



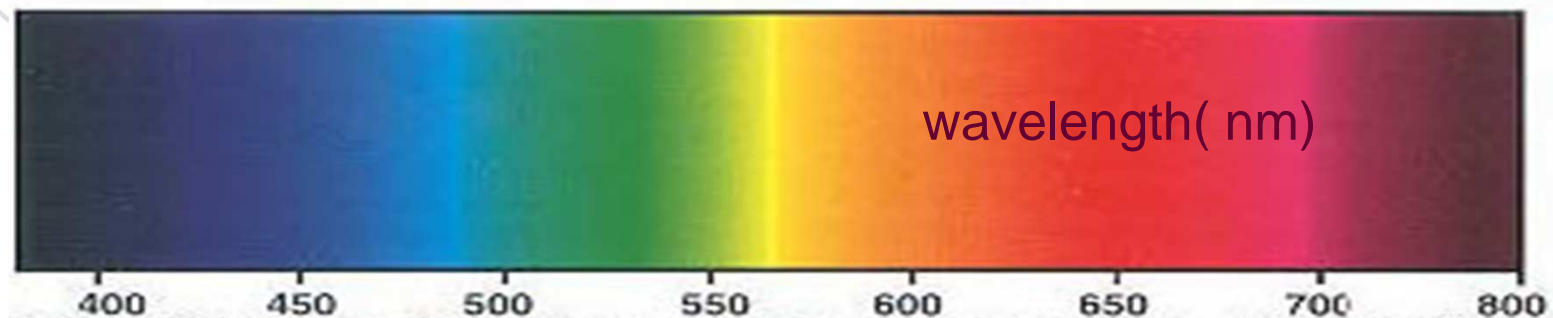
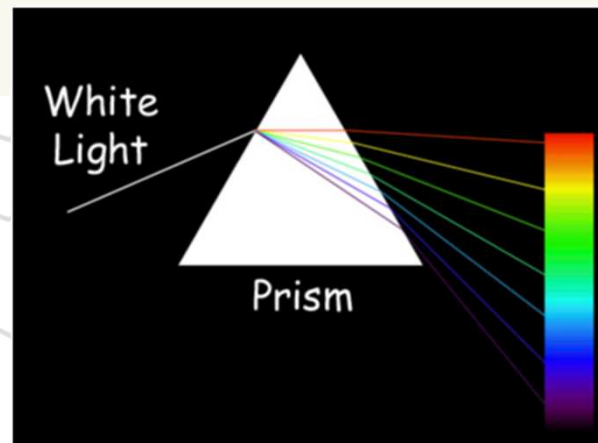
As Bases da Fotometria em Medições Goniofotométricas

Hans Peter Grieneisen
Inmetro

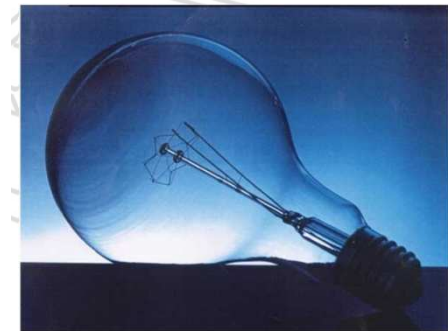
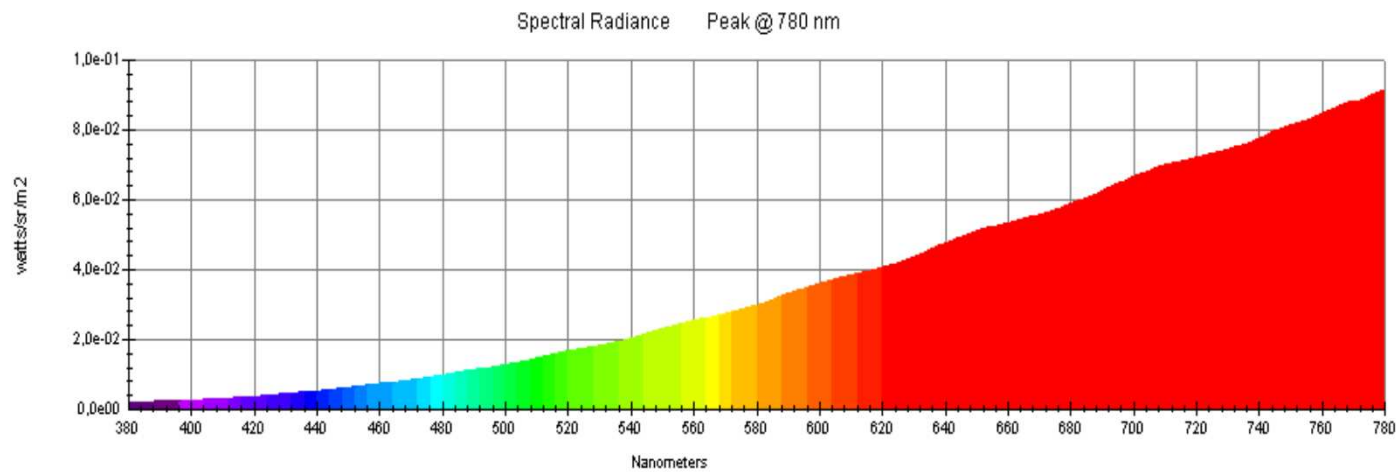
Grandezas radiométricas e fotométricas importantes em Iluminação

Fluxo Radiante e Luminoso
Intensidade
Irradiância - Iluminância
Radiância - Luminância

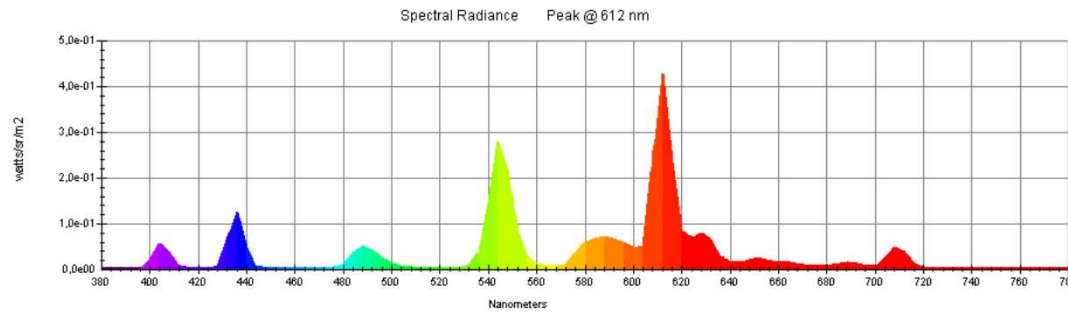
Decomposicao da luz branca em suas componentes Espectrais por meio de um elemento dispersivo



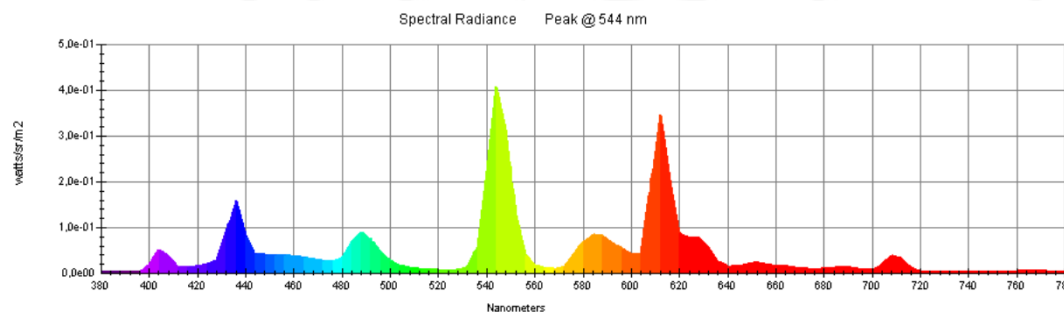
Distribuição espectral da radiação de uma lâmpada incandescente



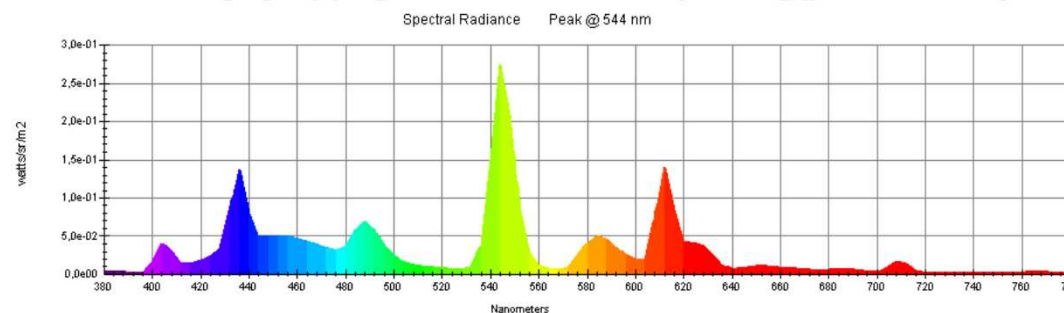
Compact Fluorescent Lamps



2600K
 $x=0,4662 \quad y=0,4091$



3990K
 $x=0,3826 \quad y=0,384$

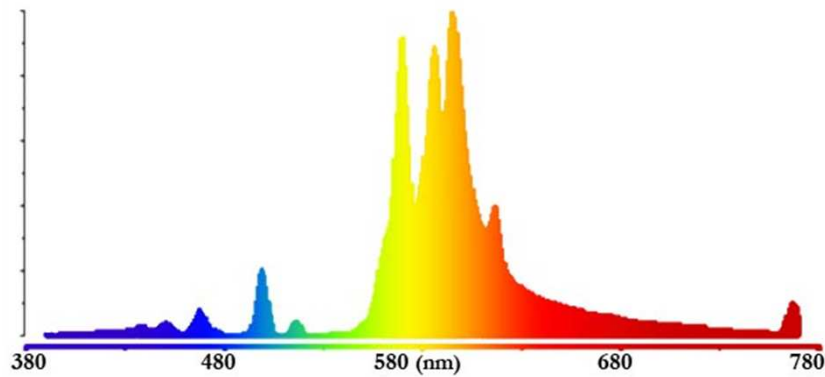


3990K
 $x=0,3826 \quad y=0,384$

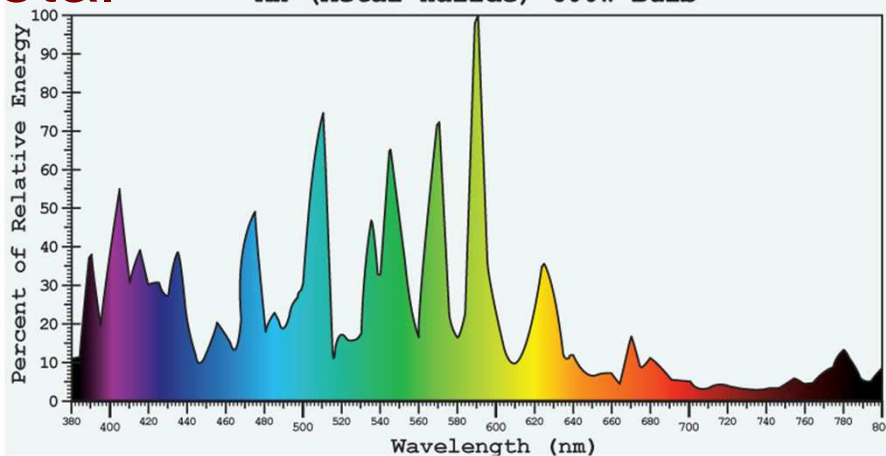
Nome apresentante (Fonte Arial Bold Italic - corpo 20)
 Cargo (Font

Lâmpadas de descarga de alta pressão para Iluminação Pública

High Pressure Sodium

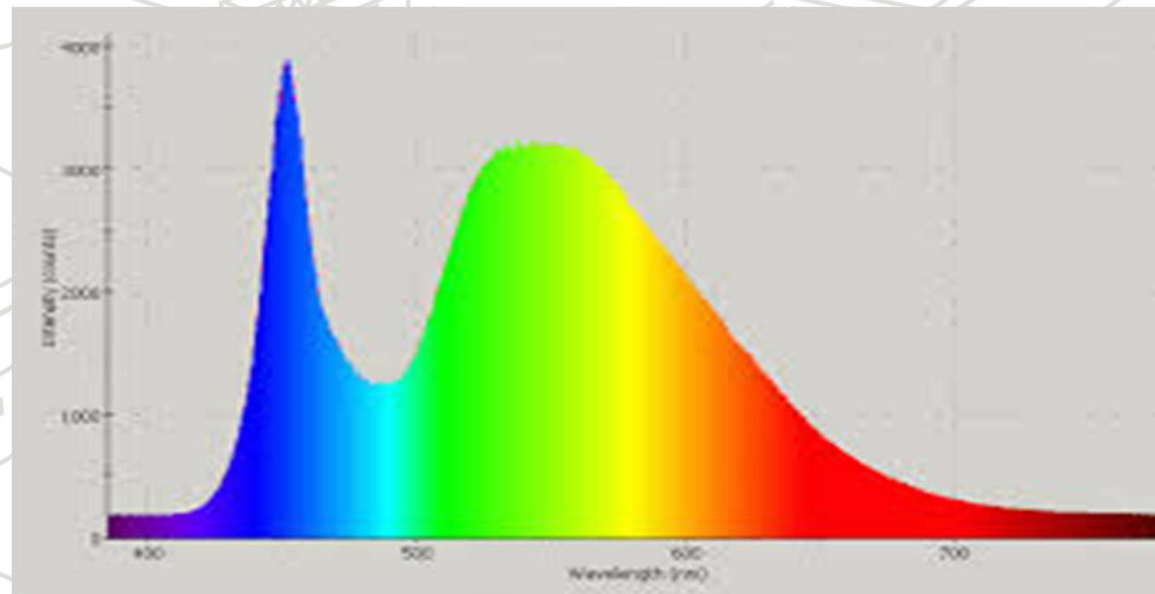


Metal Halide High Pressure Lamp

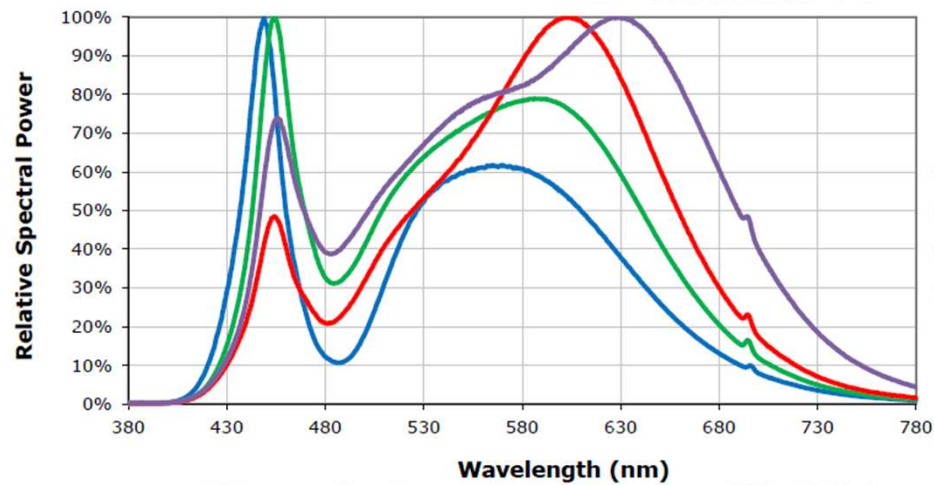


Street and Exterior Lighting

Espectro de um Led branco com fósforo



Spectral distribution of high power white Led light (Led-Light Emitting Diode)



XLamp® CXA1816 LED

Grandezas Radiométricas

Q_e Energia Radiante [J] ou [W·s]

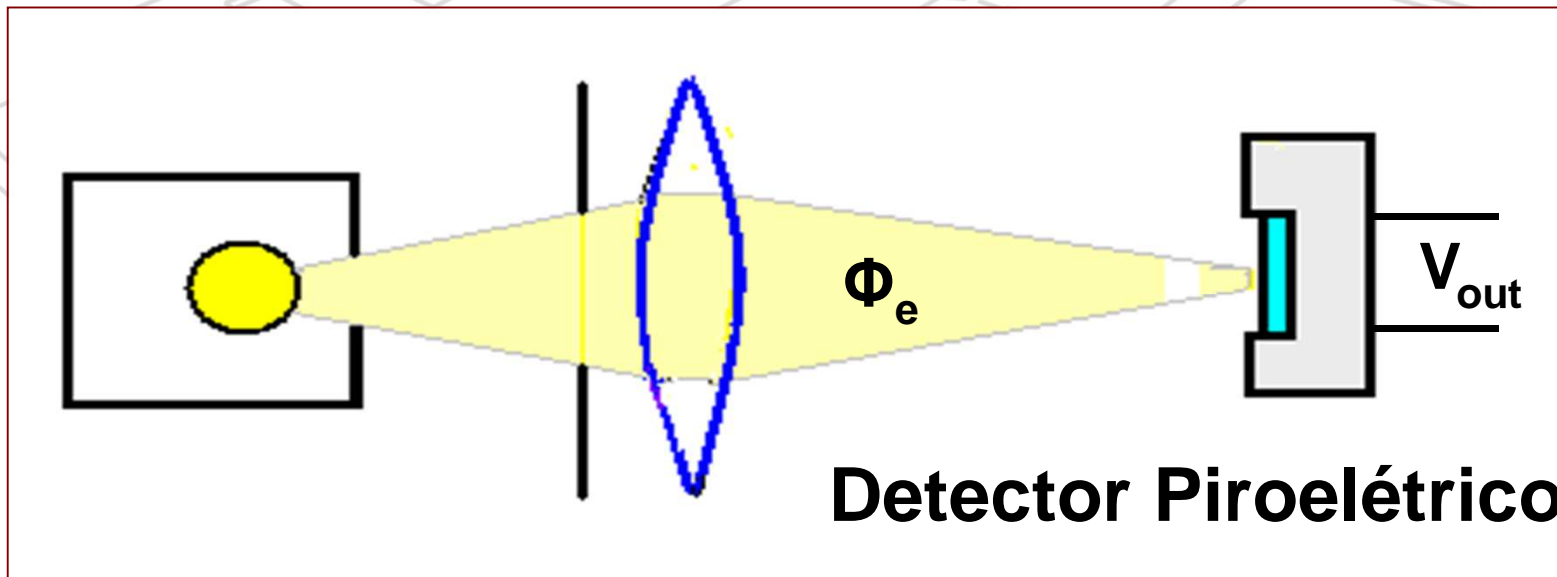
$\Phi_e = dQ_e/dt$ Fluxo Radiante [W] ou [J/s]

$\Phi_{e,\lambda}(\lambda)$ Distribuição Espectral
do Fluxo Radiante [W/m]

$$\Phi_e = \int \Phi_{e,\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda = \sum \Phi_{e,\lambda}(\lambda_i) \cdot \Delta\lambda_i$$

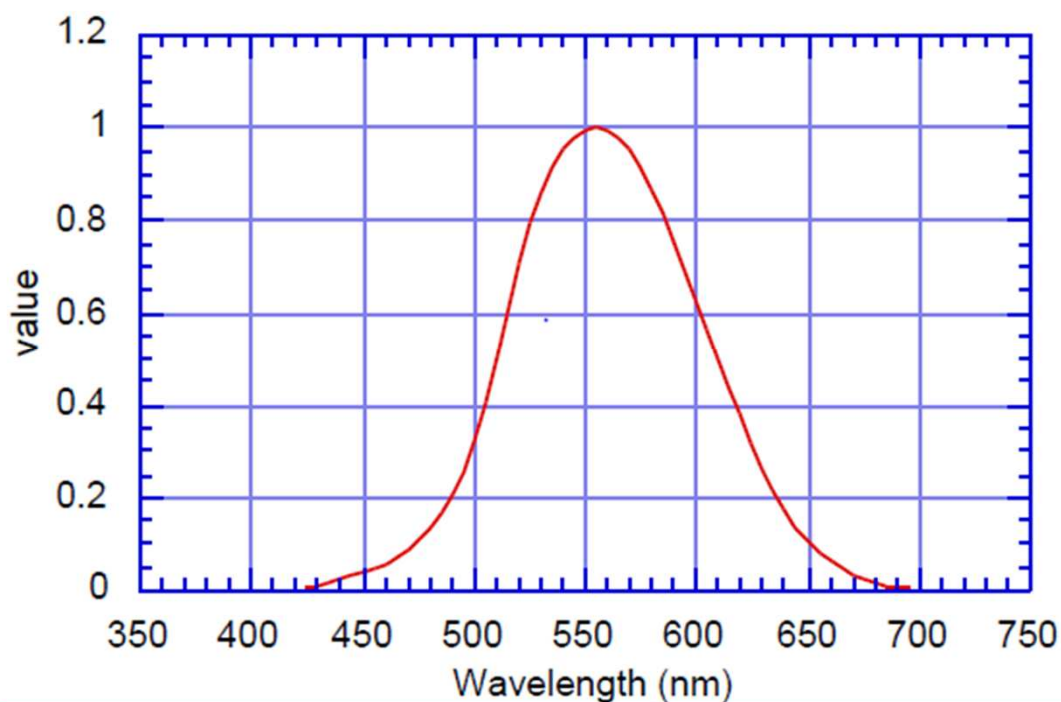
Medição de Fluxo Radiante, Φ_e , [W]

$$\Phi_e = \int \Phi_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda = c_e V_{out} \quad c_e \rightarrow [W \cdot V^{-1}]$$



Curva da Eficácia Luminosa Espectral

Spectral luminous efficiency function, $V(\lambda)$ for photopic vision, as defined by the CIE from 360nm to 780nm



