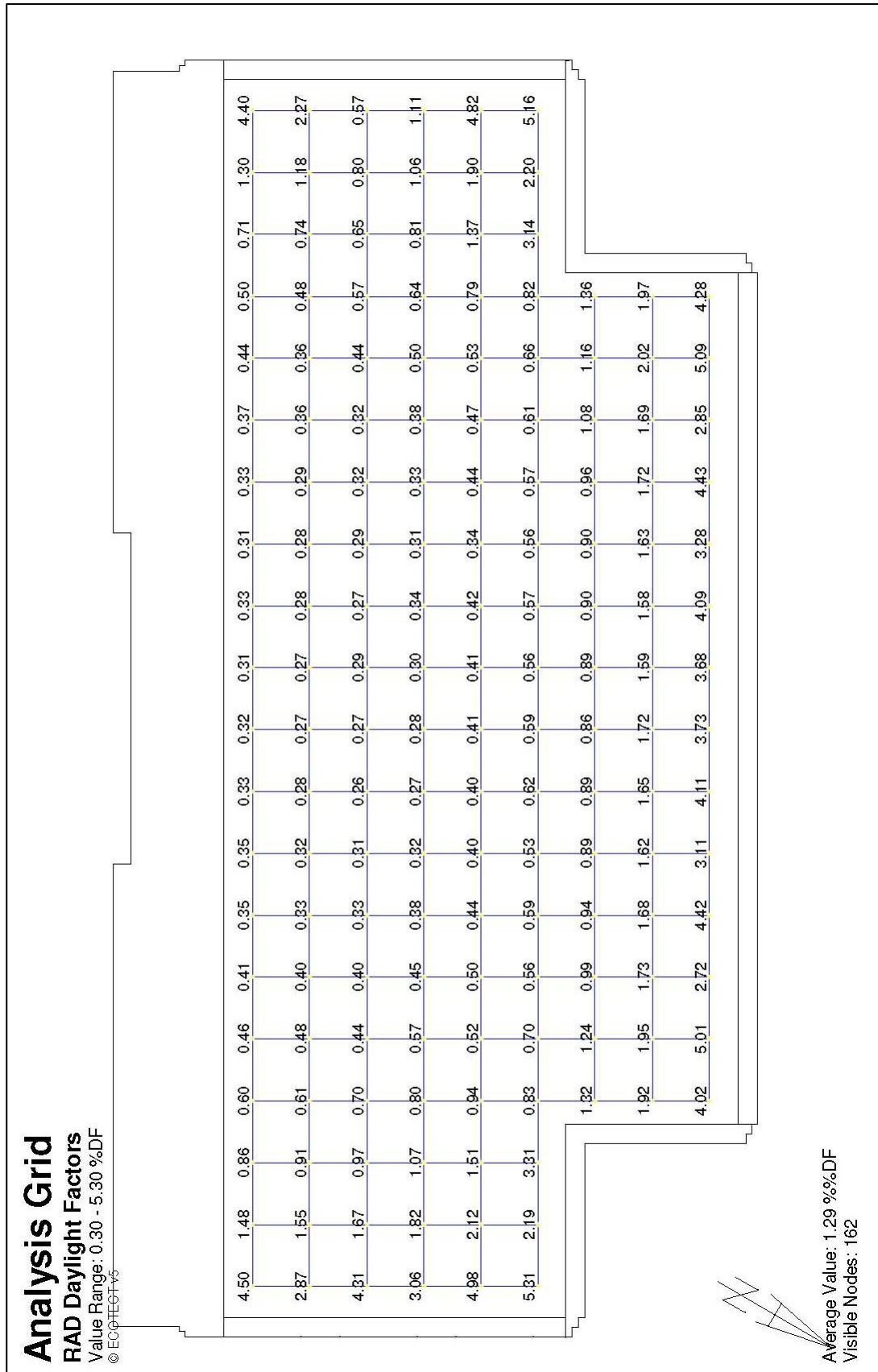


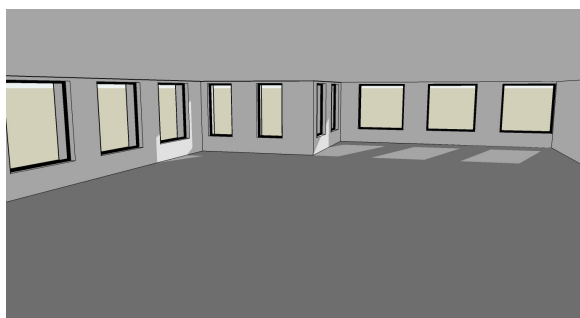
Figura C-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
 Fonte: Radiance



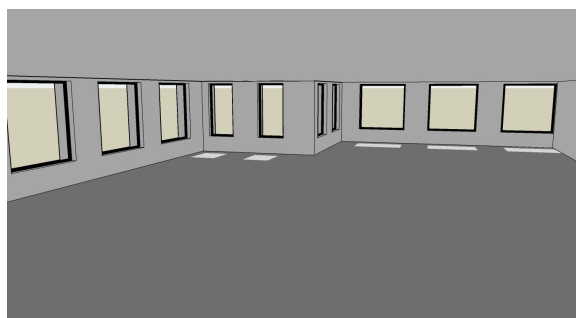


### CASO 3 - SIMULAÇÃO NO SKETCHUP

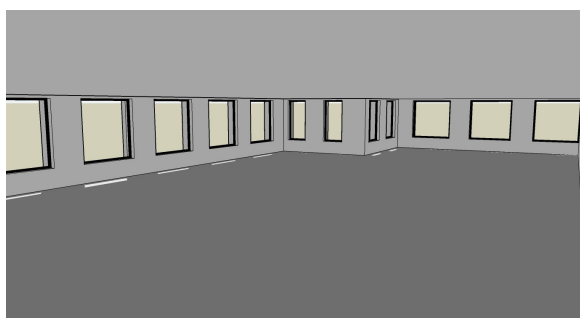
A seguir, imagens obtidas da simulação no programa SketchUp, que ilustram a penetração da radiação solar direta na sala estudada, nos horários e dias indicados.



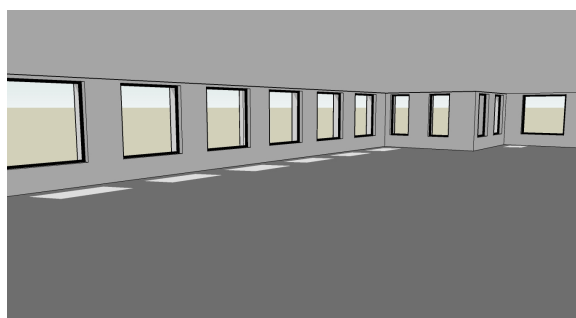
**Figura C-5** 21/mar 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



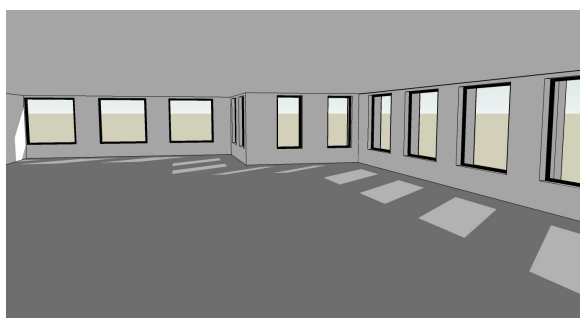
**Figura C-6** 21/mar 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