Wavelength λ (nm)	Photopic Luminous Efficacy V_λ		
		555	1.000000
		560	0.995000
		570	0.952000
		580	0.870000
380	0.000039	590	0.757000
390	0.000120	600	0.631000
390	0.000120	610	0.503000
400	0.000396	620	0.381000
410	0.001210	630	0.265000
420	0.004000	640	0.175000
430	0.011600	650	0.107000
440	0.023000	660	0.061000
450	0.038000	670	0.032000
460	0.060000	680	0.017000
470	0.090980	690	0.008210
480	0.139020	700	0.004102
490	0.208020	710	0.002091
500	0.323000	720	0.001047
507	0.444310	730	0.000520
510	0.503000	740	0.000249
520	0.710000	750	0.000120
530	0.862000	760	0.000060
540	0.954000	770	0.000030
550	0.994950		

Grandezas Fotométricas

Q_v Energia Luminosa [lm · s]

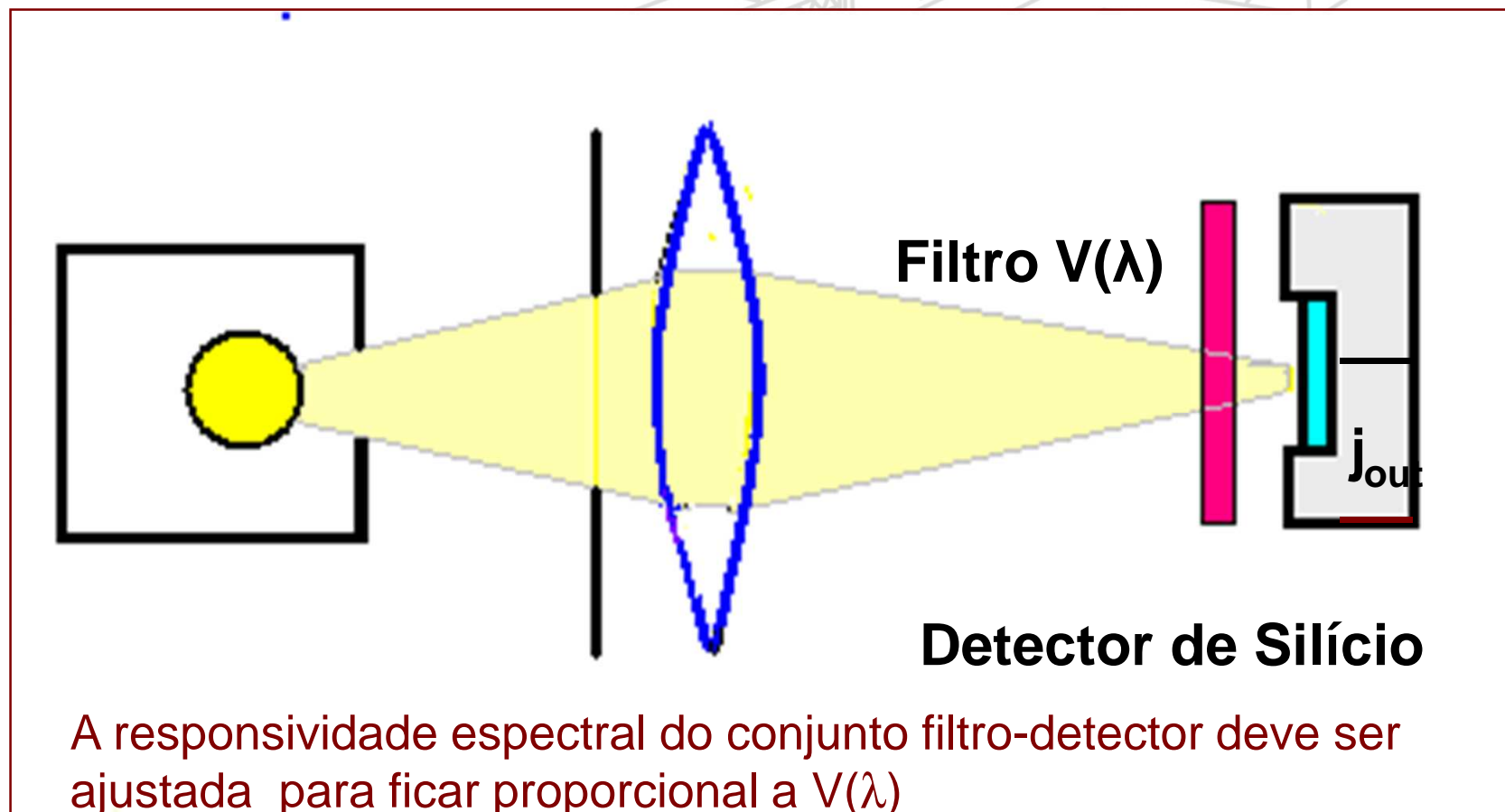
$\Phi_v = dQ_v/dt$ Fluxo Luminoso lumen [lm]

$V(\lambda)$ Eficiência Luminosa Espectral

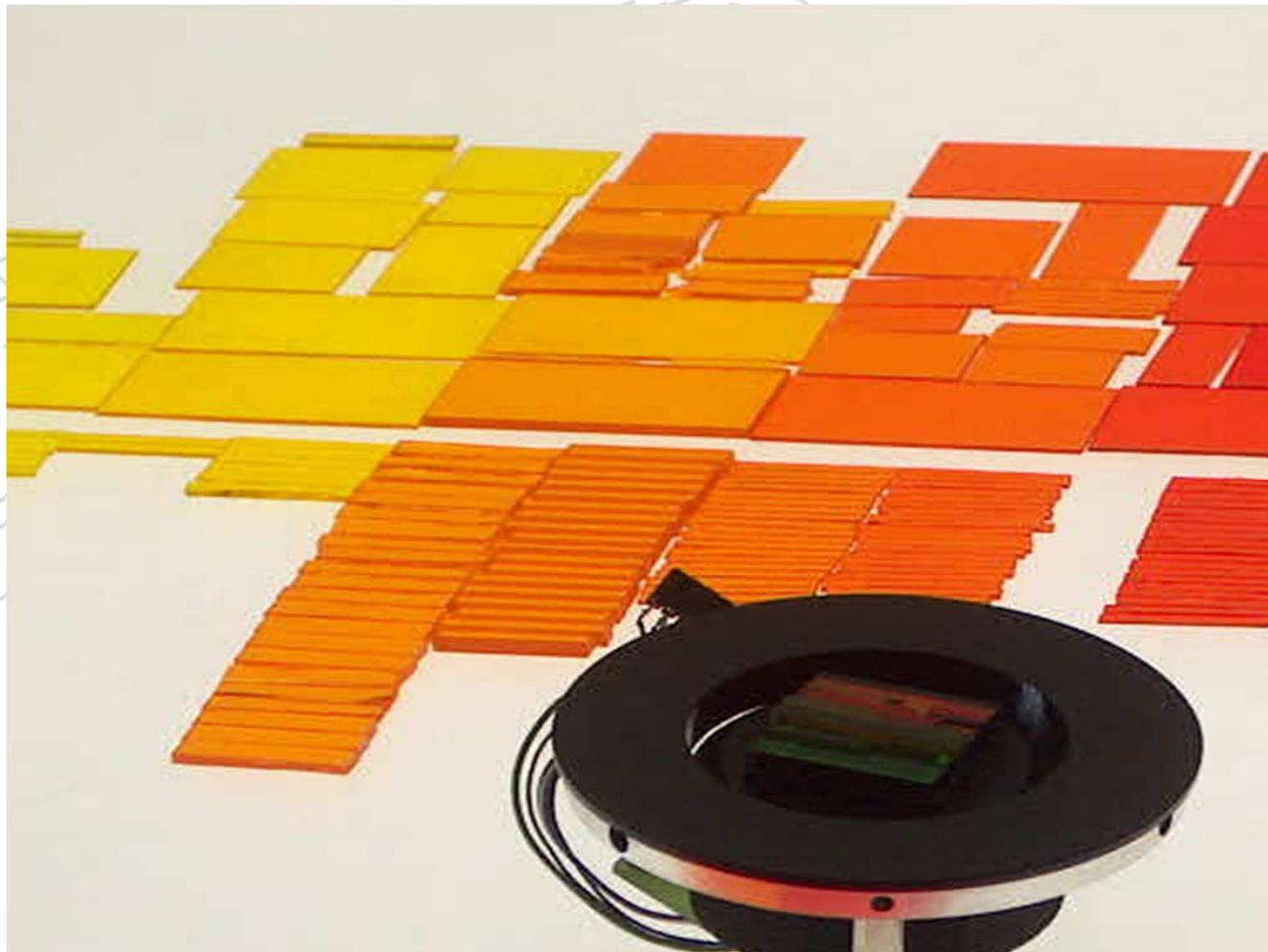
$\Phi_v = k \cdot \int \Phi_{e,\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$ $k = 683 \text{ lm/W}$

Medição de Fluxo Luminoso, Φ_v , [lm]

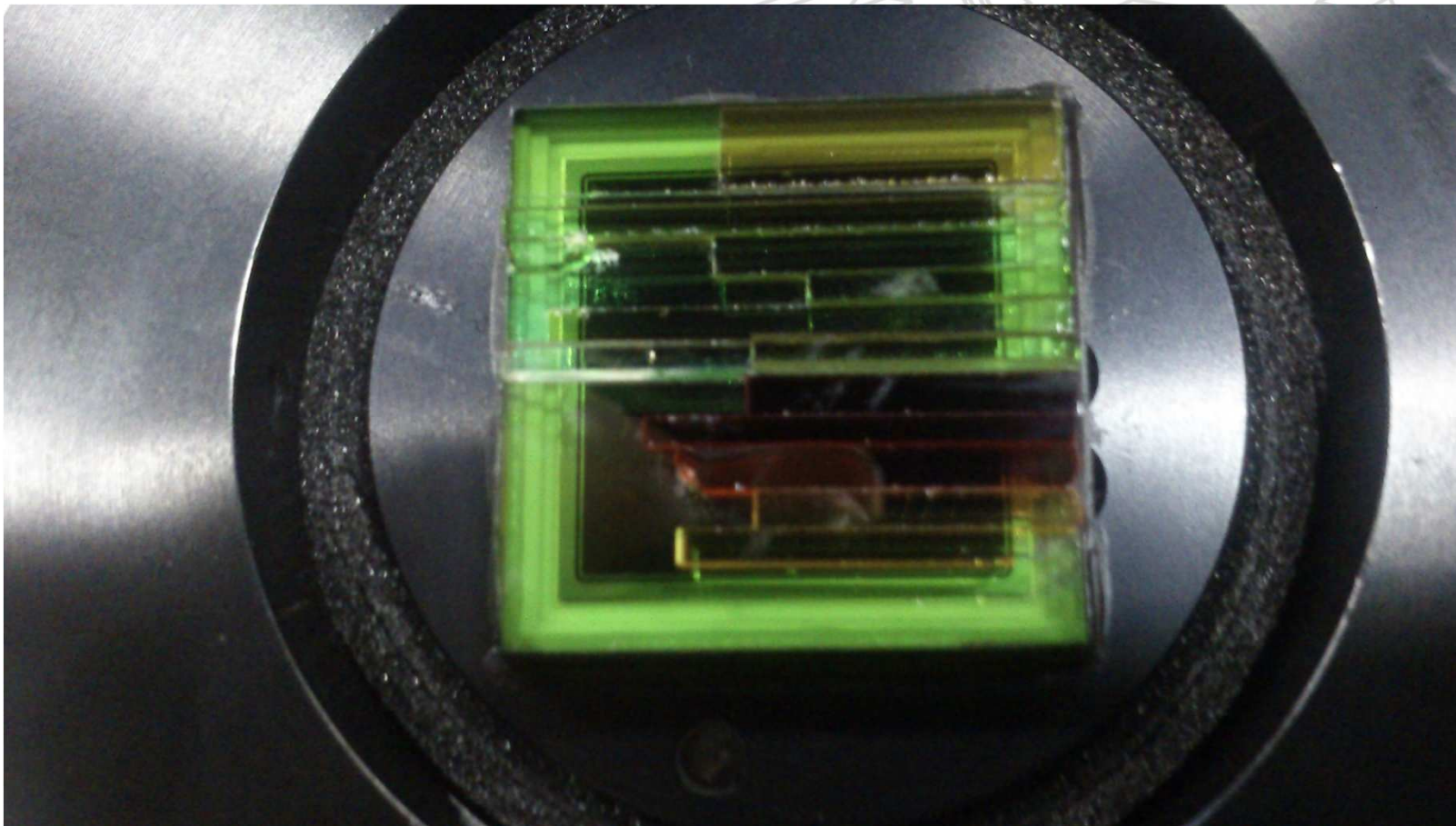
$$\Phi_v = k \int \Phi_{e,\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda = c_v j_{out} \quad c_v \rightarrow [lm \cdot A^{-1}]$$



Fotômetro de Si com Filtro $V(\lambda)$ mosáá



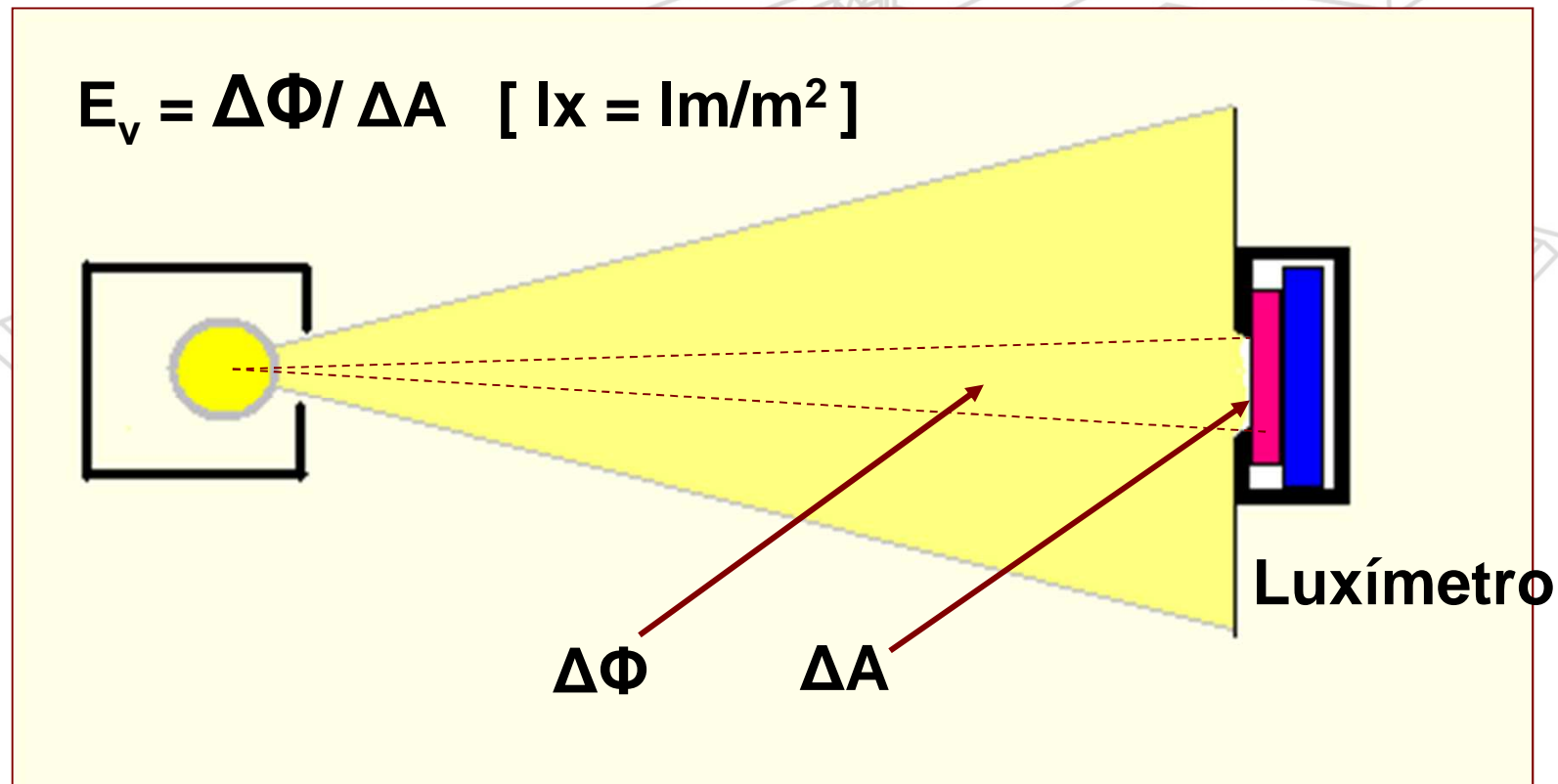
Fotômetro de Si com Filtro $V(\lambda)$ mosaico



Fotômetro de Si com difusor



Medição de Iluminância, E_v



Níveis típicos de Iluminâncias horizontais

Ao sol do meio dia:	140 000 lx
Escritório :	400 lx
Fábrica :	800 lx
Campo de futebol:	> 1 000 lx (*)
Via pública iluminada :	3 - 25 lx
Campo cirúrgico:	10 000 lx a 20 000 lx

http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Sa%FAde/artigos/iluminacao_em_hospitais_cuidados_fundamentais.pdf

**(*) Para transmissões em alta definição:
3 500 lx (horizontal) e 2 000 lx (vertical)**

<http://www.creadf.org.br/index.php/2011-08-19-13-59-20/central-de-noticias/clipping-de-noticias/item/1857-iluminacao-de-estadios-deve-ser-homogenea-sem-sombras-ou-ofuscamento>



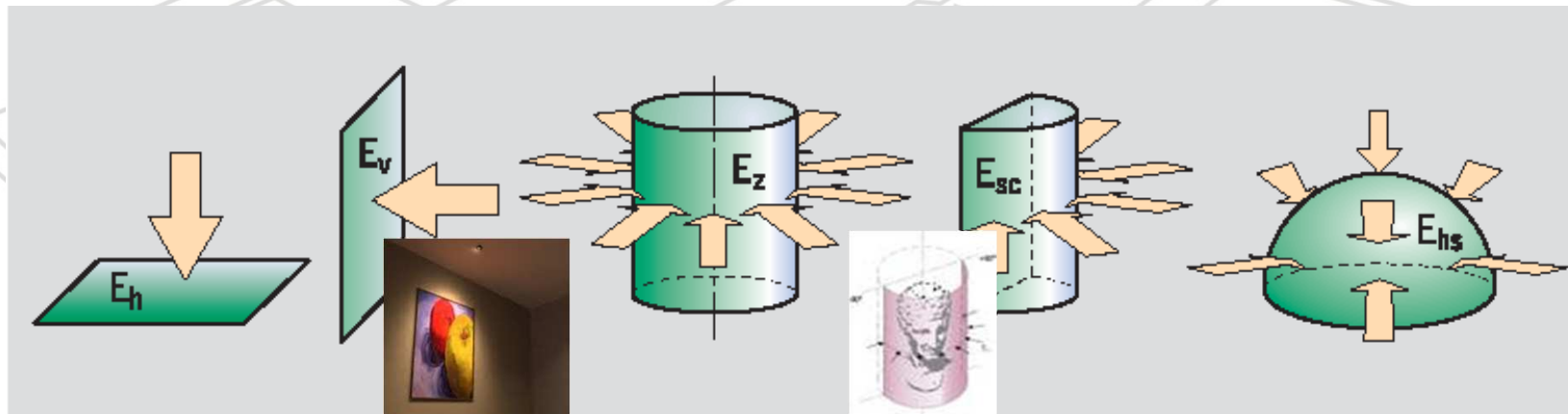


Iluminância na Iluminação Pública

horizontal

cilíndrica

semi-esférica



vertical

semi-cilíndrica

Illuminância

Horizontal e vertical

cilíndrica

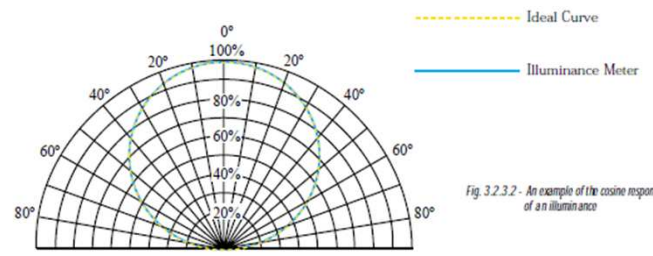


Fig. 3.2.3.2 - An example of the cosine response of an illuminance



Correção de cosseno

Como medir Intensidade?

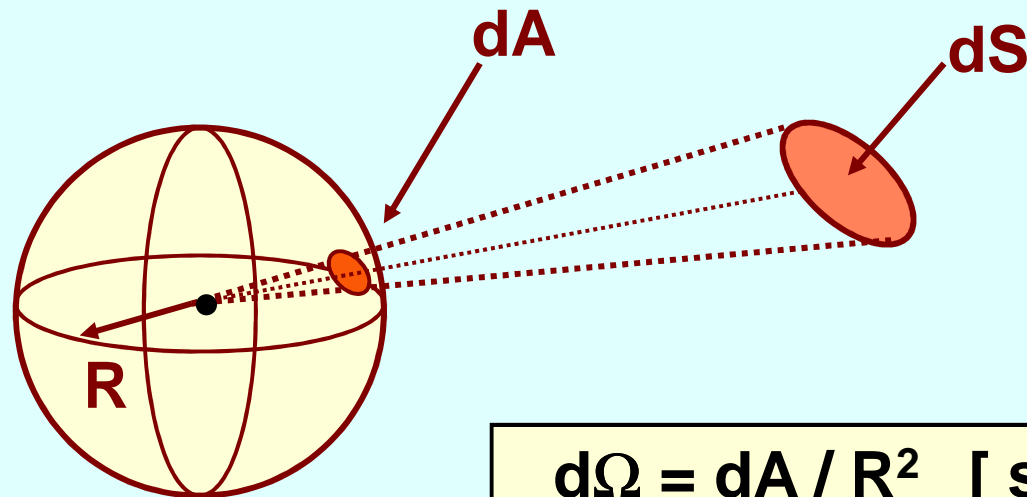
Intensidade é uma propriedade intrínseca da fonte luminosa

A equação definitiva da intensidade :
$$\mathbf{I} = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad \frac{lm}{sr} \quad \text{ou} \quad cd$$

Há uma importante relação entre intensidade e iluminância, válida para fontes puntiformes, ou fontes extensas quando estas observadas de longa distância.

$$\mathbf{E}_v = I_v / R^2$$

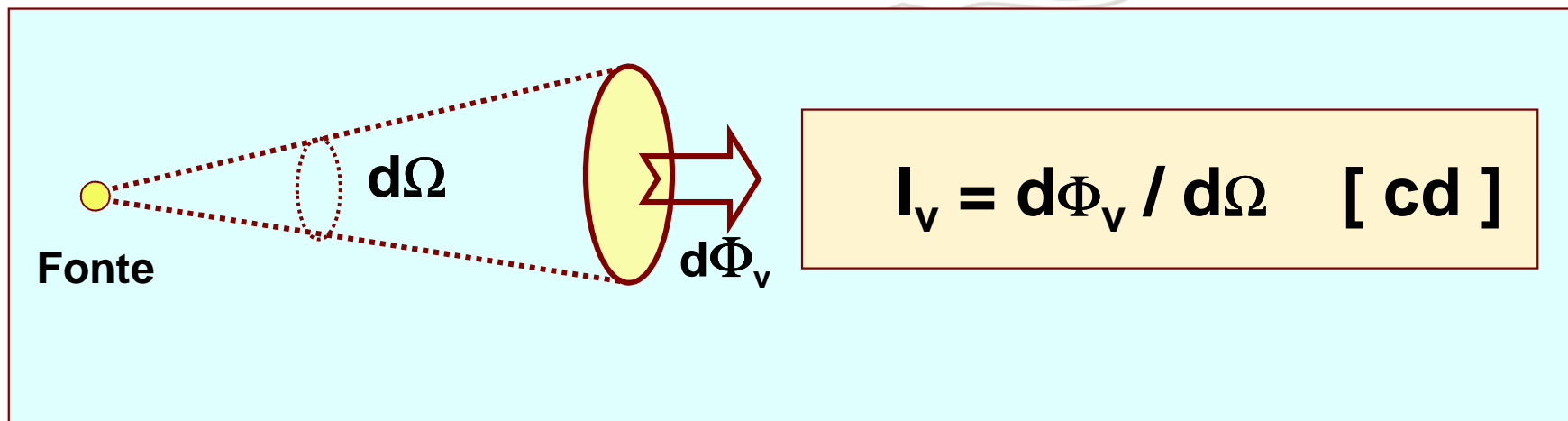
Ângulo Sólido - Esterradiano



$$d\Omega = dA / R^2 \text{ [sr]}$$

$$\text{Esfera : } \Omega_{\text{esf}} = 4 \pi \text{ [sr]}$$

Intensidade Luminosa - candela



Intensidade Radiante

$I_e = d\Phi_e / d\Omega \quad [\text{W sr}^{-1}]$

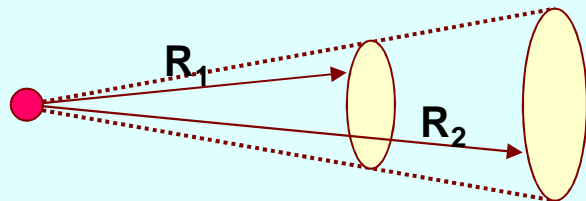
Nota: @ $\lambda = 555 \text{ nm}$ 683 lumen \longleftrightarrow 1 watt

Relação entre Intensidade Luminosa e Iluminância para uma Fonte Luminosa Pontual

$$I_v = d\Phi_v / d\Omega$$

$$d\Omega = dA / R^2$$

$$I_v = (d\Phi_v / dA) R^2 = E_v R^2$$



$$d\Omega = dA_1 / R_1^2 = dA_2 / R_2^2$$

$$E_v = I_v / R^2$$

Observe as distâncias fotométricas : >5x o diâmetro da fonte



Exemplo Numérico

Uma lâmpada, consumindo uma potência elétrica de 1 watt, produz um **fluxo luminoso** de **13,6 lm**. Sua distribuição luminosa é considerada uniforme.

- Qual é a intensidade luminosa em qualquer direção ?
- Qual é a iluminância a uma distância de 1 m e 2 m numa área cuja normal coincida com a direção de I_v ?

a)

— —

b)

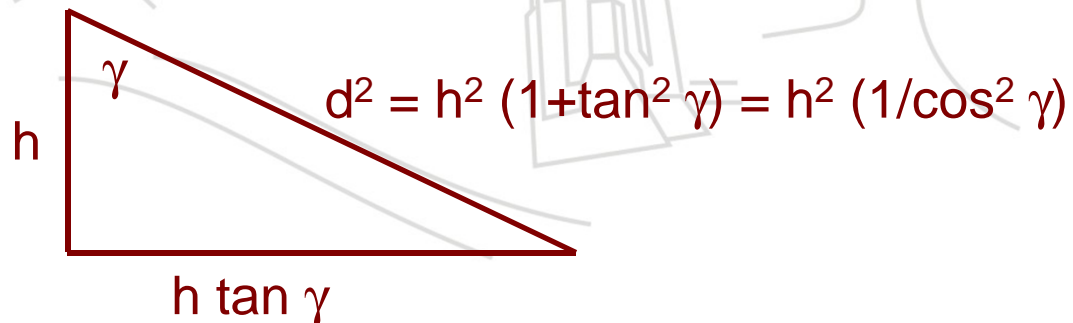
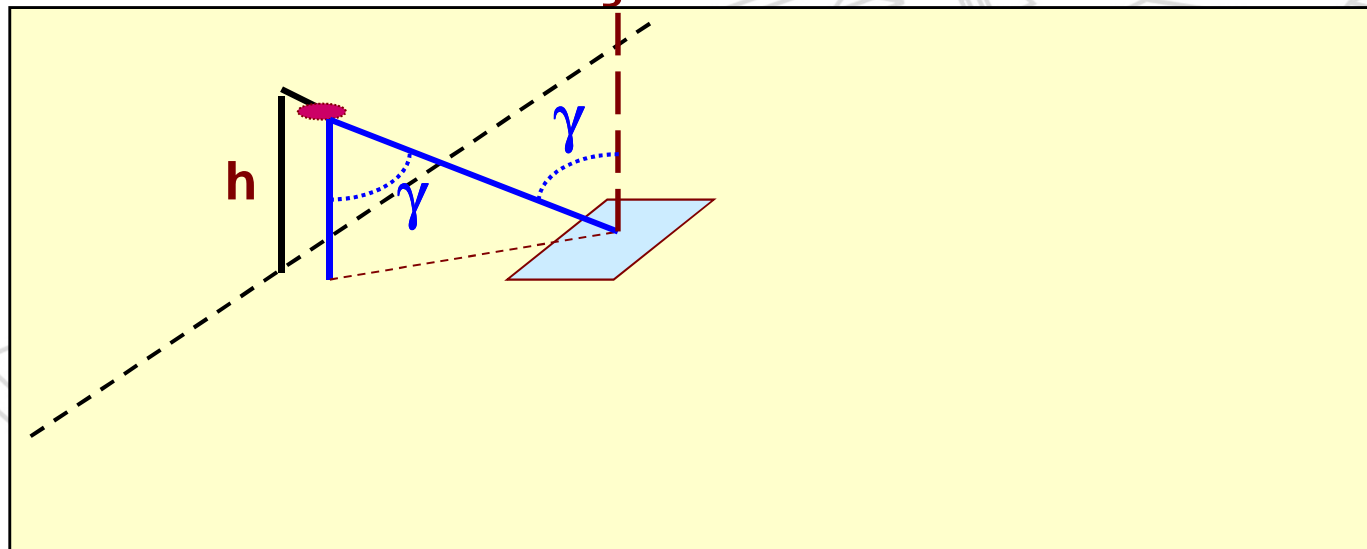
— —

{ 1 sr}

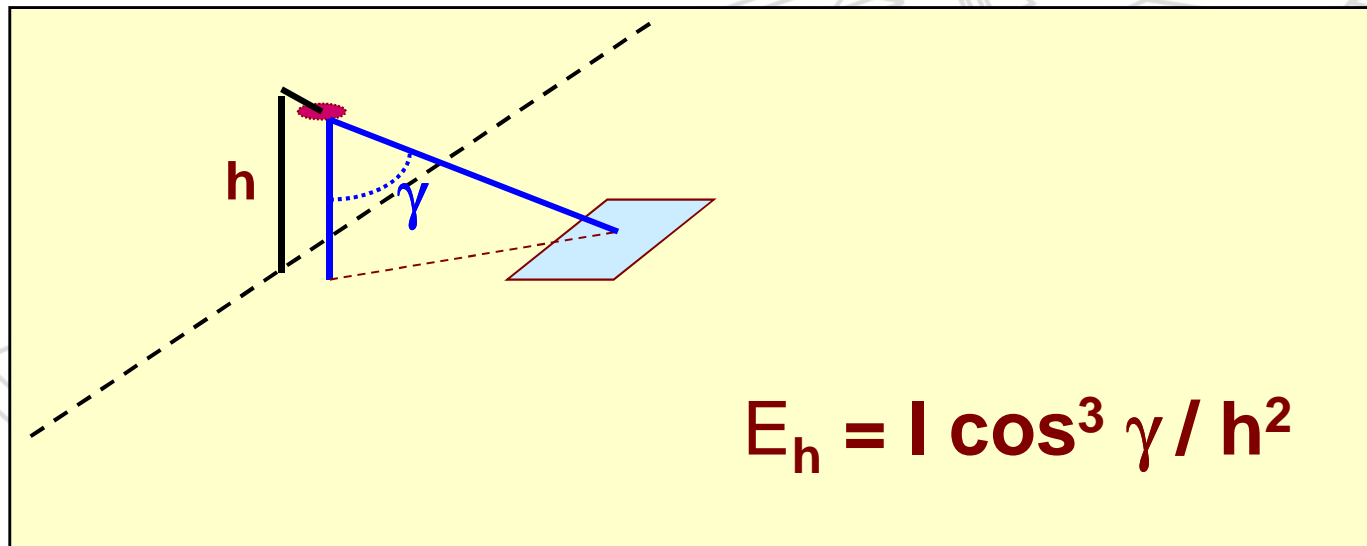
c)

— —

Illuminance with angle γ between the normal and the direction of intensity



Illuminance on the Horizontal Plane

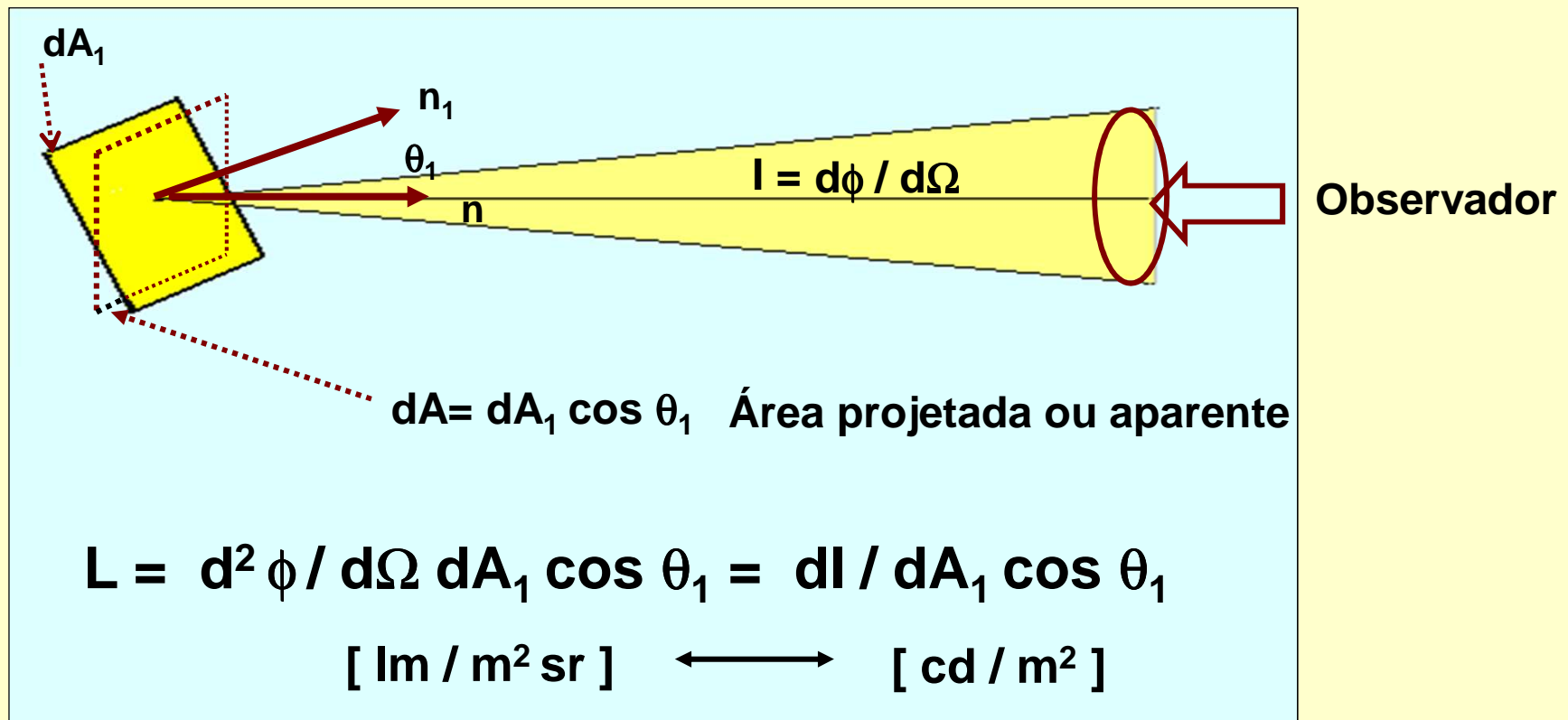


Iluminância no Plano Vertical

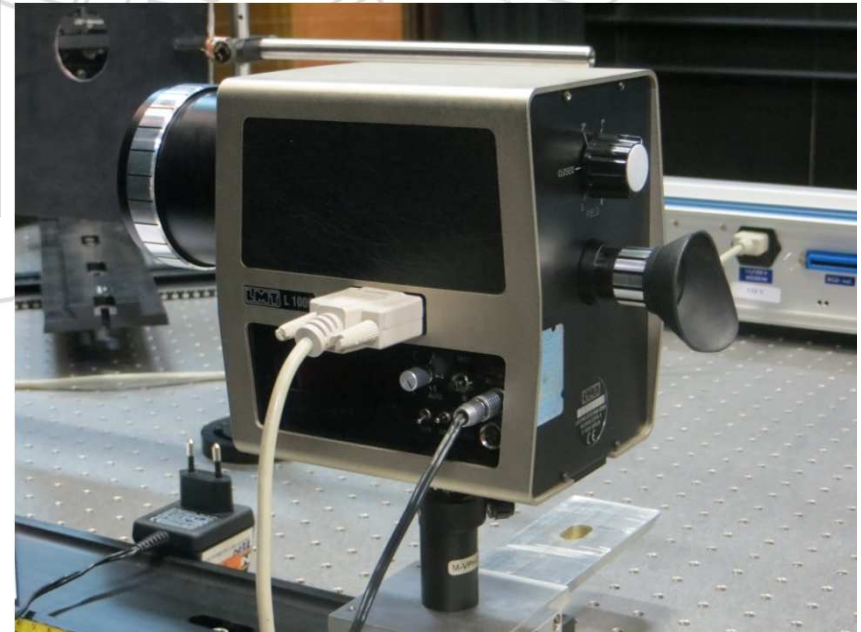
$$E_v = I(\gamma) \cos^2 \gamma \operatorname{sen} \gamma / h^2$$

$$E_v / E_h = \operatorname{sen} \gamma / \operatorname{cos} \gamma = \tan \gamma = a/h$$

Luminância



Luminancímetro



Luminancímetro de contacto (uso em superfícies luminosas)



Valores típicos de Luminâncias

Céu aberto (dia) :	8 000 cd/m ²
Céu coberto (dia) :	2 000 cd/m ²
Céu noturno de lua cheia :	0,1 cd/m ²
Céu aberto noturno :	0,001 cd/m ²
Céu noturno coberto :	1- 100 * 10 ⁻⁶ cd/m ²
Limite da visão humana :	3*10 ⁻⁶ cd/m ²
Disco solar ao meio dia :	1,6 *10 ⁹ cd/m ²
Disco Solar, sol poente :	6* 10 ⁶ cd/m ²
Lâmpada Filamento 60W :	1,2* 10 ⁵ cd/m ²
Lâmpada fluorescente :	2 *10 ⁴ cd/m ²
Via Pública iluminada :	0,3 a 1,5 cd/m ²

Símbolo	Grandezas Fotométricas	
	Nome	Unidade
Q_v	Energia Luminosa	$\text{lm}\cdot\text{s}$
ϕ_v	Fluxo Luminoso	lm
I_v	Intensidade Luminosa	cd ou $\text{lm}\cdot\text{sr}^{-1}$
L_v	Luminância	$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$
M_v	Excitância Luminosa	$\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$
E_v	Iluminância	lx ; $\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$
H_v	Exposição Luminosa	$\text{lx}\cdot\text{s}$

Símbolo	Grandezas Radiométricas	
	Nome	Unidade
Q_e	Energia Radiante	J ou $\text{W}\cdot\text{s}$
ϕ_e	Fluxo Radiante	W
I_e	Intensidade Radiante	$\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}$
L_e	Radiância	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$
M_e	Excitância Radiante	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
E_e	Irradiância	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
H_e	Exposição Radiante	$\text{W}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$

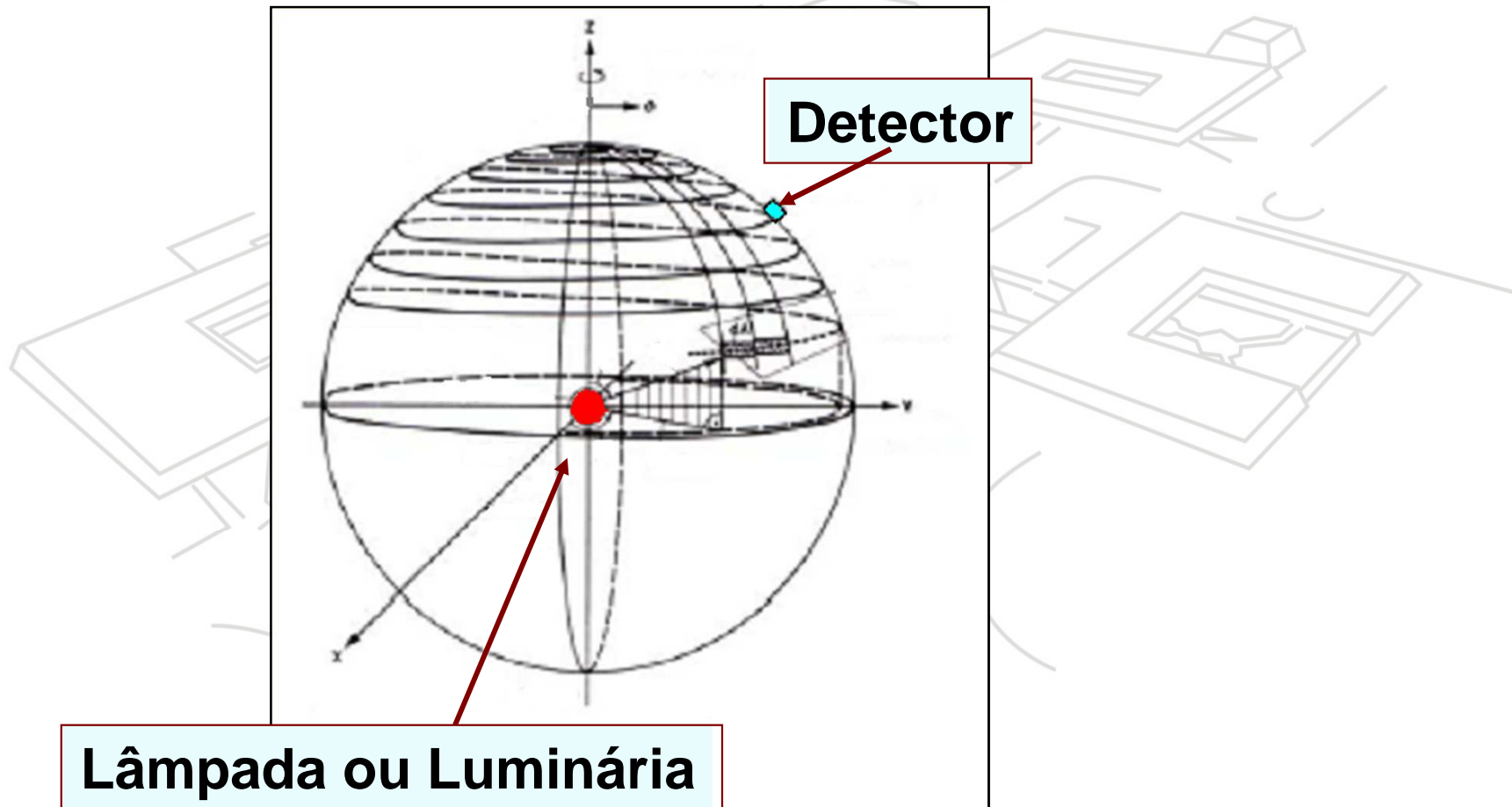
GONIOFOTOMETRIA

Equipamentos – tipos e aplicações
Medições de acordo com CIE
Distribuição da intensidade luminosa
Apresentação dos resultados
Classificação das luminárias
Utilização dos resultados em projetos