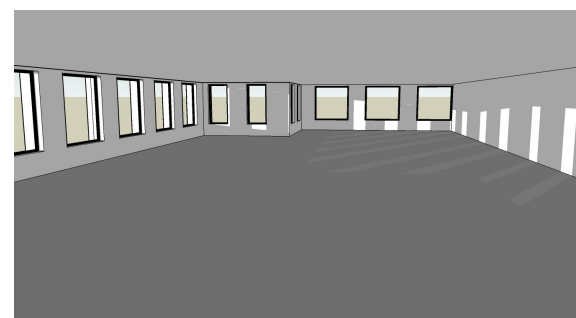
**Figura C-7** 21/mar 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



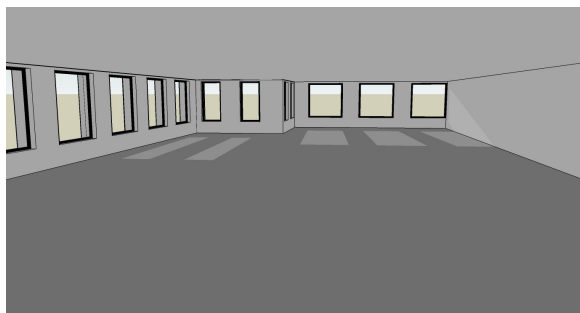
**Figura C-8** 21/mar 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



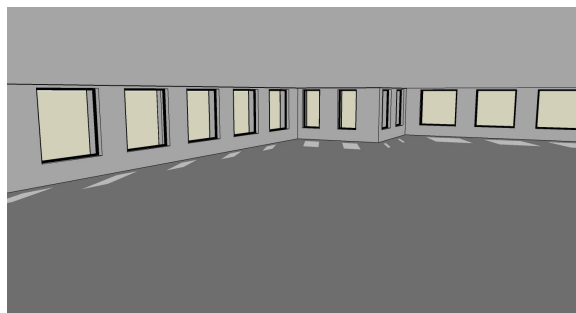
**Figura C-9** 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



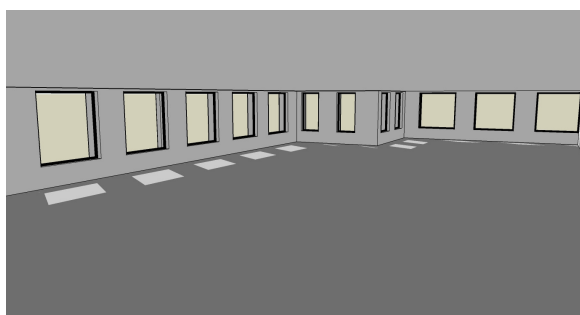
**Figura C-10** 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup



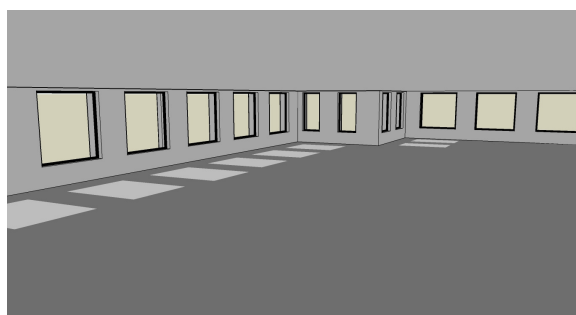
**Figura C-11** 22/jun 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



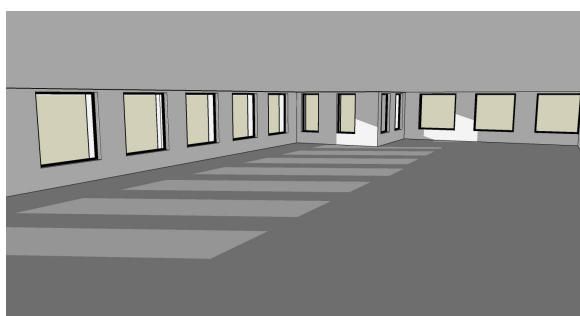
**Figura C-12** 22/jun 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



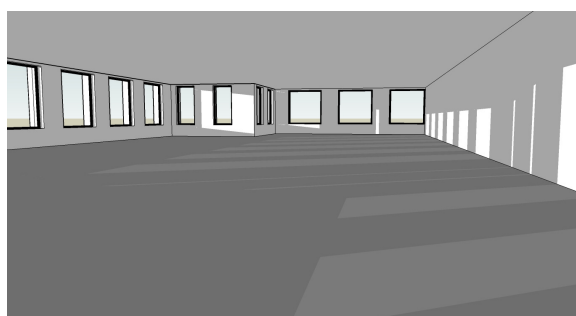
**Figura C-13** 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



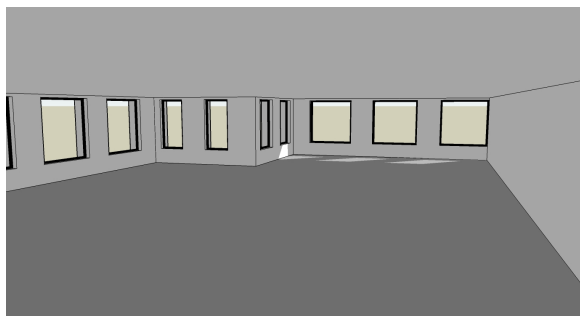
**Figura C-14** 22/jun 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



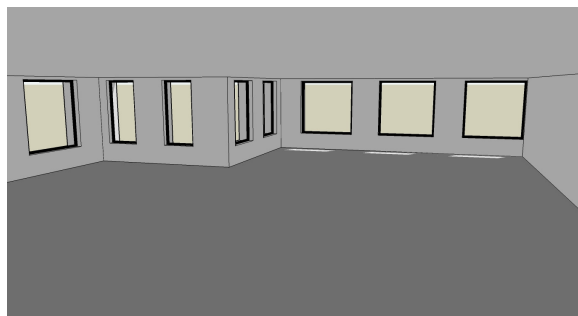
**Figura C-15** 22/jun 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



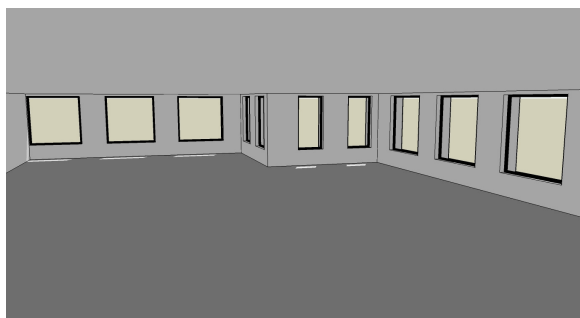
**Figura C-16** 22/jun 17:00 hs  
Fonte: Sketchup



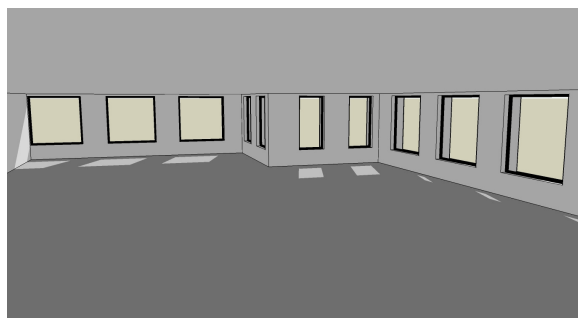
**Figura C-17** 22/dez 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



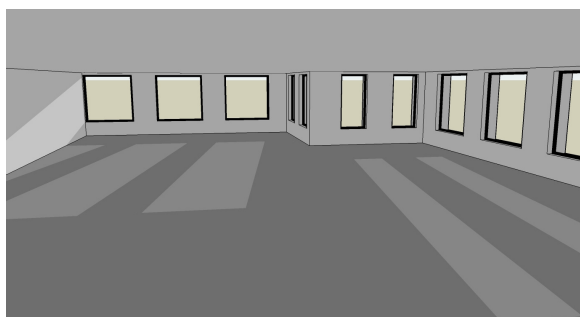
**Figura C-18** 22/dez 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura C-19** 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura C-20** 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura C-21** 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

### CASO 4 - SIMULAÇÃO NO RADIANCE

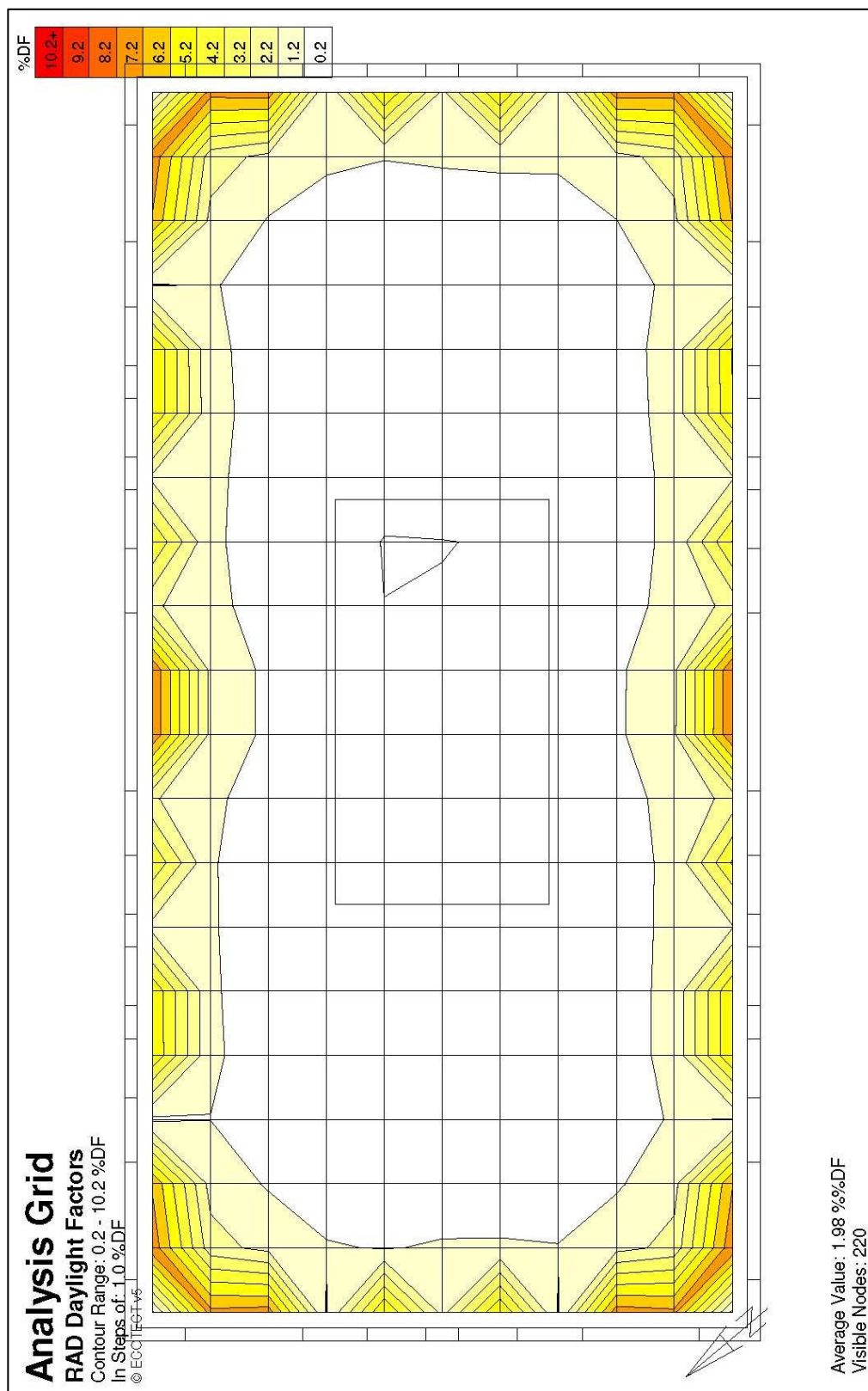