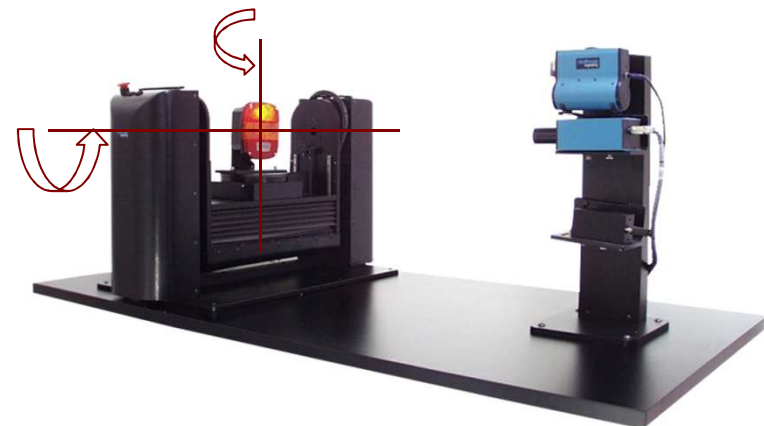
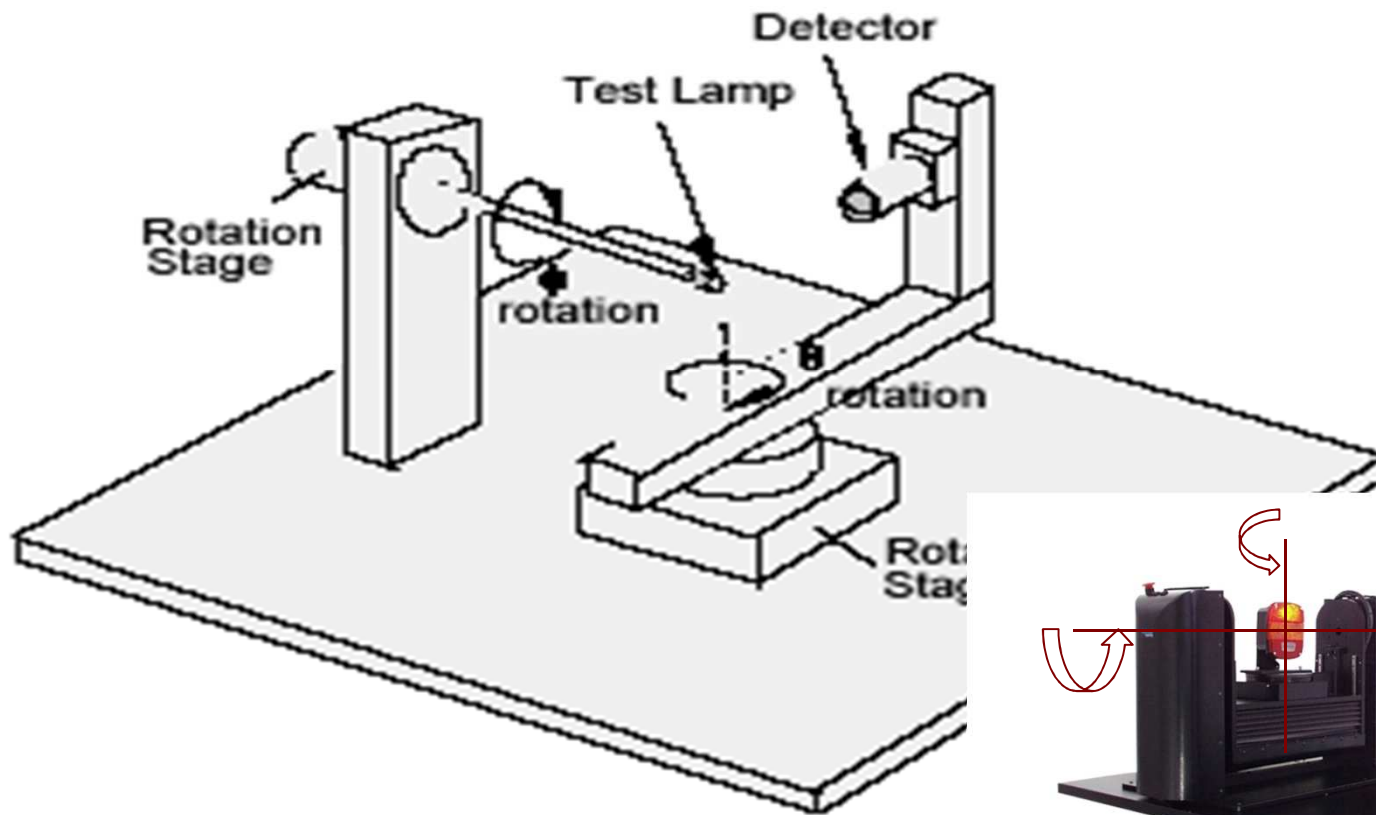
A Goniofotometria possibilita :

- * a medição do **fluxo luminoso** (da lâmpada e da luminária)
- a determinação do **rendimento óptico** da luminária e da sua **eficácia (lm/W)**
- * o mapeamento da **distribuição da intensidade luminosa** em função de ângulos que definem a direção de observação
- * a **classificação da luminária** de acordo com as normas ABNT, IESNA, CIE e outras.
- * a apresentação dos dados sob forma de **arquivos eletrônicos padronizados** para elaboração de projetos luminotécnicos

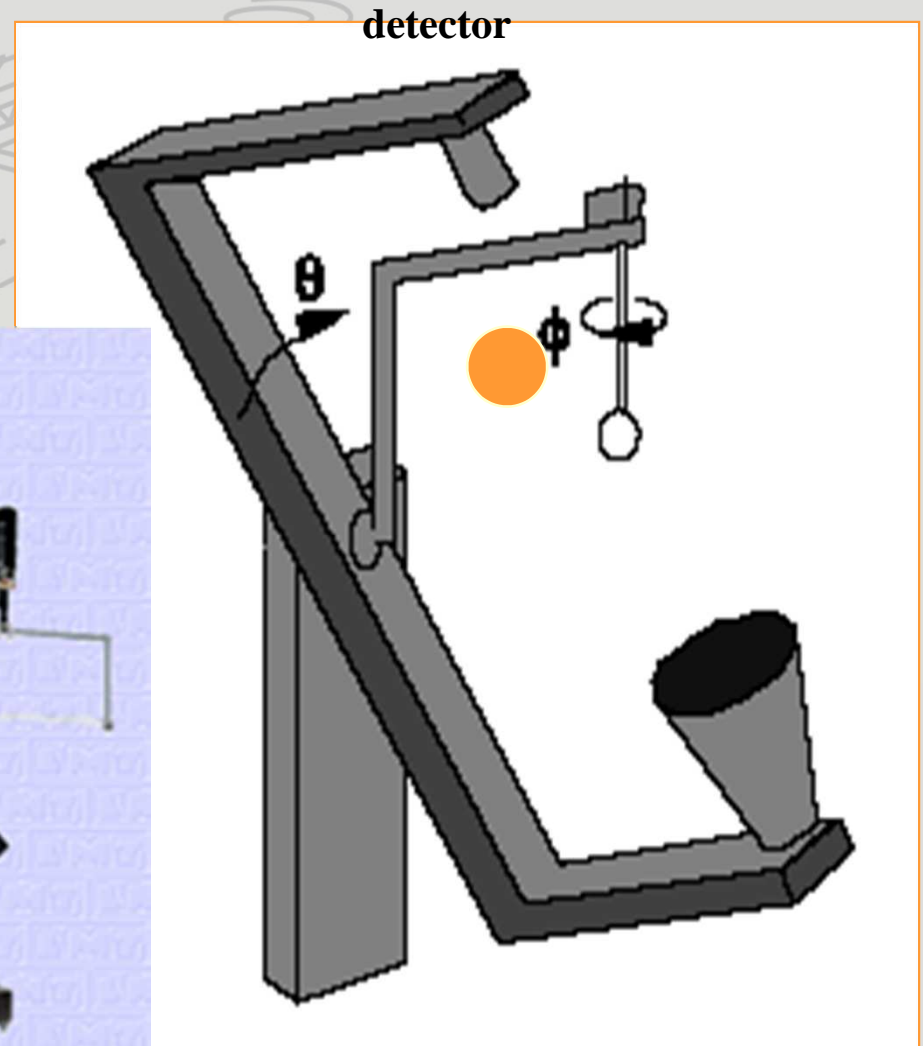
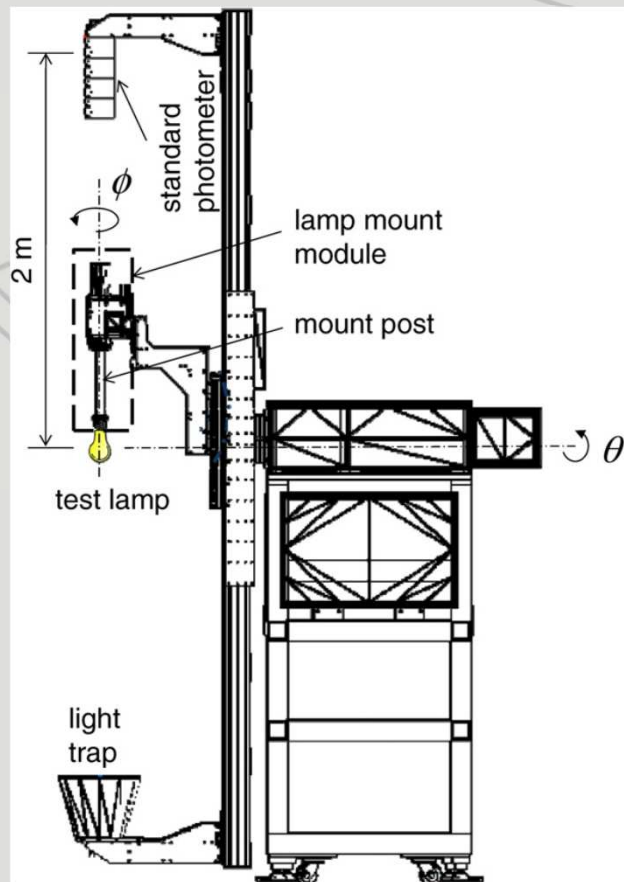
Princípio do Goniôfotômetro



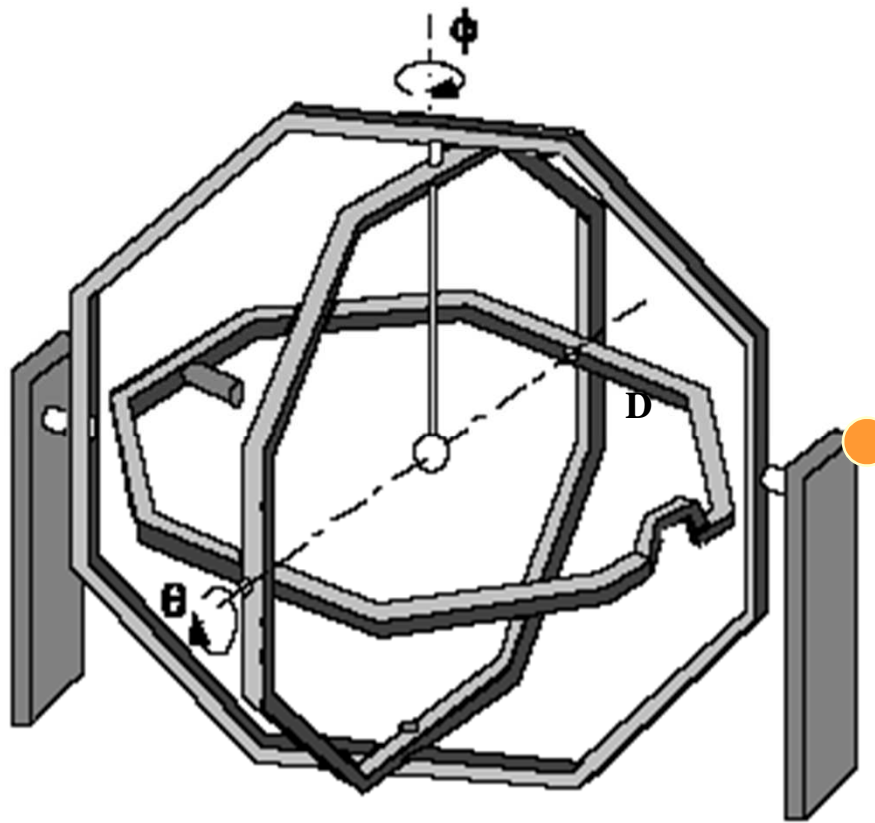
Goniofotômetro de Laboratório



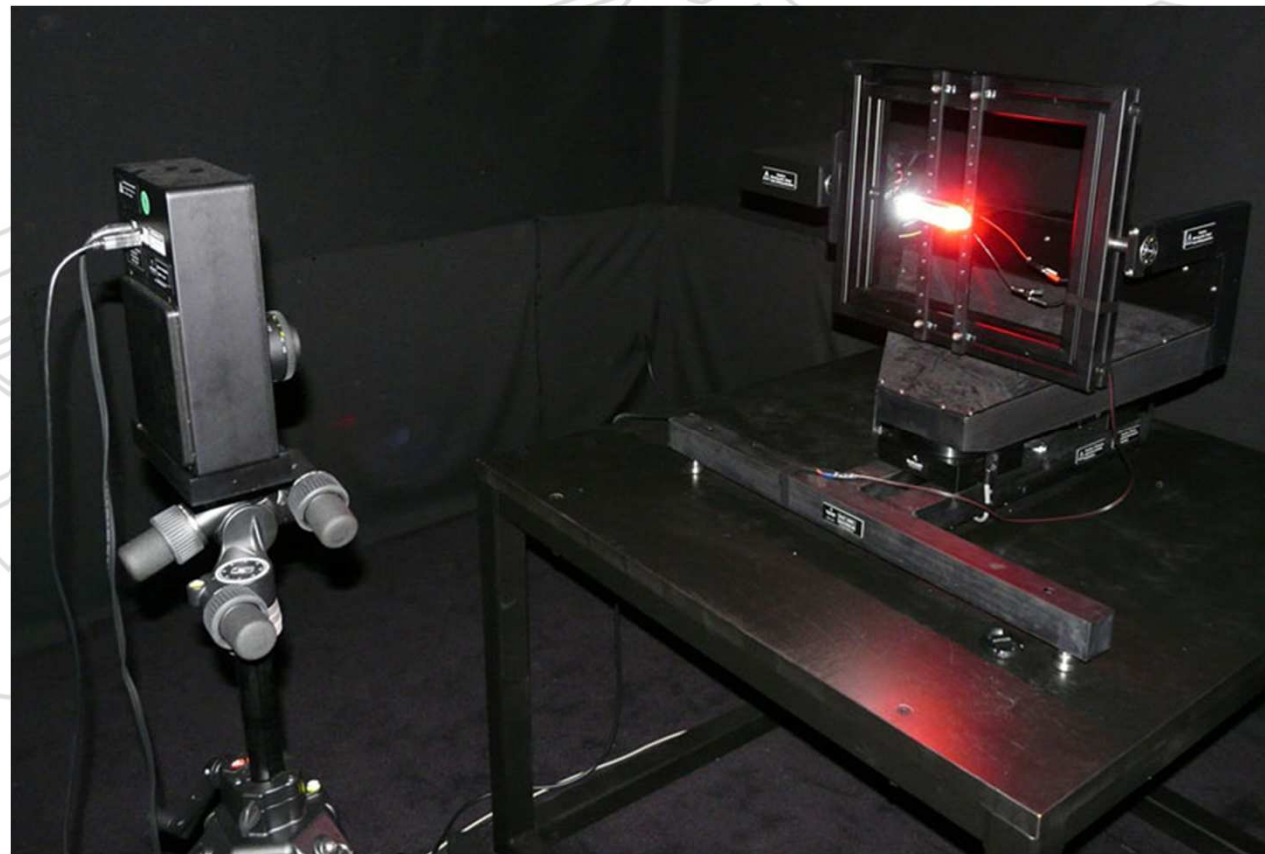
Goniofotômetro de Dois Eixos e Lâmpada Girante



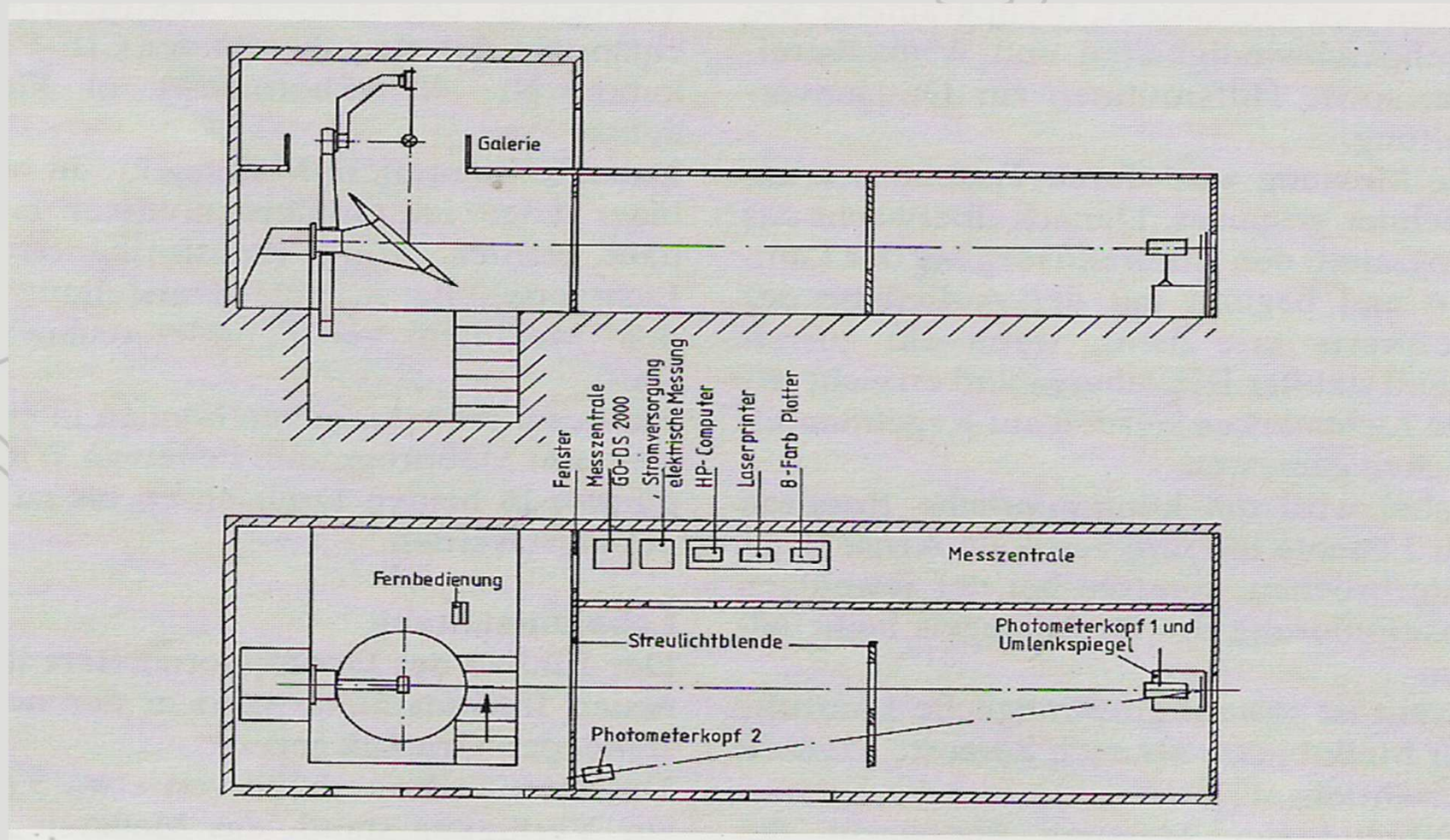
Goniofotômetro de Dois Eixos e Lâmpada Fixa



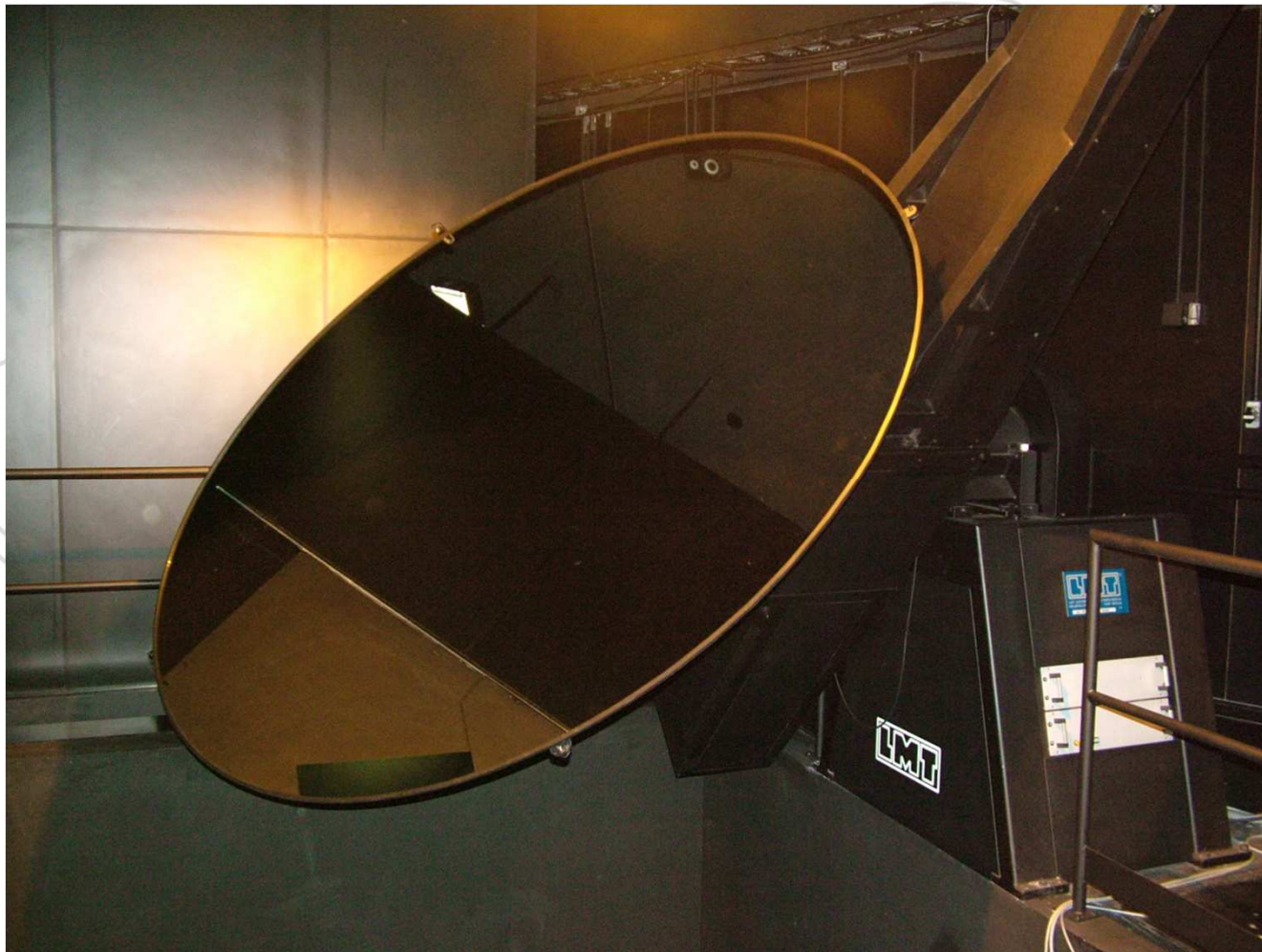
Goniofotômetro de Campo Próximo



Layout do Goniôfotômetro do Inmetro



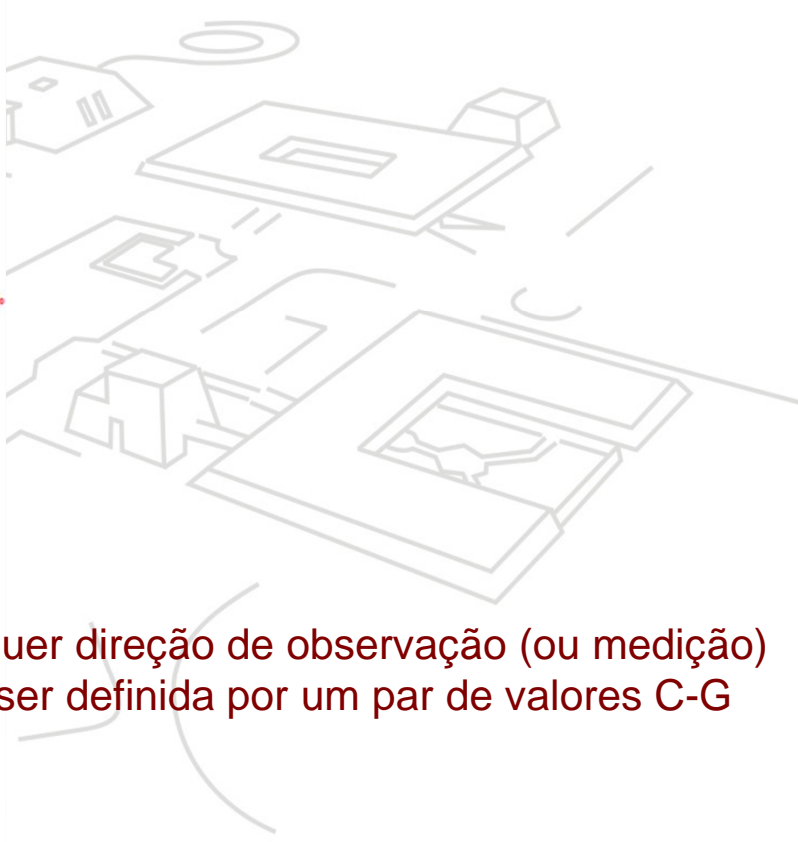
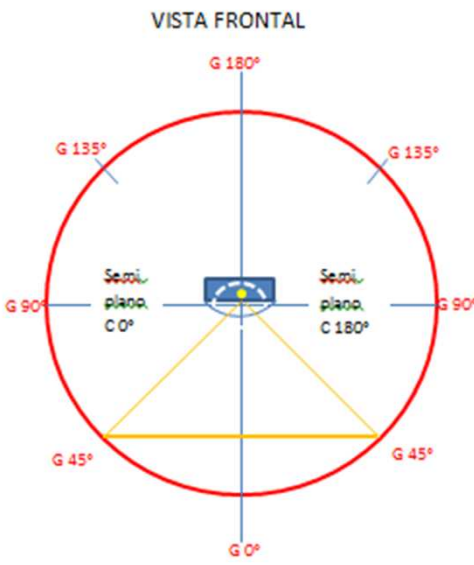
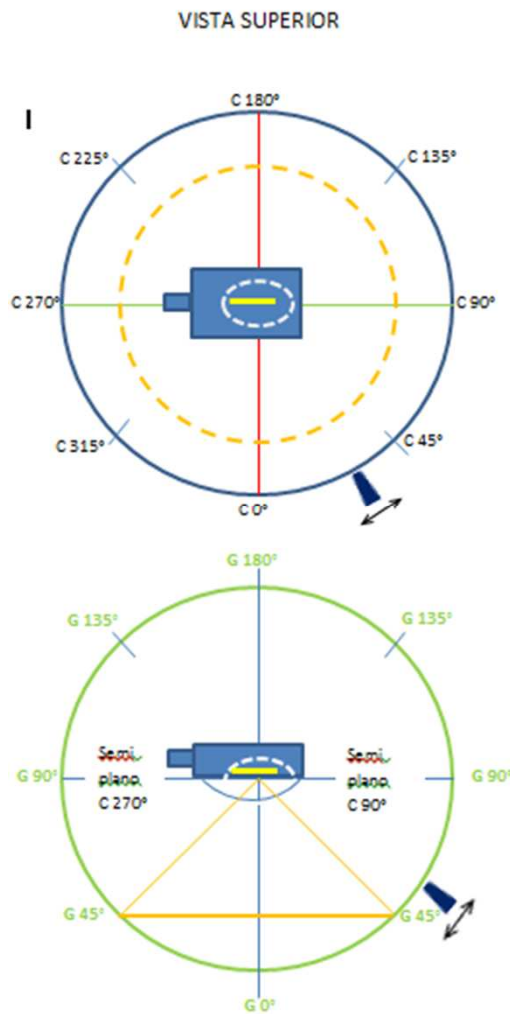
O Goniôfotômetro com Espelho



Instalação da Luminária IP no Goniofotômetro

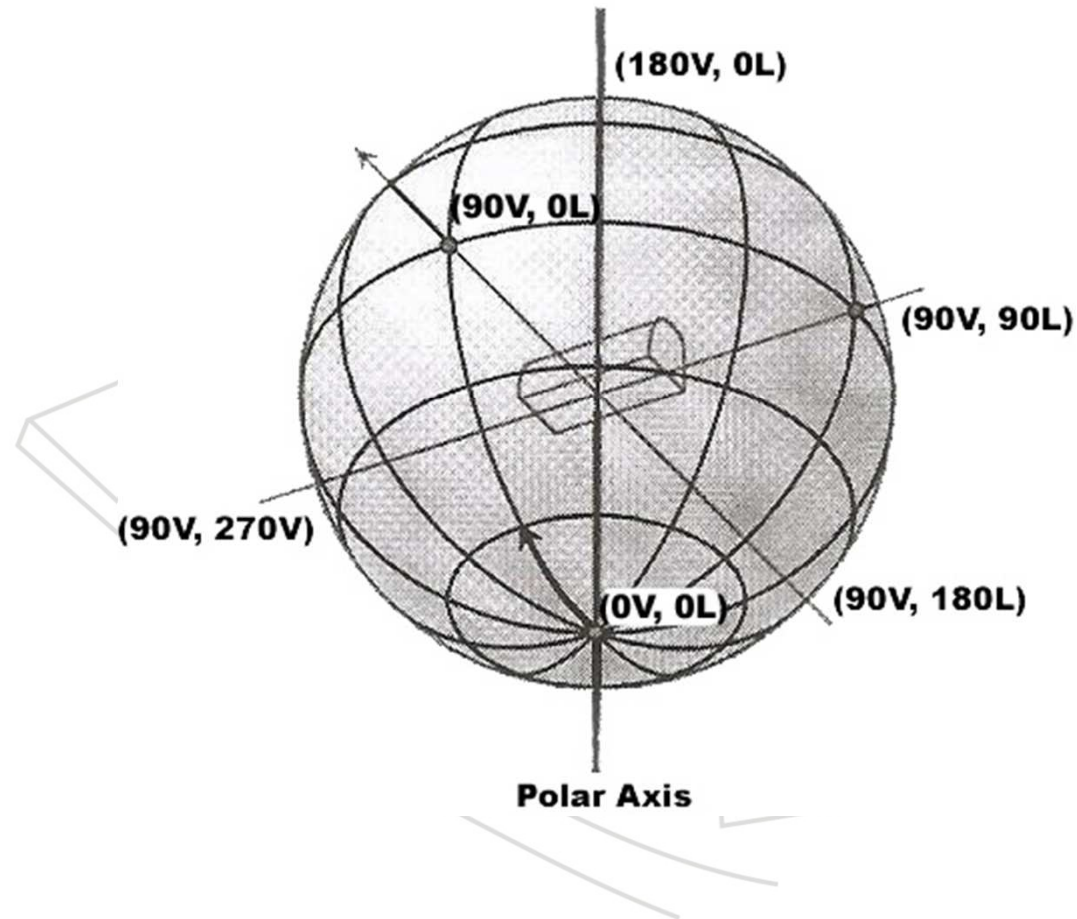


Sistema C de Coordenadas



Qualquer direção de observação (ou medição) pode ser definida por um par de valores C-G

Sistema C de Coordenadas



V → Gama

L → C

Principais recomendações da CIE 121-1996

-Fotômetro deve receber luz apenas da luminária ou lâmpada

- **-Ar limpo e sem correntes**
- **-Temperatura ambiente $(25\pm 1)^\circ\text{C}$**
- **-Luminária montada na posição de projeto**
- **-Fotômetro com $f_1 < 0,02$ - $V(\lambda)$ match**
- **-Incerteza do fotômetro $< 1,5\%$**

- **Principais recomendações da CIE 121-1996**
- **-Fonte de alimentação estabilizada**
- **-Instrumentos de medição elétrica**
- **-Montagem cuidadosa dos circuitos elétricos**
- **-Termômetro com resolução de 0,5 °C**
- **-Características físicas, elétricas e fotométricas das lâmpadas**
- **-Operação e manuseio das lâmpadas**

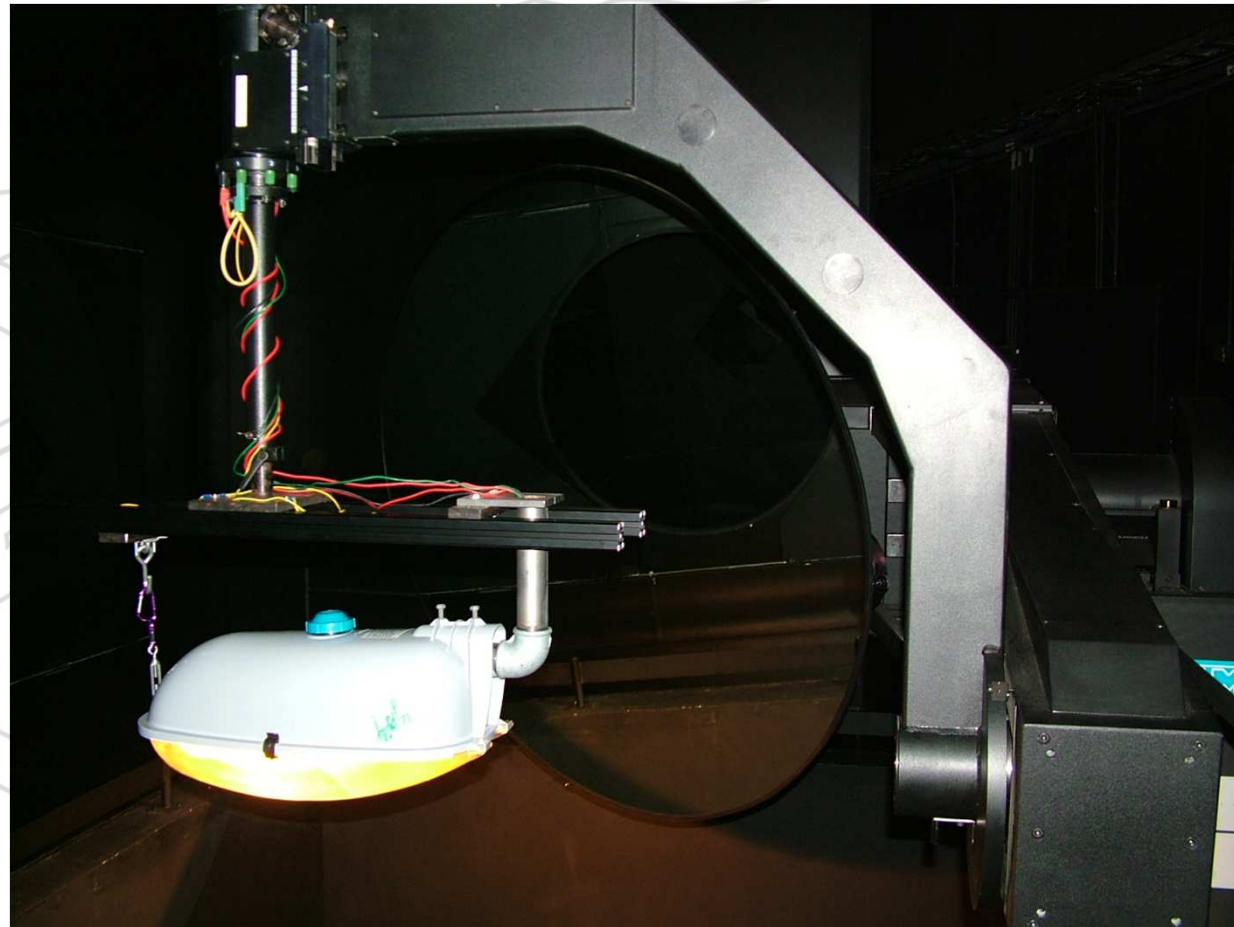
- **Principais recomendações da CIE 121-1996**
- -Alinhamento da lâmpada na luminária
- -Centro fotométrico (lâmpada e luminária)
- -Recomendações específicas para os diversos tipos de lâmpadas – envelhecimento e operação.
- -Manuseio da luminária
- -Estabilização da lâmpada e dos instrumentos

- **Principais recomendações da CIE 121-1996**
- **-Redução da luz espalhada – superfícies negras foscas, janelas reguláveis, etc.**
- **-Verificação do zero do fotômetro**
- **-Luminária suportada rigidamente**
- **-Distância de medição 15x dimensão da luminária (a norma não abrange near-field)**
- **-Medição em toda a gama de semiplanos C**

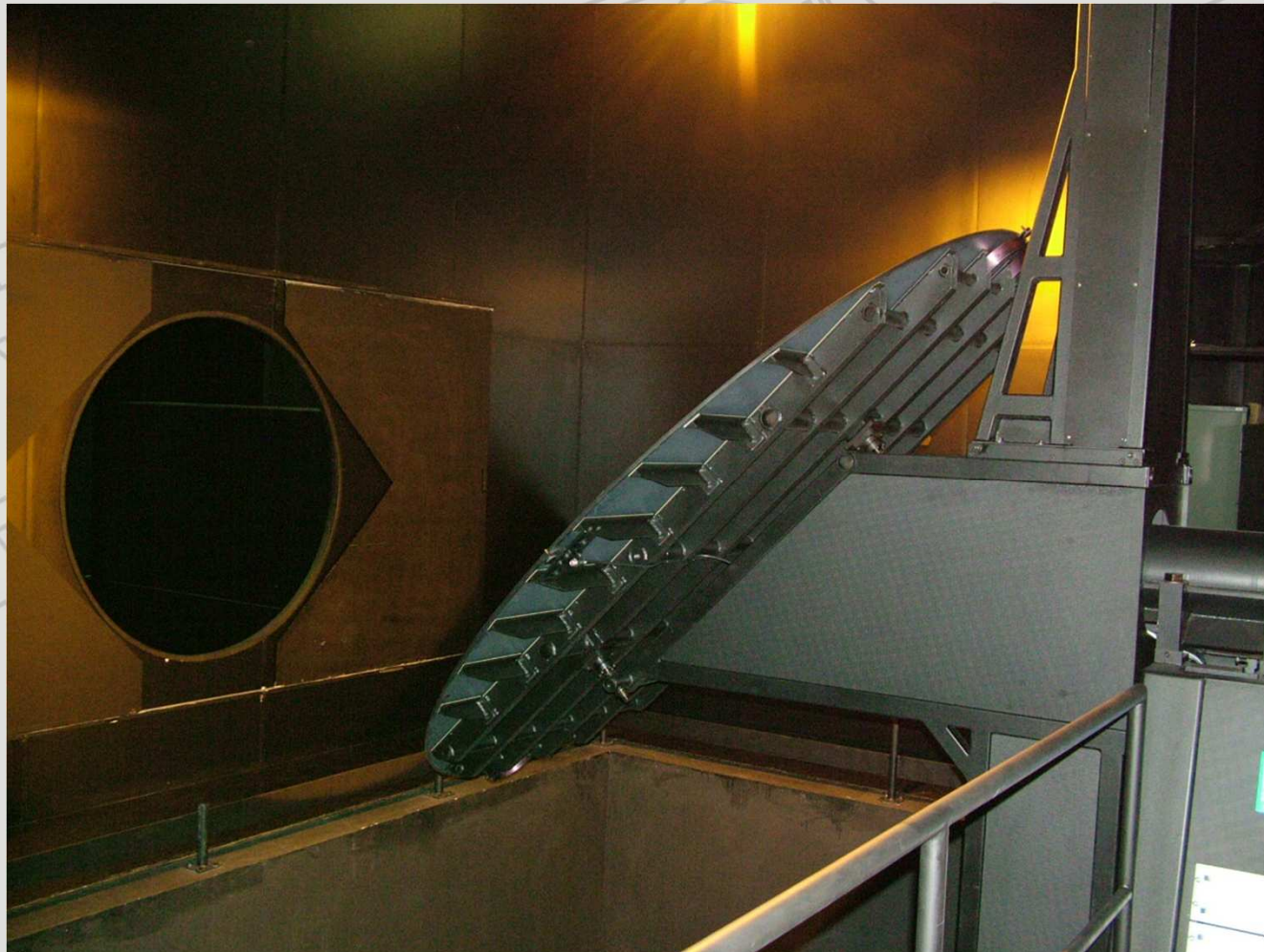
- CIE 121-1996
 - Fotometria absoluta
 - Necessita de fotômetro calibrado
- 

- CIE 121-1996
- Fotometria relativa: resultados apresentados em relação ao fluxo luminoso da lâmpada.
- Não necessita fotômetro calibrado.
- Permite usar o mesmo resultado para outra lâmpada de fluxo luminoso diferente, desde que tenha a mesma geometria.
- Vialox NAV-T 150 W: 14 500 lm
- Vialox NAV-T Super 4Y 150 W: 17 200 lm