Figura D-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance

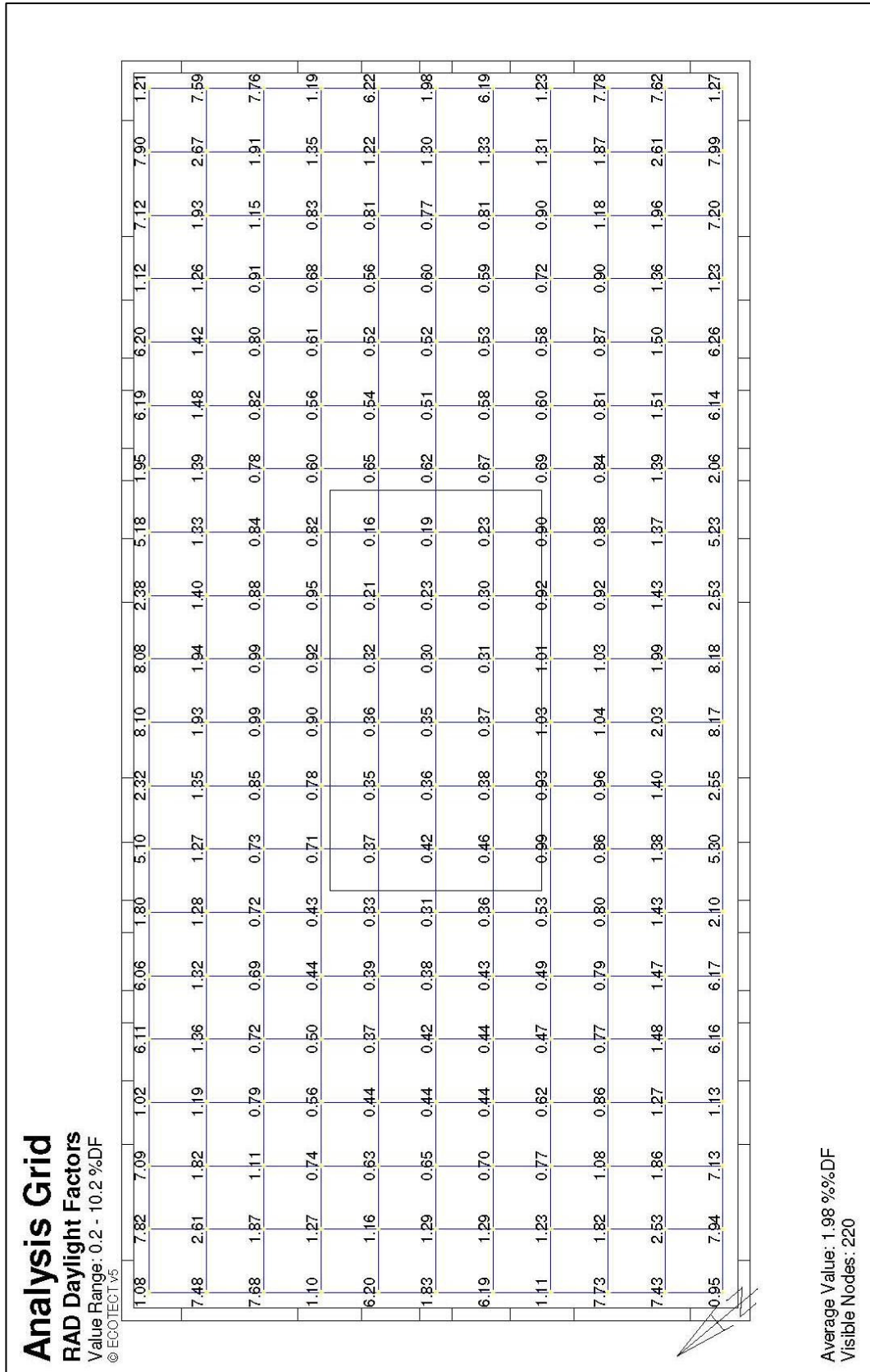


Figura D-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
 Fonte: Radiance



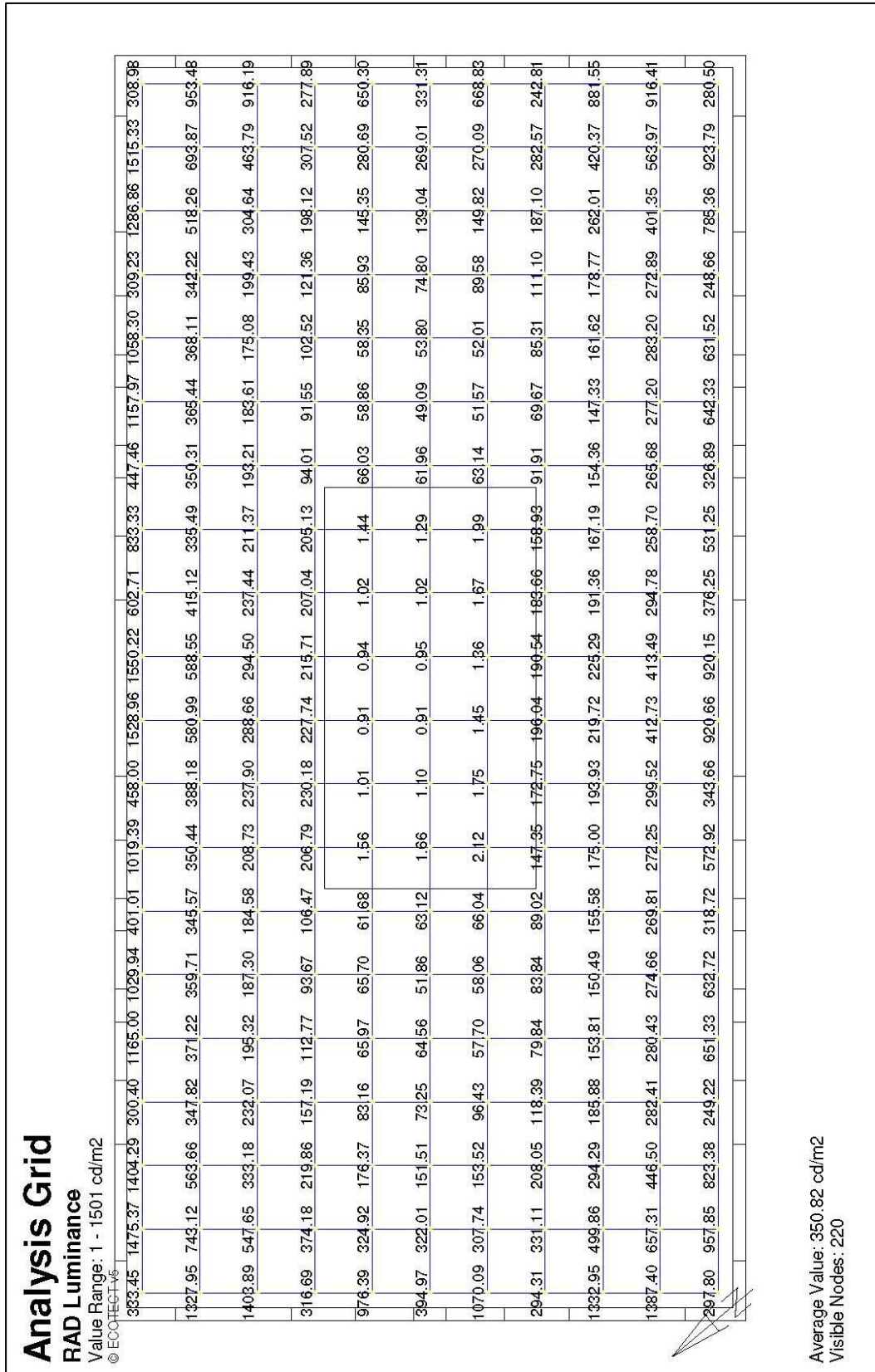


Figura D-3

Valores de Luminâncias (cd/m<sup>2</sup>) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.

Fonte: Radiance

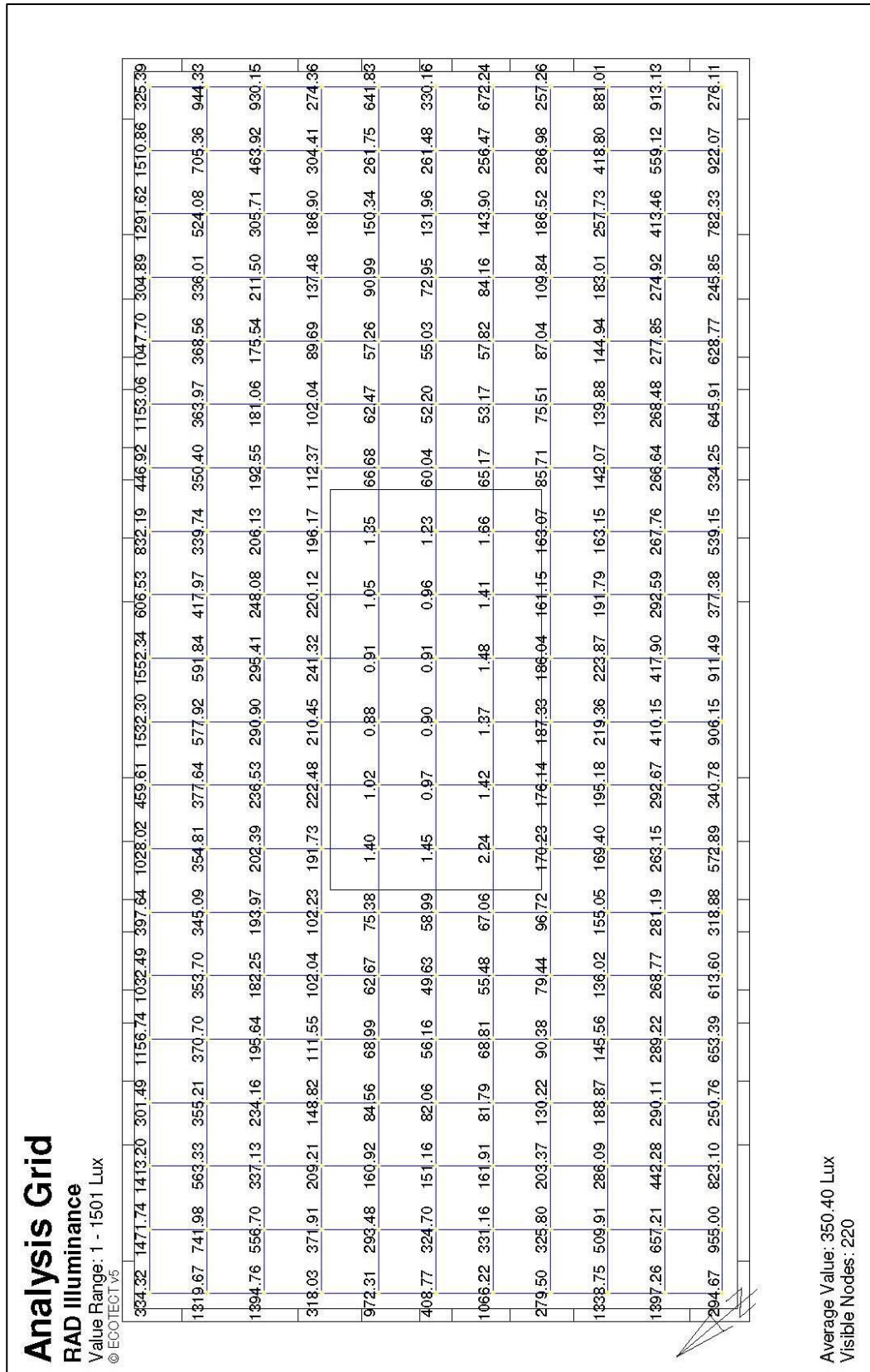


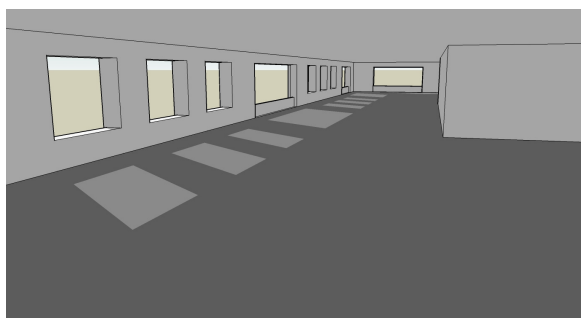
Figura D-4

Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.

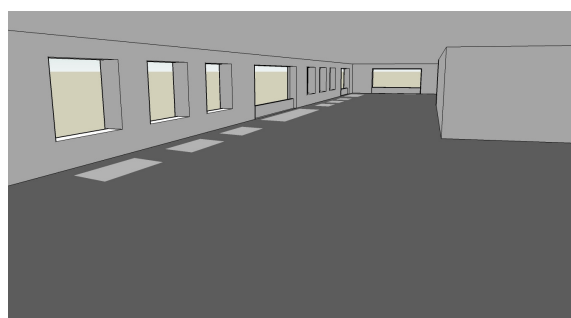
Fonte: Radiance

## CASO 4 - SIMULAÇÃO NO SKETCHUP

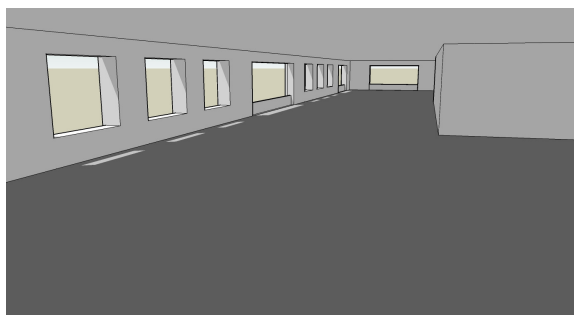
A seguir, imagens obtidas da simulação no programa SketchUp, que ilustram a penetração da radiação solar direta na sala estudada, nos horários e dias indicados.



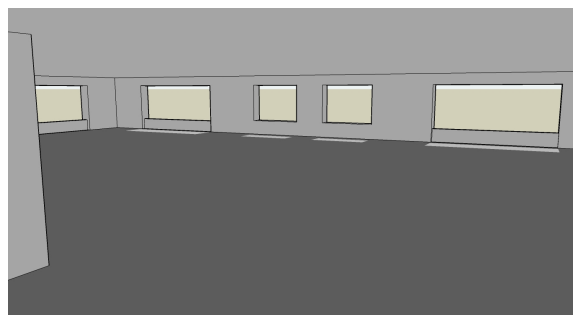
**Figura D-5** 21/mar 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



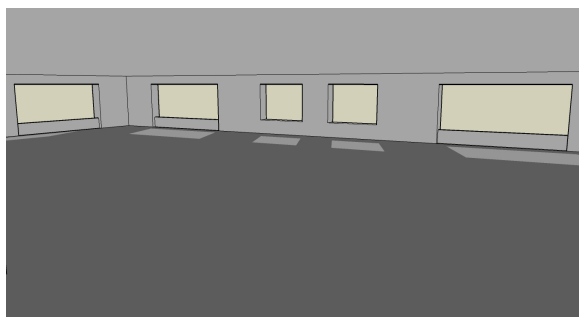
**Figura D-6** 21/mar 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



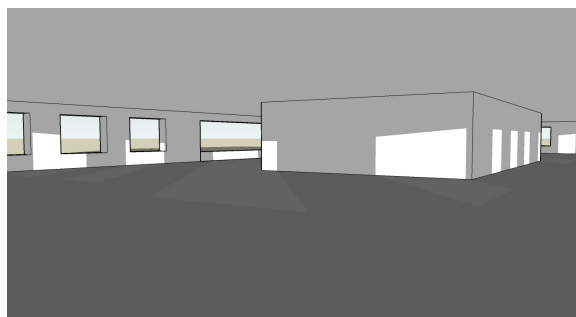
**Figura D-7** 21/mar 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



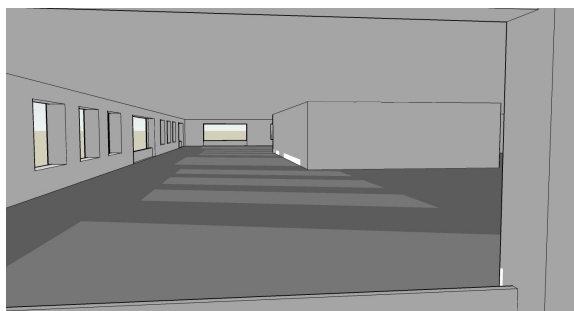
**Figura D-8** 21/mar 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



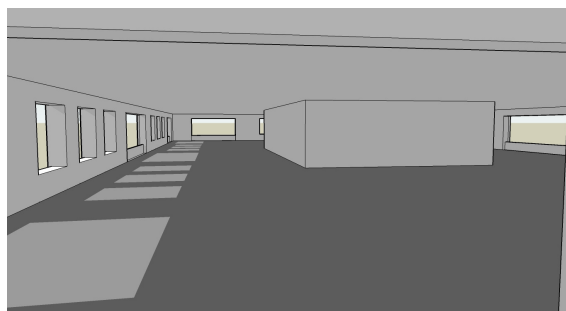
**Figura D-9** 21/mar 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