Luminária montada no braço do Goniôfotômetro



$\gamma = 0^\circ$



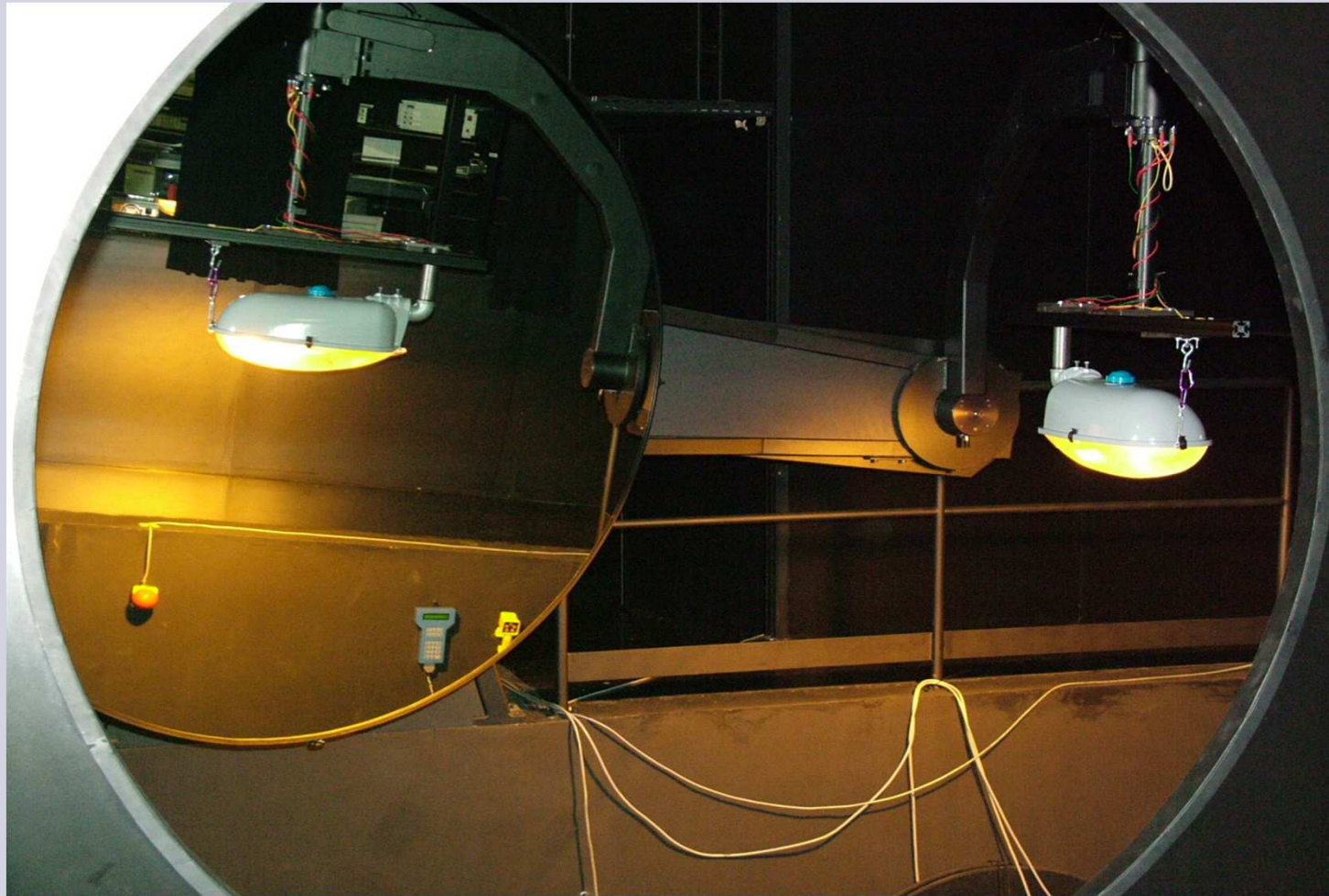
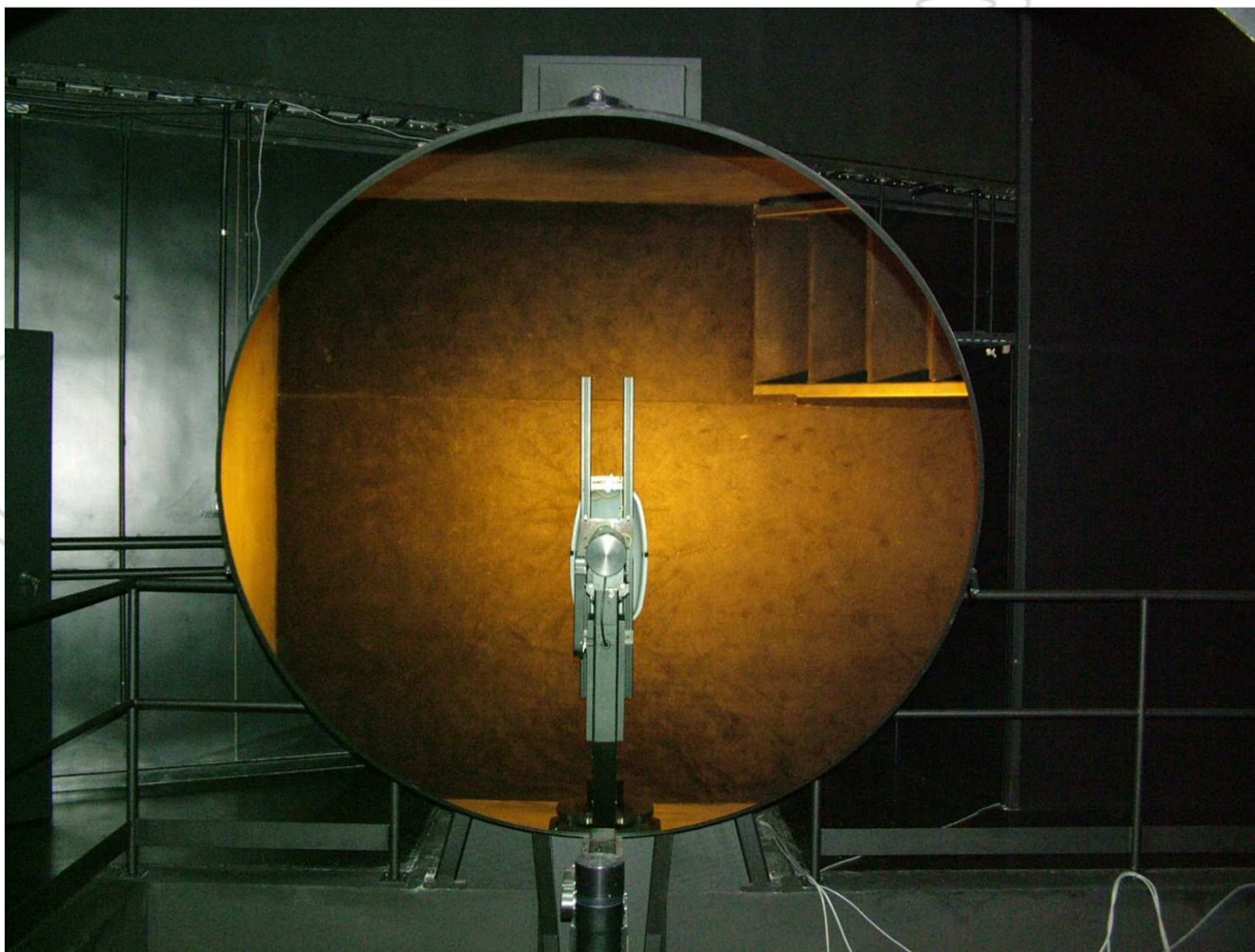
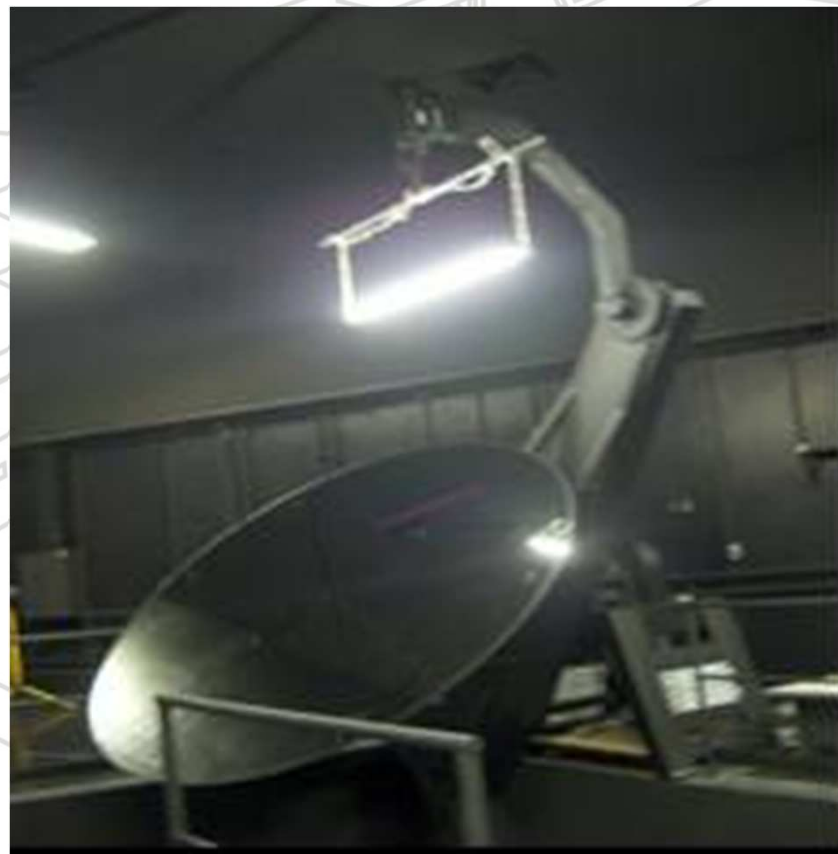


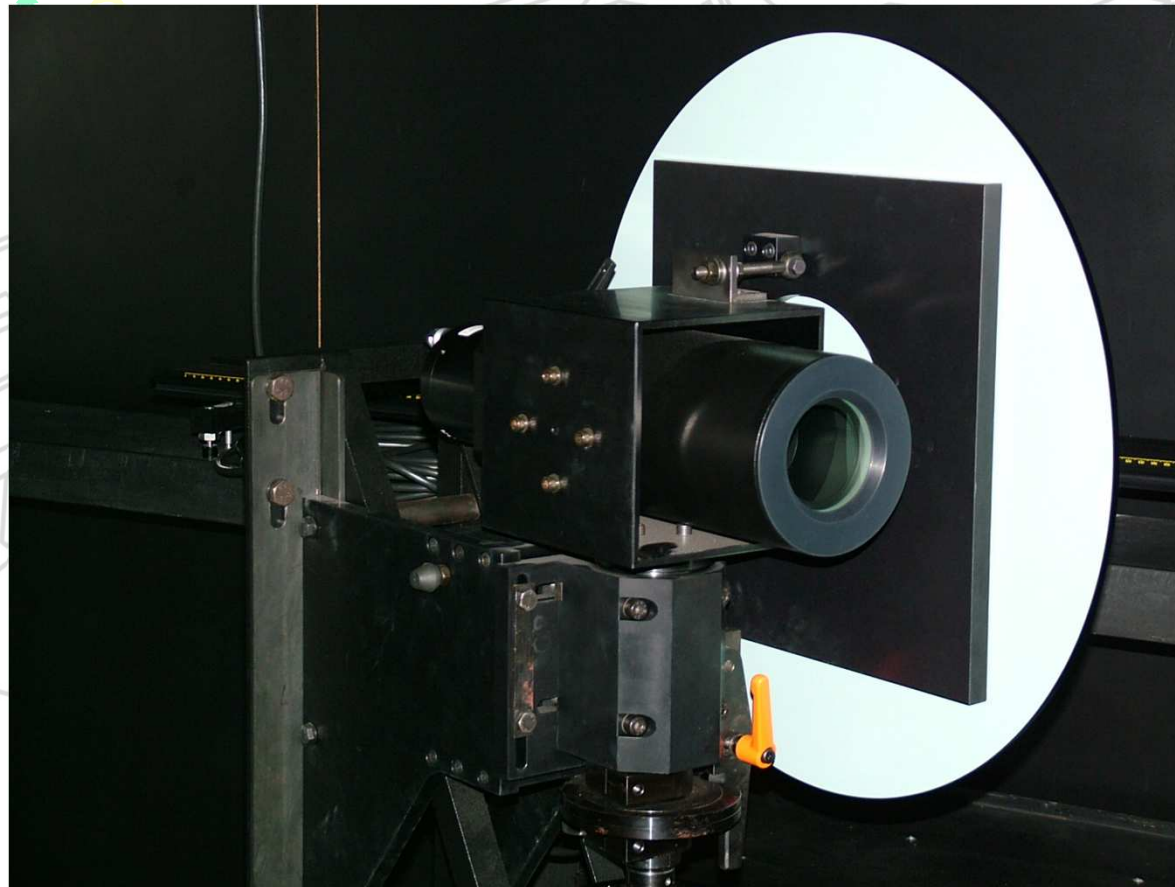
Imagem da luminária no espelho $\gamma = 180^\circ$



Goniofotômetro em ação



Detector Fotométrico a 16,439 m do centro óptico da luminária



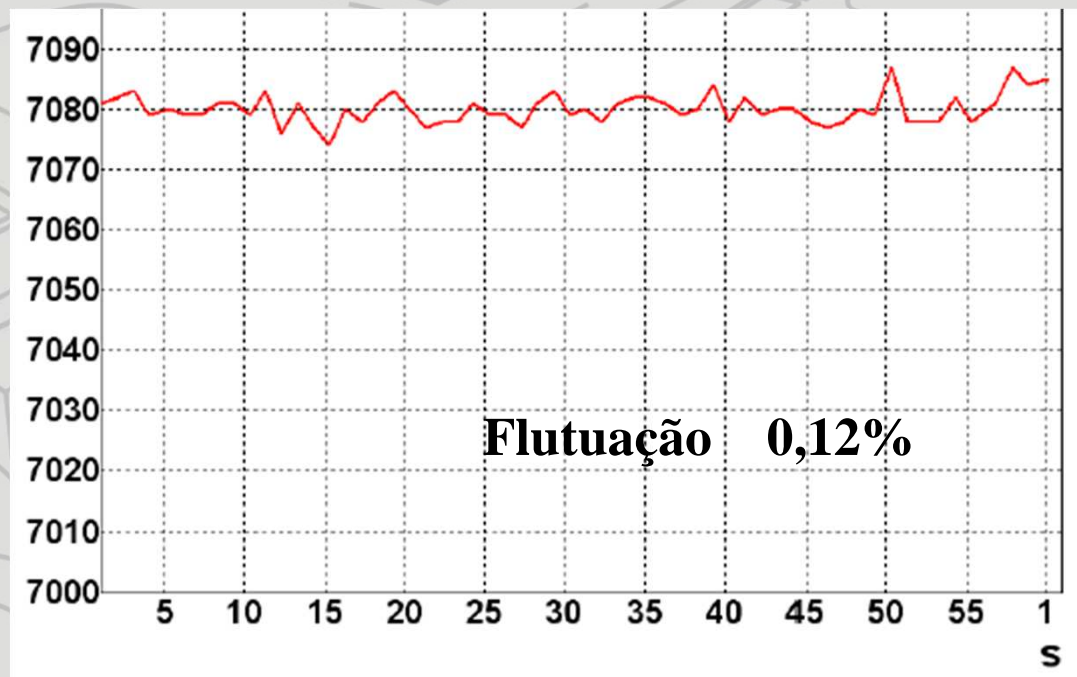
Detector Fotométrico II

**Distância Fotométrica
28,855 m**



Estabilização da Lâmpada (HID-Sódio)

Intensidade



Tempo

Gabinete de Controle



Grandezas de Interesse na Medição do Fluxo Luminoso de uma Luminária

Fluxo Luminoso Total

Fluxo Luminoso no Hemisfério Superior

Fluxo Luminoso no Hemisfério Inferior

Fluxo Luminoso Acumulado

Fluxo Zonal

Coefficiente de Utilização

Rendimento Óptico da Luminária

Fluxo Luminoso, ϕ , (lm)

$$\phi = \int \mathbf{I}(\Theta, \varphi) d\Omega \quad \mathbf{I}, \text{ Intensidade em candela, (cd)}$$

ou

$$\phi = \int \mathbf{E}(\mathbf{r}, \Theta, \varphi) dA \quad \mathbf{E}, \text{ Iluminância em lux, (lx)}$$

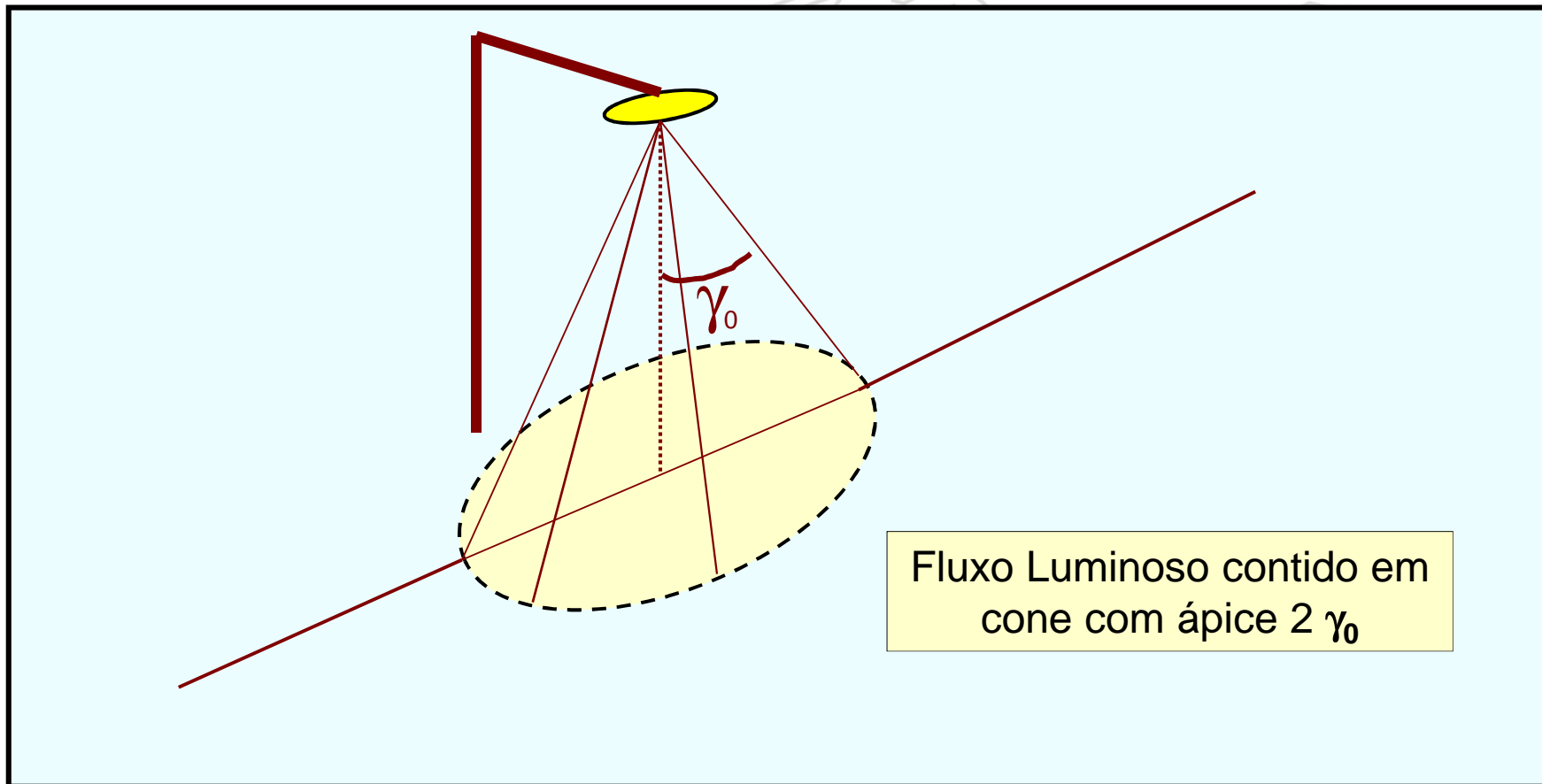
Rendimento Óptico da Luminária

Fluxo Luminoso da Luminária
Fluxo Luminoso da Lâmpada

Eficácia Energética da Luminária

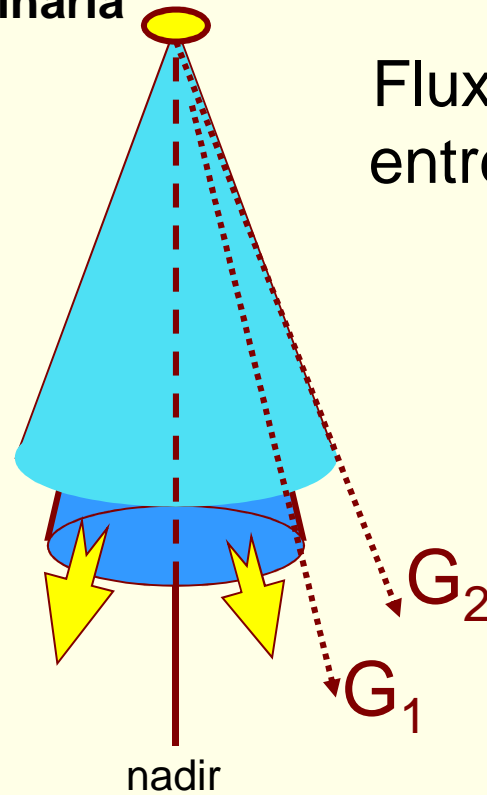
$$\frac{\text{Fluxo Luminoso da Luminária}}{\text{Potência ativa consumida}}$$

Fluxo Luminoso Acumulado



Fluxo Luminoso Zonal

Luminária



Fluxo Luminoso compreendido
entre ângulos verticais G_1 e G_2

Tabela de Fluxo Luminoso

Gama [°]	I min [cd/klm]	I máx [cd/klm]	I med [cd/klm]	Fluxo Zonal [lm]	Fluxo Zonal Acumulado [lm]	Fluxo Zonal Relativo [%]	Fluxo Zonal Relativo Acumulado [%]
0,0	123,4	123,4	123,4	0,00	0,00	0,00	0,00
1,0	123,3	124,6	123,7	0,67	0,67	0,01	0,01
2,0	123,2	126,9	124,8	2,02	2,68	0,04	0,05
3,0	123,1	130,9	126,8	3,40	6,09	0,06	0,11
4,0	123,0	134,9	129,0	4,84	10,93	0,09	0,19
5,0	122,7	139,3	131,5	6,33	17,26	0,11	0,31
6,0	122,5	143,8	134,0	7,89	25,15	0,14	0,44
7,0	122,2	149,1	136,7	9,50	34,64	0,17	0,61
8,0	121,8	153,0	139,2	11,16	45,80	0,20	0,81
9,0	121,4	156,7	141,6	12,86	58,66	0,23	1,04
10,0	121,0	159,7	143,7	14,59	73,25	0,26	1,30
11,0	120,5	161,7	145,5	16,33	89,59	0,29	1,59
12,0	119,9	163,1	146,9	18,07	107,65	0,32	1,90
13,0	119,3	164,2	148,1	19,79	127,44	0,35	2,25
14,0	118,7	164,8	149,0	21,49	148,93	0,38	2,64
15,0	118,0	164,8	149,6	23,17	172,11	0,41	3,05
16,0	117,3	164,6	149,9	24,81	196,91	0,44	3,48
17,0	116,6	164,5	150,1	26,41	223,32	0,47	3,95
18,0	115,8	164,8	150,2	27,98	251,30	0,50	4,45
19,0	114,9	165,7	150,3	29,55	280,85	0,52	4,97
20,0	114,1	167,4	150,5	31,12	311,97	0,55	5,52
21,0	113,2	169,9	150,9	32,71	344,68	0,58	6,10
22,0	112,2	172,8	151,4	34,33	379,02	0,61	6,71
23,0	111,2	175,8	152,1	35,99	415,01	0,64	7,34
24,0	110,1	178,7	152,8	37,67	452,68	0,67	8,01
25,0	109,1	181,5	153,6	39,38	492,06	0,70	8,71
26,0	108,0	183,8	154,3	41,07	533,13	0,73	9,43
27,0	106,8	186,5	155,0	42,77	575,90	0,76	10,19
28,0	105,6	190,0	155,9	44,50	620,39	0,79	10,98
29,0	104,4	192,2	156,7	46,24	666,63	0,82	11,79