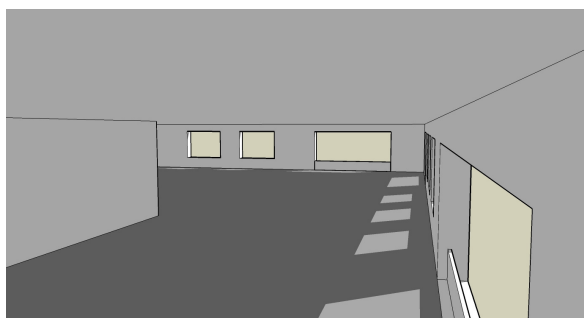
**Figura D-10** 21/mar 18:00 hs  
Fonte: Sketchup



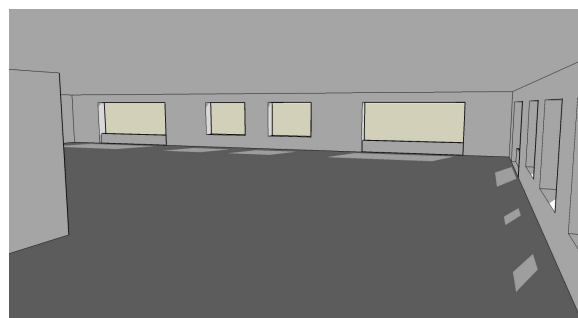
**Figura D-11** 22/jun 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



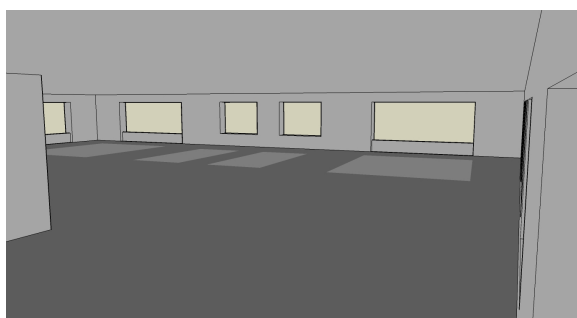
**Figura D-12** 22/jun 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



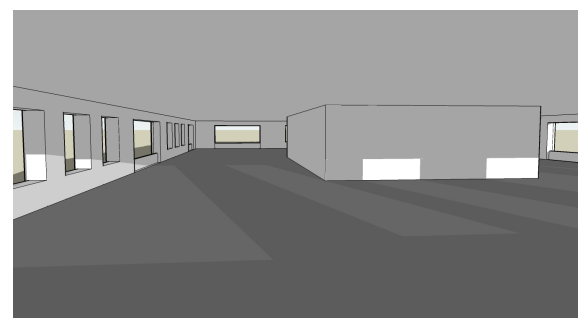
**Figura D-13** 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura D-14** 22/jun 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura D-15** 22/jun 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



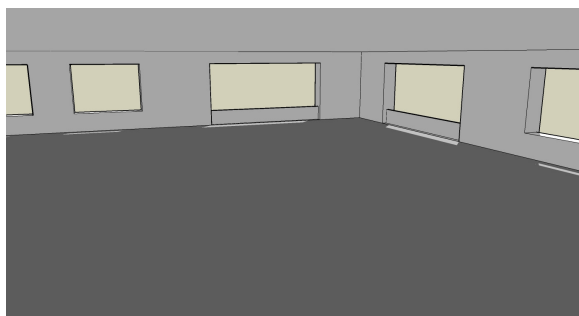
**Figura D-16** 22/jun 17:00 hs  
Fonte: Sketchup



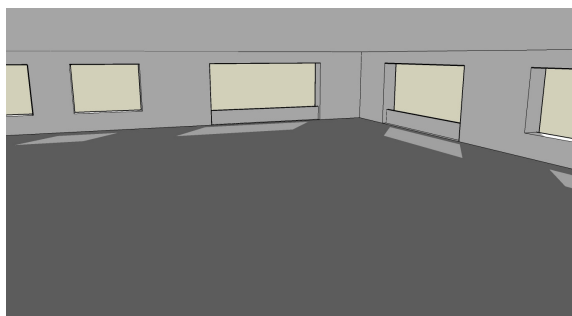
**Figura D-17** 22/dez 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



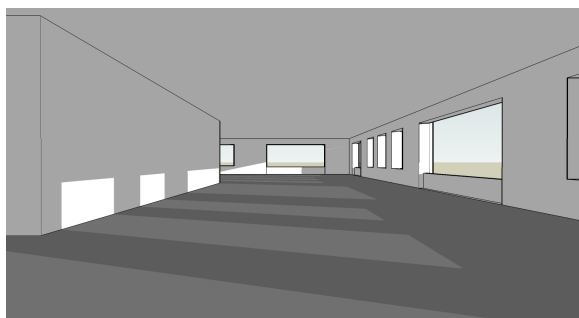
**Figura D-18** 22/dez 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura D-19** 22/dez 14:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura D-20** 22/dez 16:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura D-21** 22/dez 18:00 hs  
Fonte: Sketchup