Gama [°]	I min [cd/klm]	I máx [cd/klm]	I med [cd/klm]	Fluxo Zonal [lm]	Fluxo Zonal Acumulado [lm]	Fluxo Zonal Relativo [%]	Fluxo Zonal Relativo Acumulado [%]
80,0	6,0	14,1	10,0	7,01	3064,51	0,12	54,22
81,0	4,0	10,9	7,3	5,28	3069,79	0,09	54,31
82,0	3,1	7,8	5,2	3,81	3073,60	0,07	54,38
83,0	2,7	5,4	3,8	2,74	3076,34	0,05	54,43
84,0	2,1	4,1	2,7	1,99	3078,34	0,04	54,46
85,0	1,6	2,9	1,9	1,43	3079,77	0,03	54,49
86,0	1,0	1,6	1,3	0,99	3080,76	0,02	54,51
87,0	0,6	0,9	0,9	0,67	3081,43	0,01	54,52
88,0	0,3	0,6	0,5	0,43	3081,86	0,01	54,53
89,0	0,1	0,3	0,2	0,21	3082,08	0,00	54,53
90,0	0,0	0,0	0,0	0,05	3082,13	0,00	54,53

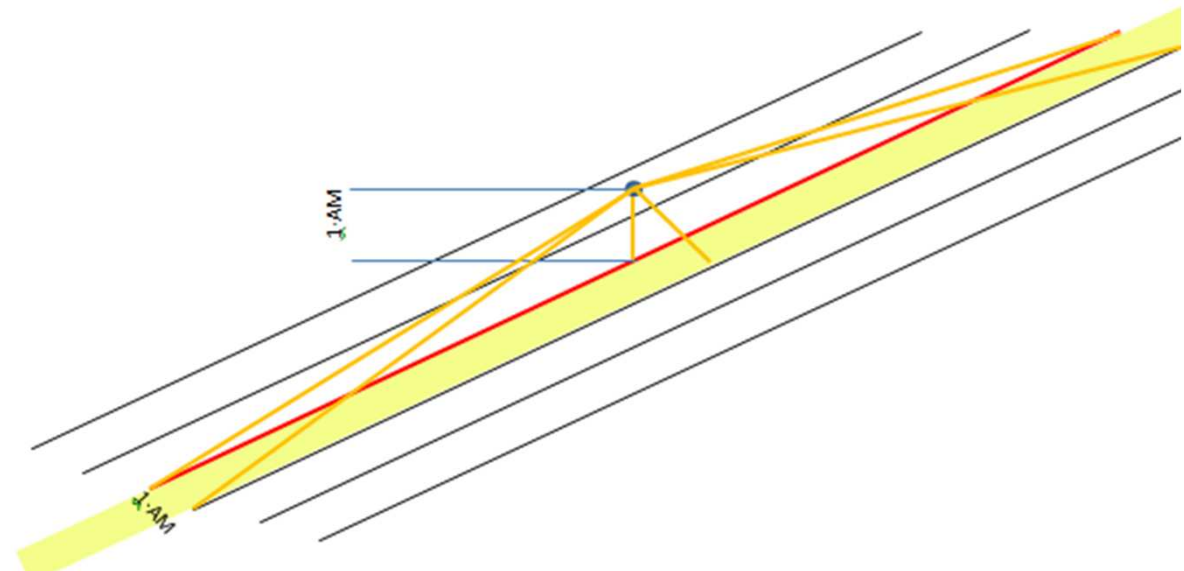
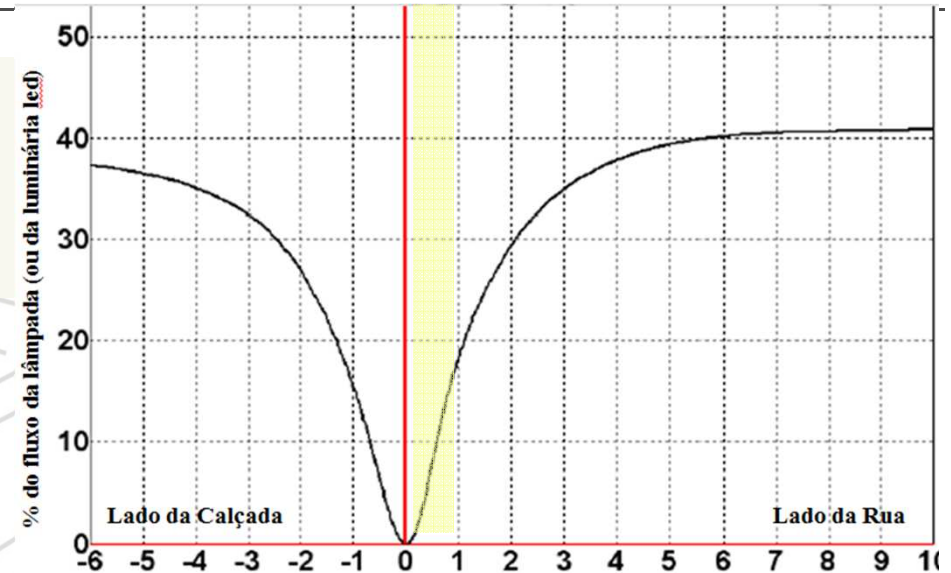
Tabela de Intensidade Luminosa

G/C [cd]	0,00	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00
0,00	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4	123,4
1,00	124,6	124,0	123,9	123,6	123,5	123,4	123,3	123,4	123,5
2,00	126,9	126,3	125,7	124,7	123,9	123,4	123,2	123,4	123,9
3,00	130,9	130,0	128,7	126,8	124,9	123,5	123,1	123,5	124,9
4,00	134,9	133,9	132,1	129,3	126,2	123,7	123,0	123,7	126,2
5,00	139,3	138,1	135,7	132,2	127,8	124,0	122,7	124,0	127,8
6,00	143,8	142,4	139,5	135,1	129,6	124,3	122,5	124,3	129,6
7,00	149,1	146,8	143,4	138,1	131,4	124,8	122,2	124,8	131,4
8,00	153,0	151,0	147,2	140,9	133,2	125,3	121,8	125,3	133,2
9,00	156,7	154,8	150,9	143,8	135,1	125,7	121,4	125,7	135,1
10,00	159,7	157,7	154,2	146,8	136,9	126,3	121,0	126,3	136,9
11,00	161,7	160,0	156,9	149,7	138,7	126,9	120,5	126,9	138,7
12,00	163,1	161,4	158,7	152,0	140,5	127,4	119,9	127,4	140,5
13,00	164,2	162,5	160,1	154,0	142,3	127,9	119,3	127,9	142,3
14,00	164,8	163,3	161,0	155,6	144,1	128,3	118,7	128,3	144,1
15,00	164,8	163,5	161,7	156,6	145,7	128,7	118,0	128,7	145,7
16,00	164,6	163,3	161,9	157,2	147,1	129,1	117,3	129,1	147,1
17,00	164,5	163,1	161,7	157,6	148,1	129,4	116,6	129,4	148,1
18,00	164,8	163,0	161,3	157,8	149,1	129,7	115,8	129,7	149,1
19,00	165,7	163,5	160,8	157,7	149,7	130,0	114,9	130,0	149,7
20,00	167,4	164,4	160,5	157,1	150,0	130,2	114,1	130,2	150,0
21,00	169,9	166,2	160,7	156,5	150,1	130,3	113,2	130,3	150,1
22,00	172,8	168,7	161,2	155,7	149,9	130,5	112,2	130,5	149,9
23,00	175,8	171,4	162,5	154,8	149,6	130,5	111,2	130,5	149,6
24,00	178,7	174,1	164,4	154,2	149,2	130,6	110,1	130,6	149,2
25,00	181,5	176,6	166,5	153,9	148,6	130,6	109,1	130,6	148,6
26,00	183,8	179,1	168,6	153,7	147,8	130,5	108,0	130,5	147,8
27,00	186,5	181,5	170,8	154,1	146,7	130,4	106,8	130,4	146,7
28,00	190,0	184,3	172,8	155,0	145,5	130,2	105,6	130,2	145,5
29,00	192,2	187,4	174,5	156,0	144,3	129,9	104,4	129,9	144,3
30,00	193,1	189,2	176,3	157,3	143,0	129,5	103,1	129,5	143,0
31,00	193,2	189,9	178,7	158,6	141,6	128,9	101,7	128,9	141,6
32,00	192,9	189,7	181,1	159,9	140,4	128,3	100,3	128,3	140,4
33,00	192,6	189,2	182,1	160,9	139,3	127,6	99,0	127,6	139,3
34,00	192,3	188,7	182,2	161,9	138,5	126,7	97,6	126,7	138,5
35,00	192,4	188,4	181,7	163,0	137,7	125,7	96,1	125,7	137,7
36,00	192,5	188,3	180,9	164,2	137,2	124,5	94,6	124,5	137,2
37,00	192,5	188,4	180,2	165,7	136,9	123,3	93,1	123,3	136,9
38,00	191,7	188,4	179,4	166,1	136,9	121,8	91,5	121,8	136,9
39,00	190,8	187,5	178,6	165,6	136,9	120,4	89,9	120,4	136,9
40,00	190,5	186,4	178,3	164,5	136,7	118,7	88,2	118,7	136,7
41,00	189,8	185,9	177,7	163,2	136,6	117,1	86,6	117,1	136,6
42,00	187,8	184,8	176,5	161,6	136,1	115,3	84,9	115,3	136,1
43,00	185,3	182,5	174,9	160,0	135,7	113,3	83,1	113,3	135,7
44,00	183,2	180,1	173,8	158,4	135,1	111,1	81,3	111,1	135,1
45,00	181,0	177,8	172,3	156,9	134,5	108,9	79,4	108,9	134,5

G/C [cd]	270,00	285,00	300,00	315,00	330,00	345,00
46,00	77,7	106,6	134,1	155,7	169,8	175,4
47,00	75,8	104,3	133,7	154,5	166,7	172,8
48,00	73,8	101,9	132,5	152,5	164,0	169,8
49,00	71,9	99,5	130,7	150,4	161,1	166,3
50,00	70,0	97,3	128,6	148,6	158,1	162,5
51,00	68,0	94,9	126,3	146,2	154,8	158,5
52,00	66,0	92,6	123,8	142,9	151,1	154,3
53,00	64,0	90,4	121,4	139,5	146,9	149,5
54,00	62,0	88,4	118,9	136,6	142,8	144,1
55,00	59,9	86,4	116,4	133,0	138,3	137,9
56,00	57,8	84,6	114,1	129,4	133,3	131,0
57,00	55,7	82,8	111,7	125,5	127,5	123,6
58,00	53,7	81,2	108,9	121,3	121,6	116,4
59,00	51,5	79,3	105,9	116,5	114,6	108,6
60,00	49,3	77,4	102,9	111,8	107,3	100,5
61,00	47,1	75,4	99,1	106,7	99,9	92,3
62,00	44,9	73,4	95,4	101,4	92,7	84,7
63,00	42,6	71,2	91,5	95,3	84,9	76,6
64,00	40,4	68,8	87,4	88,6	77,2	69,4
65,00	38,1	66,0	83,2	81,9	69,5	63,9
66,00	35,9	63,0	78,7	75,1	62,5	60,3
67,00	33,6	59,8	73,8	67,8	56,3	57,7
68,00	31,3	56,5	68,8	60,5	52,3	55,3
69,00	29,0	53,0	63,7	53,3	49,5	53,1
70,00	26,9	49,7	58,5	46,9	47,2	51,1
71,00	24,6	46,3	52,7	41,5	44,9	47,7
72,00	22,4	42,7	46,6	37,8	42,7	42,2
73,00	20,2	39,2	40,6	35,1	39,2	36,8
74,00	18,1	35,3	34,5	32,7	33,9	31,4
75,00	16,1	31,6	29,0	30,5	29,1	26,4
76,00	14,1	27,8	24,0	27,3	24,1	21,4
77,00	12,2	23,9	20,6	22,9	19,3	16,9
78,00	10,4	20,2	18,3	18,6	15,1	12,9
79,00	8,8	17,0	16,3	14,7	11,5	9,6
80,00	7,2	13,6	14,1	11,0	8,2	6,6
81,00	5,8	10,3	10,9	7,9	5,5	4,3
82,00	4,5	7,4	7,8	5,3	3,5	3,1
83,00	3,4	5,4	5,4	3,4	2,7	2,7
84,00	2,4	4,1	3,4	2,3	2,2	2,1
85,00	1,6	2,9	2,0	1,8	1,7	1,6
86,00	1,0	1,6	1,3	1,3	1,2	1,2
87,00	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
88,00	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
89,00	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
90,00	-	0,0	0,0	-	-	-

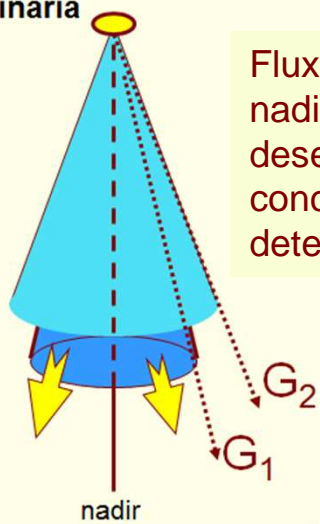
Avaliação do Fluxo Parcial: Coeficiente de Utilização

Fluxo luminoso acumulado em relação ao afastamento da linha de referência, com distância medida em alturas de montagem (AM). Mostra o percentual do fluxo luminoso para frente e para trás da luminária.



Fluxo Zonal acumulado

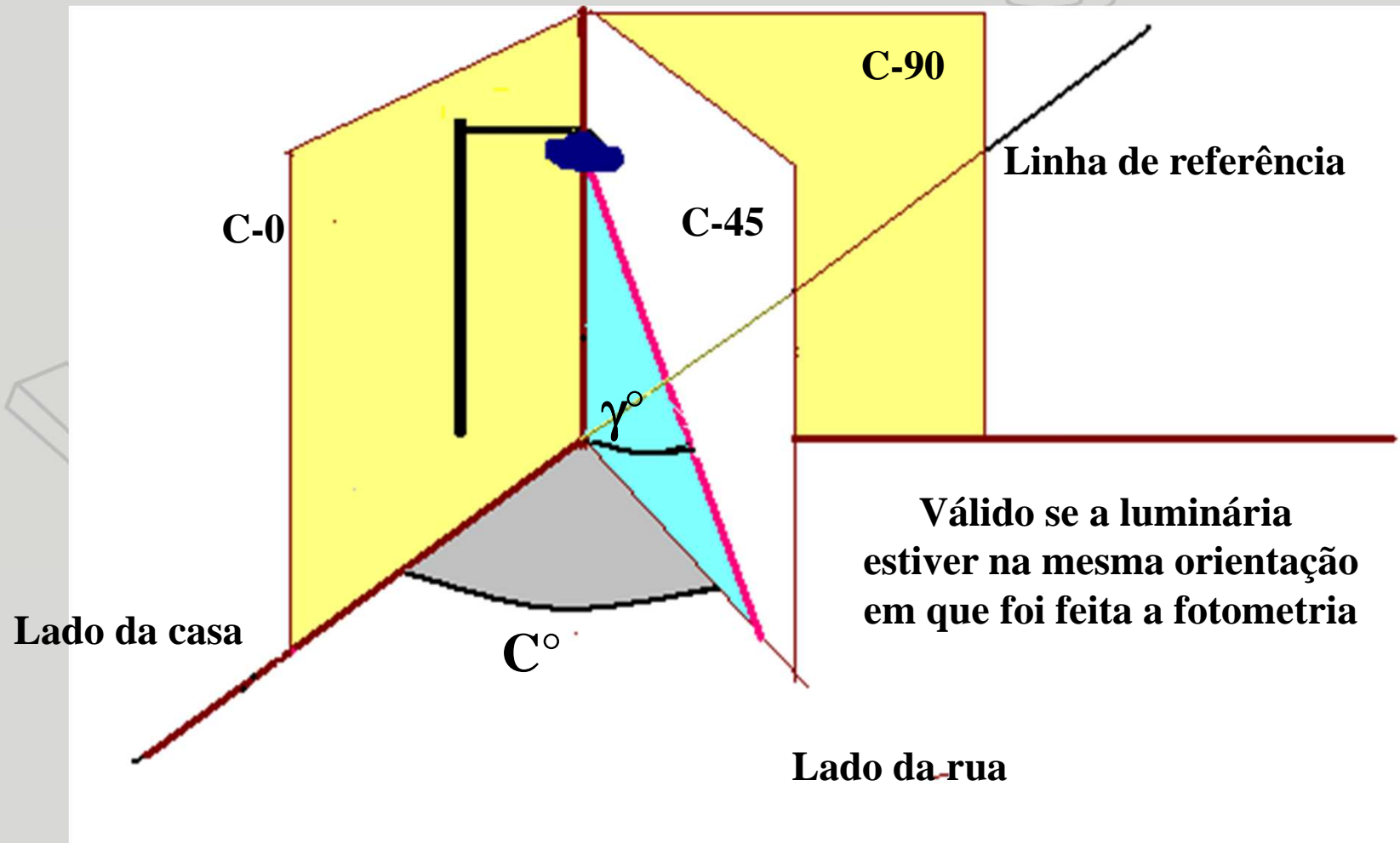
Luminária



Fluxo luminoso acumulado do nadir ($G = 0^\circ$) até o ângulo G desejado. Mostra se a luz é concentrada ou distribuída, em determinada região.



Sistema de Coordenadas C- γ



Sistema de Coordenadas C- γ

As coordenadas utilizadas na distribuição luminosa da luminária estão associadas a esta. Neste exemplo, o plano C-0 C-180 da fotometria não está na vertical, e sim perpendicular ao braço de montagem. Pode ser usado sistema de coordenadas igual ou semelhante para a instalação.