### CASO 5 - SIMULAÇÃO NO RADIANCE

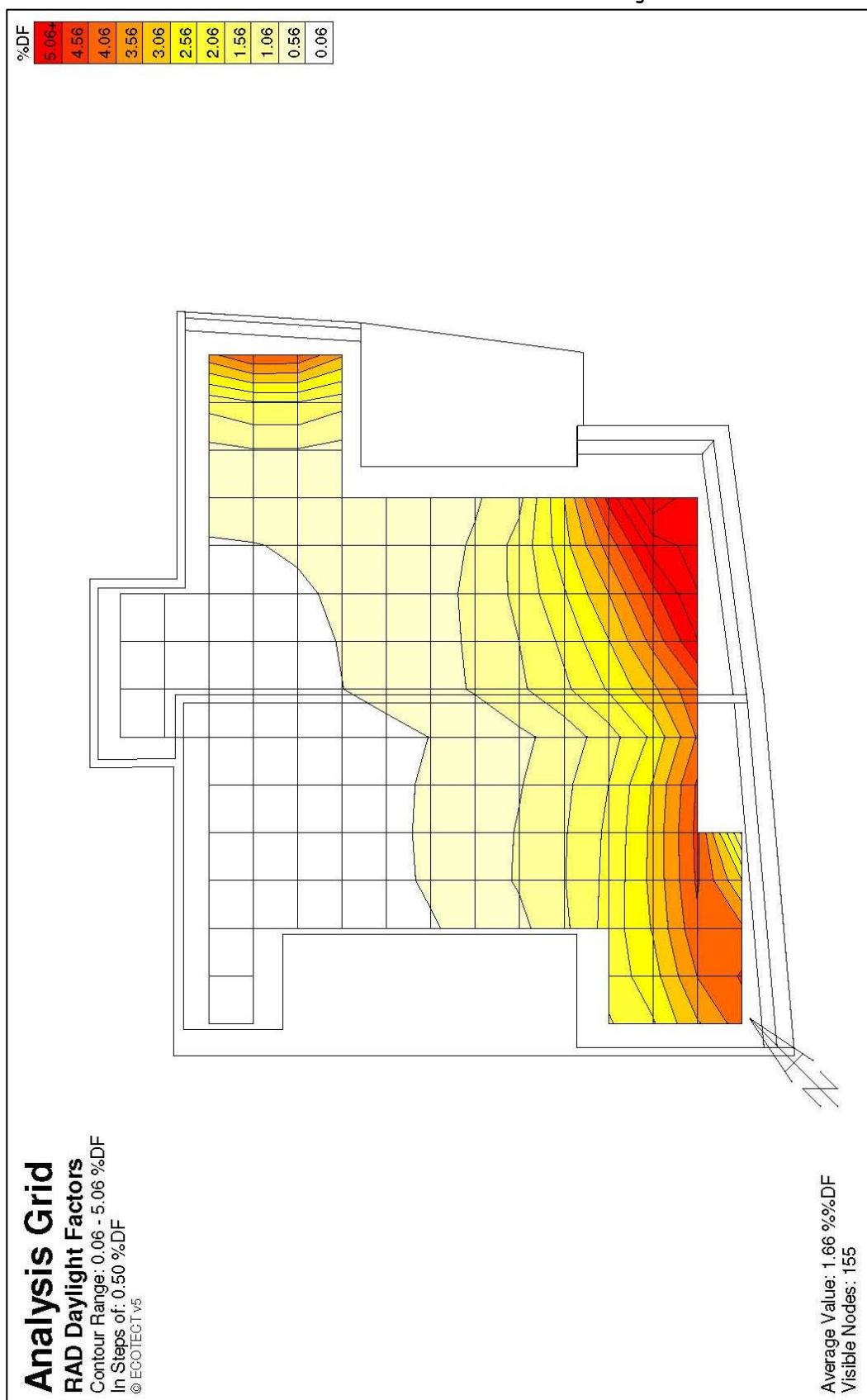


Figura E-1 Distribuição do Fator de Luz Diurna, no plano de trabalho, considerado céu encoberto  
Fonte: Radiance

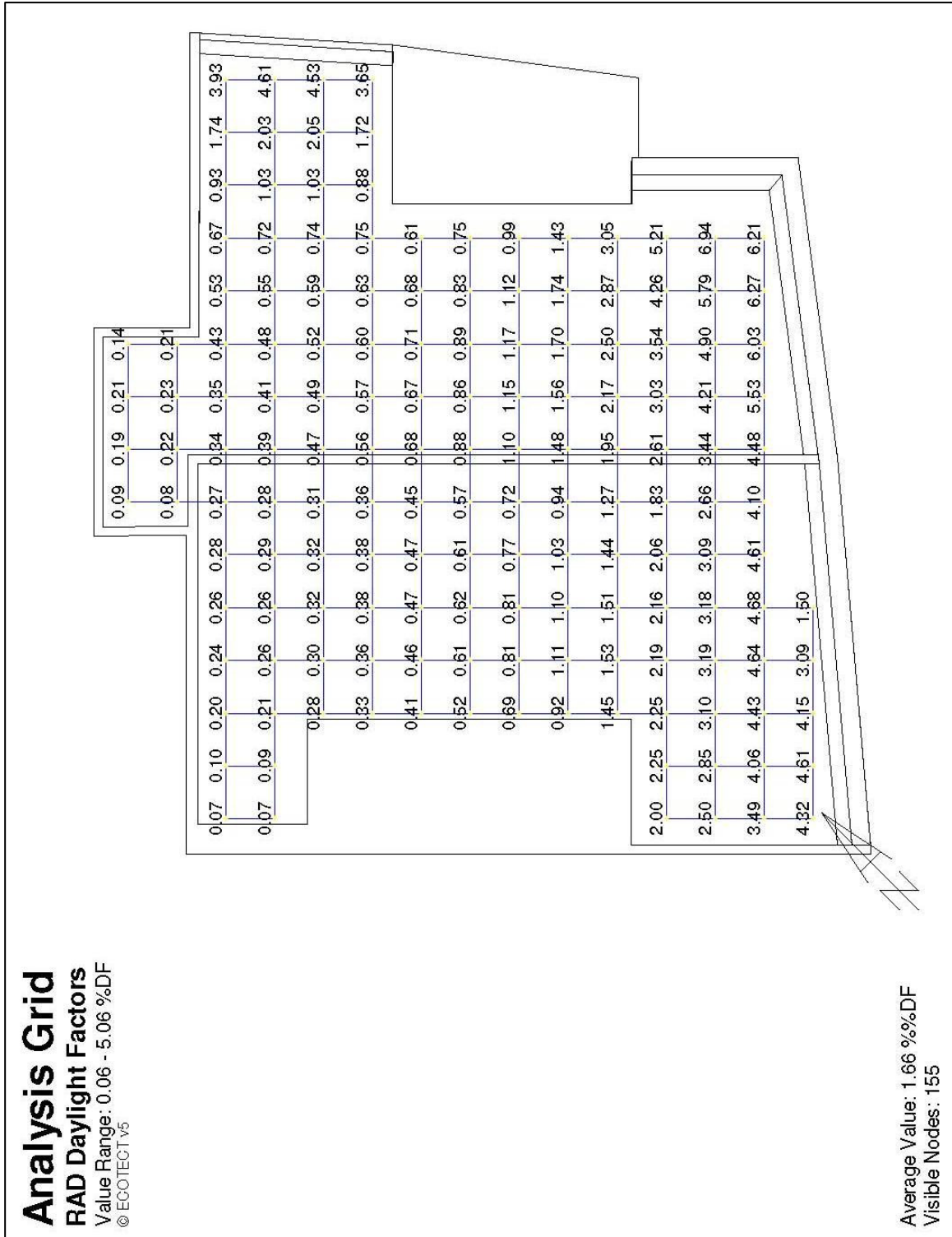


Figura E-2 Valores do Fator de Luz Diurna em cada ponto do grid.  
 Fonte: Radiance





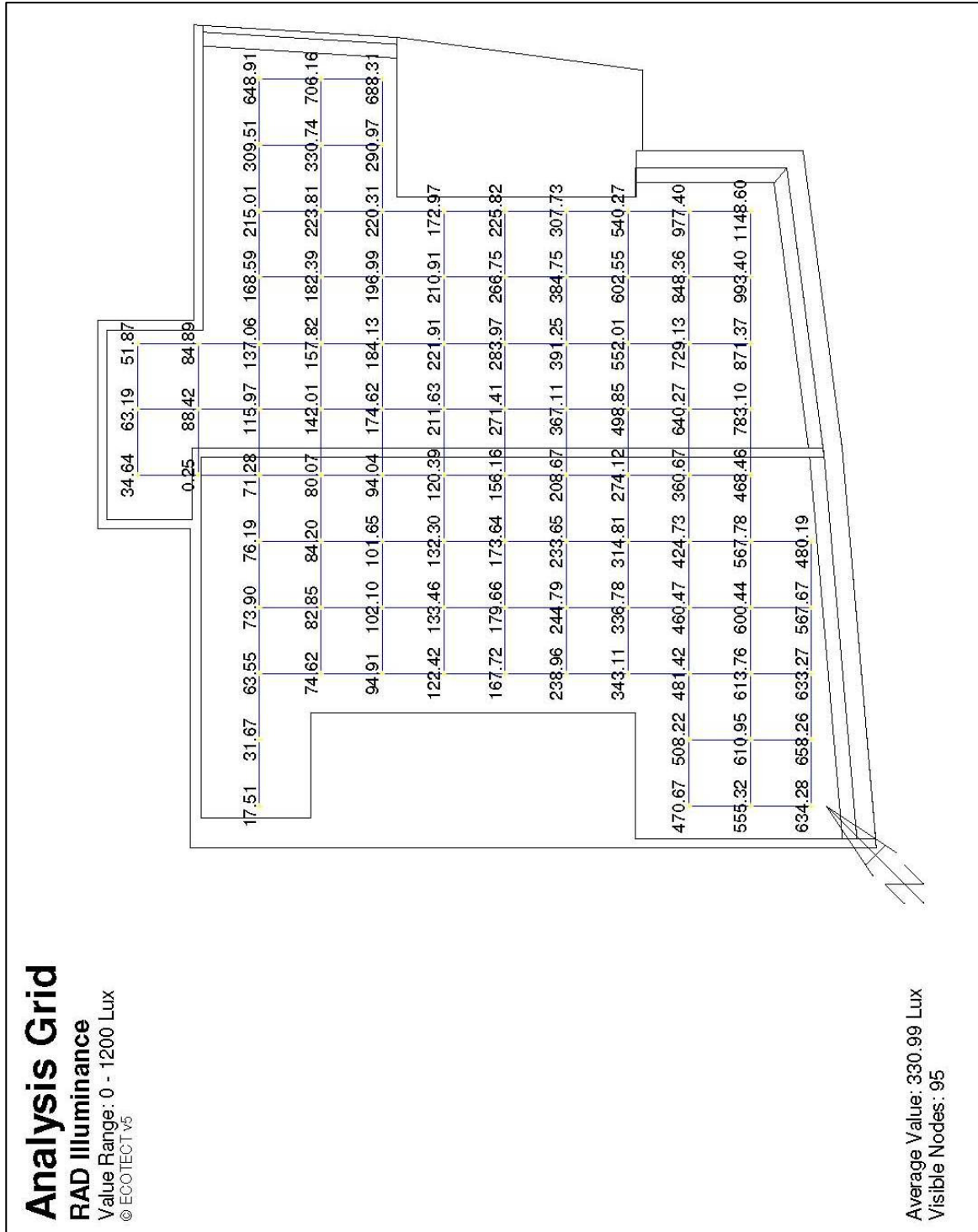
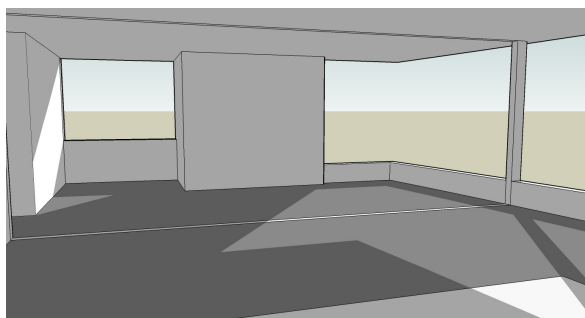


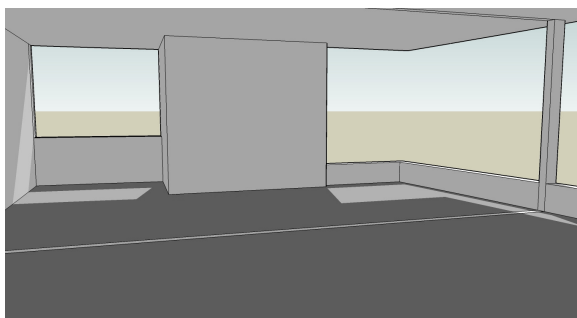
Figura E-4 Valores de Iluminâncias (lx) em cada ponto do grid, considerado o equinócio, às 12:00hs, céu claro.  
 Fonte: Radiance

## CASO 5 - SIMULAÇÃO NO SKETCHUP

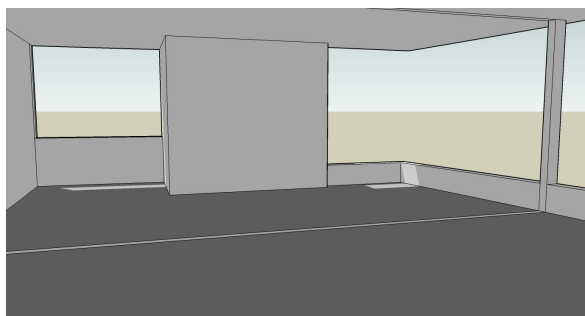
A seguir, imagens obtidas da simulação no programa SketchUp, que ilustram a penetração da radiação solar direta na sala estudada, nos horários e dias indicados.



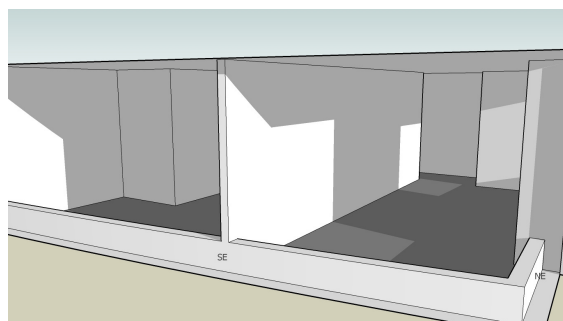
**Figura E-5** 21/mar 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



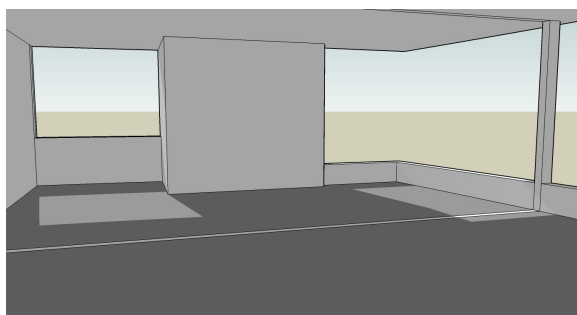
**Figura E-6** 21/mar 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



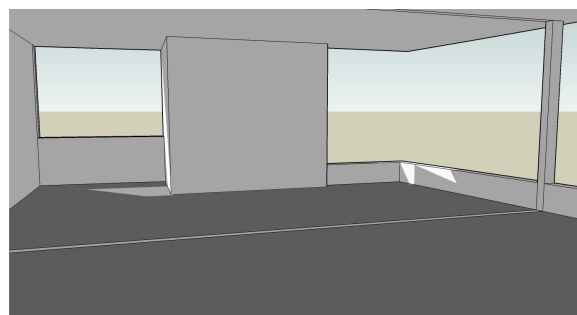
**Figura E-7** 21/mar 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



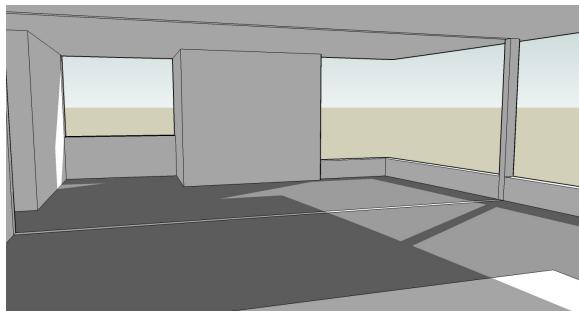
**Figura E-8** 22/jun 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



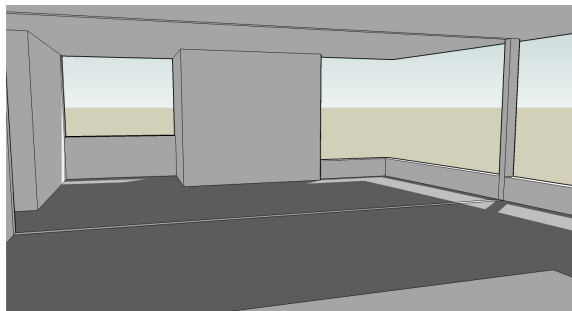
**Figura E-9** 22/jun 10:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura E-10** 22/jun 12:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura E-11** 22/dez 08:00 hs  
Fonte: Sketchup



**Figura E-12** 22/dez 10:00 hs  
Fonte: Sketchup

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)