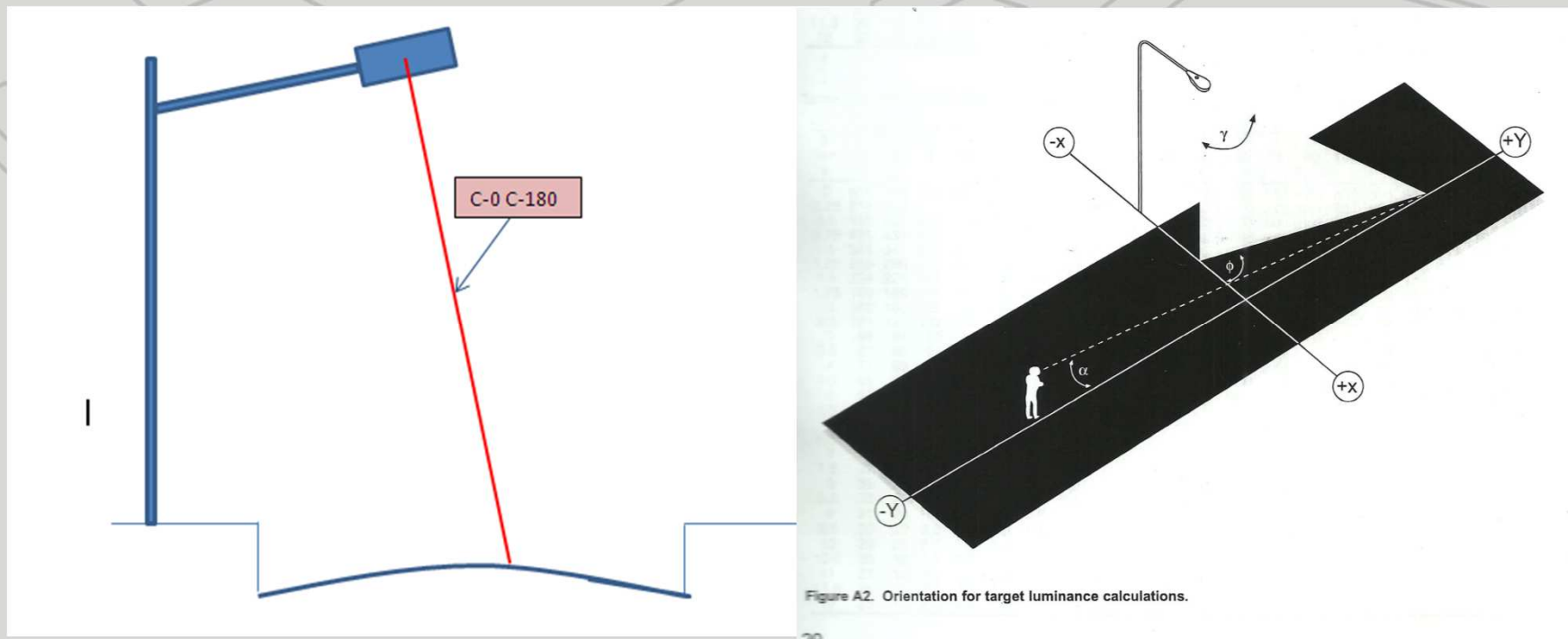
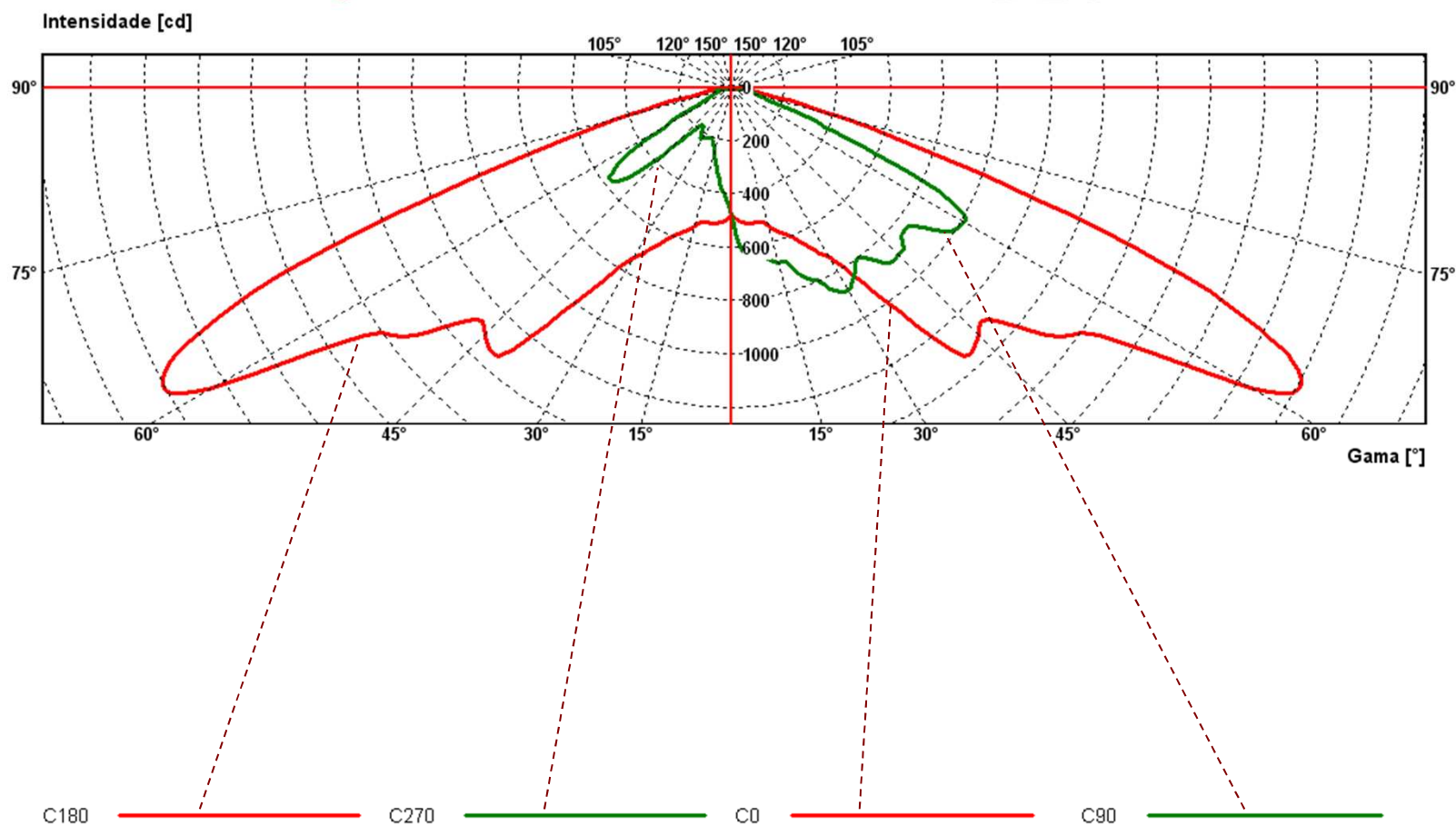
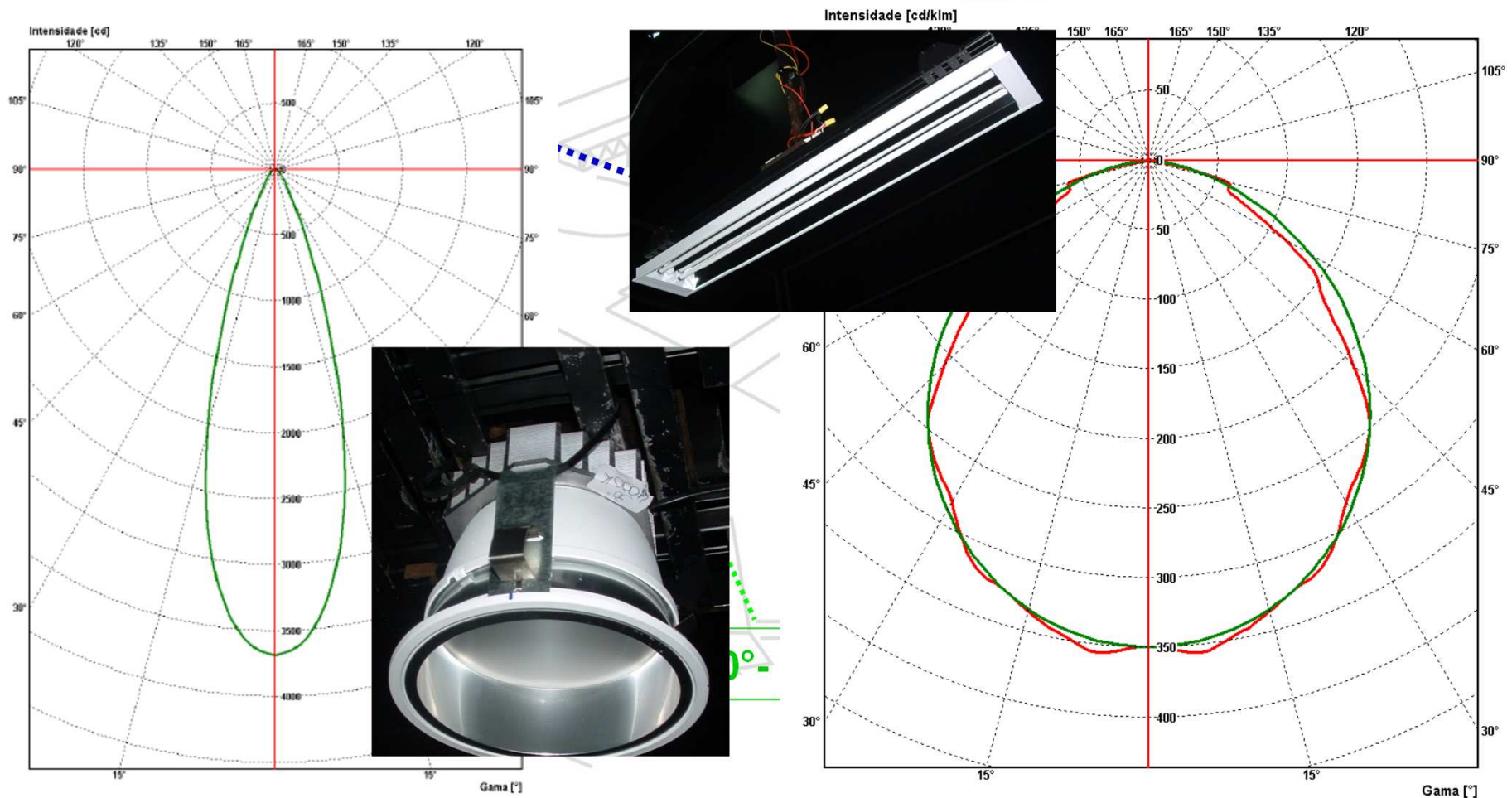


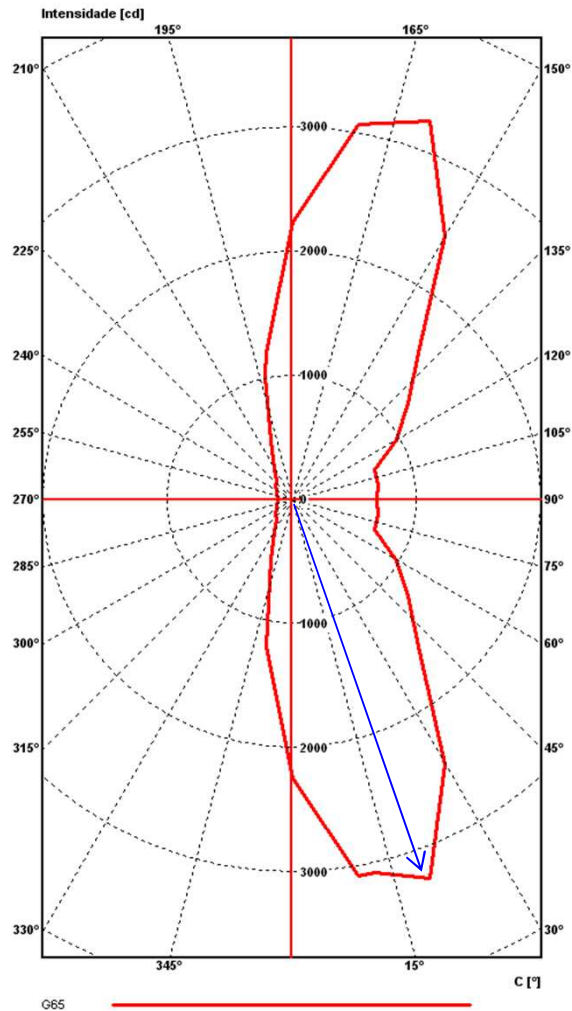
Diagrama Polar da Intensidade - IP



Luminária IP - Planos Principais

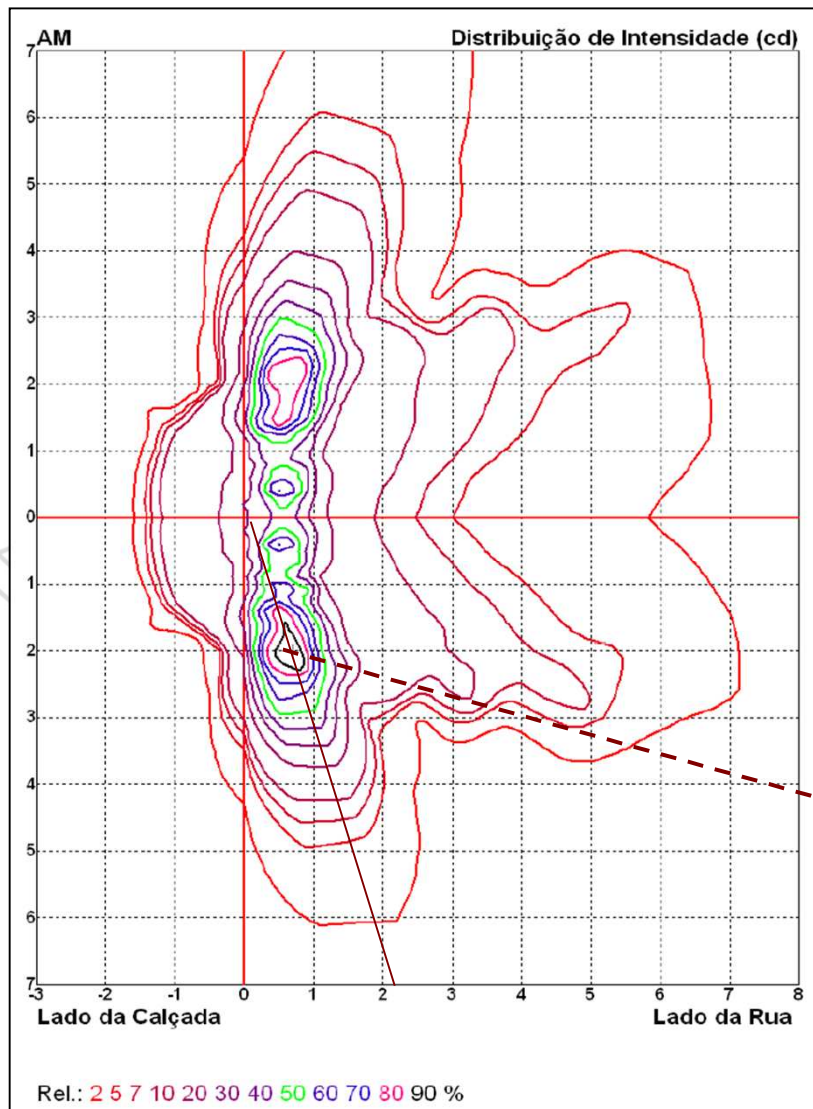
Diagrama Polar de Intensidade – Luminárias para interiores





Luminária IP

**Diagrama Polar da
Distribuição de Intensidade
em Superfície Cônica que
contém I_{\max}**



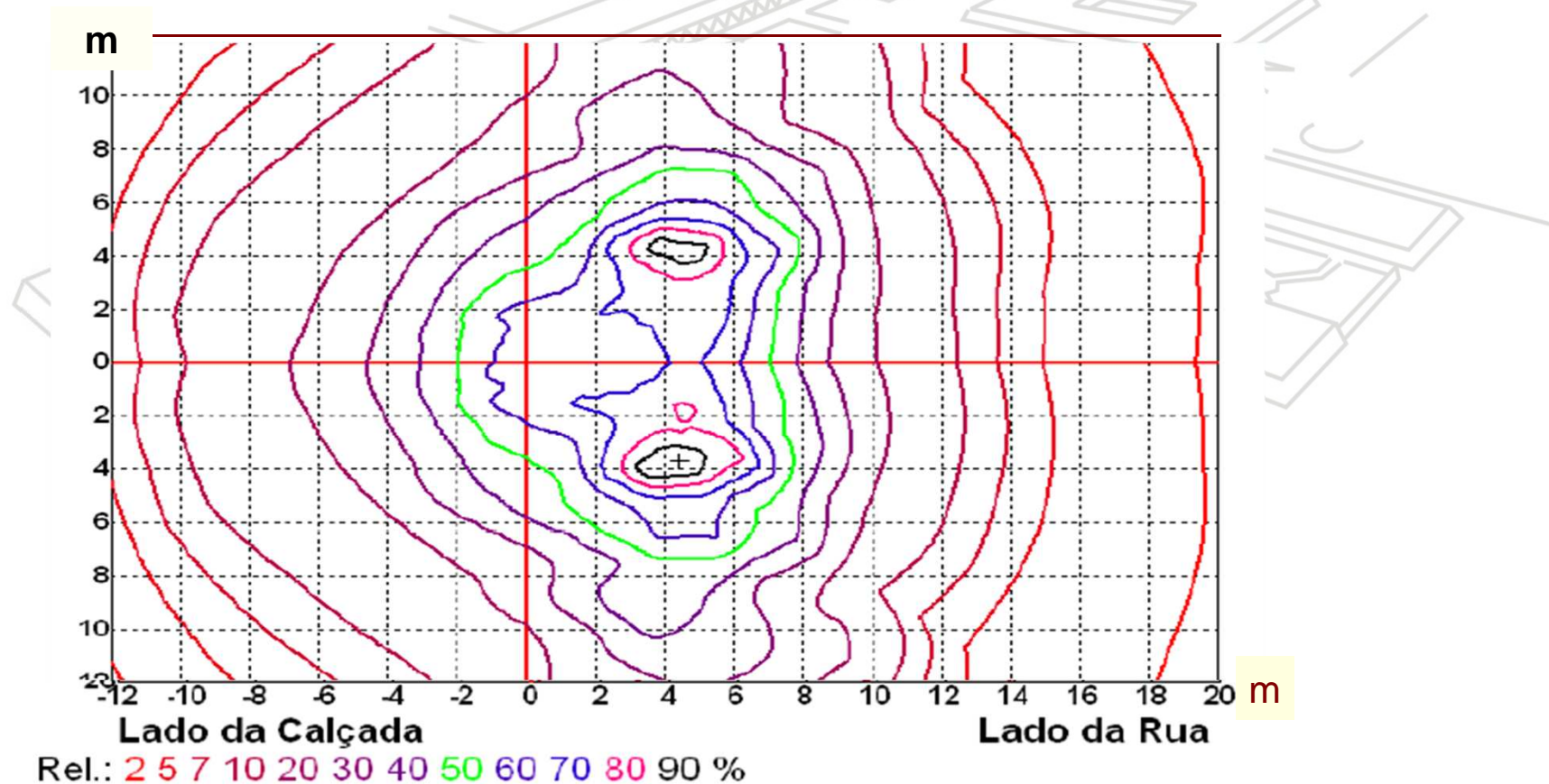
Luminária IP

Curvas Isocandela

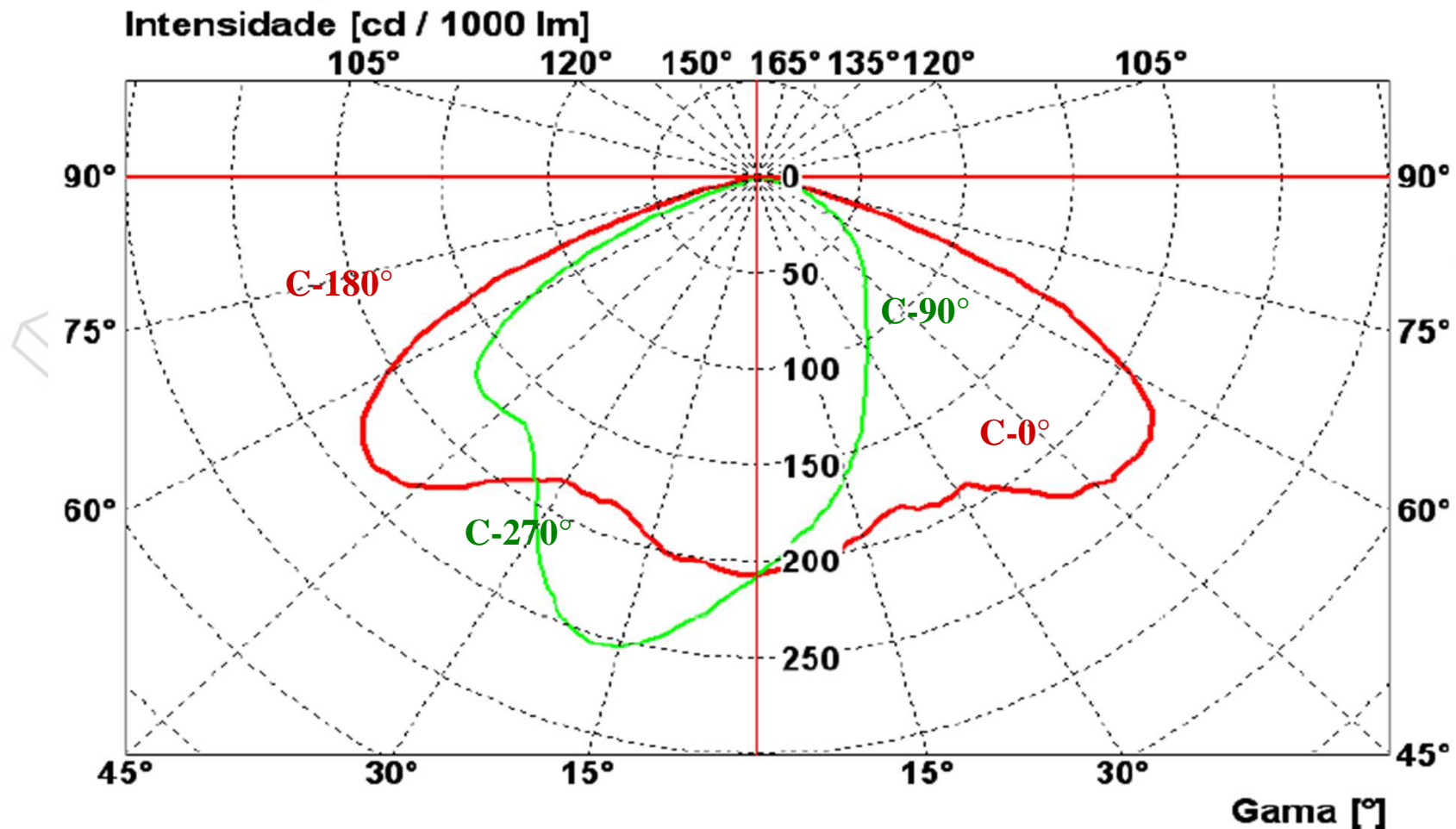
$I_{max} = 100\%$

Curvas Isolux

Altura de Montagem 10 m

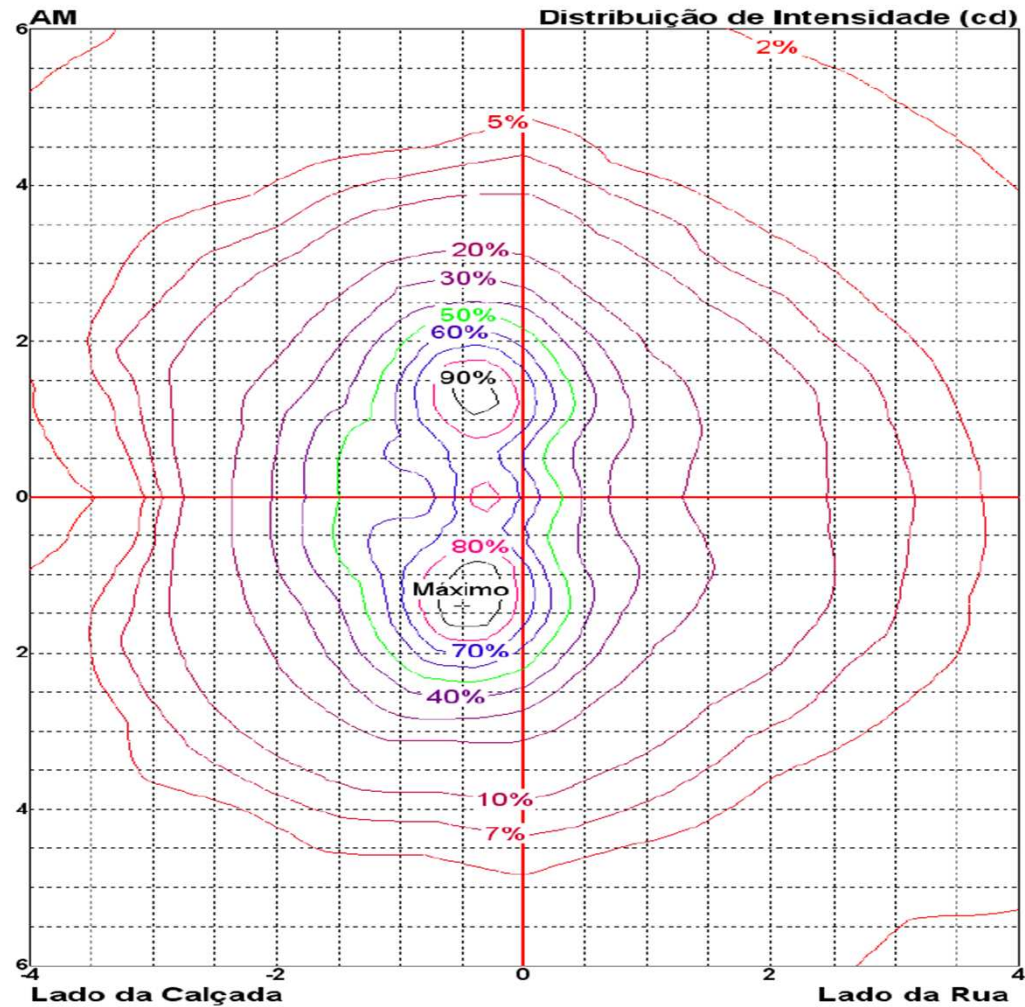


Exemplo de luminária experimental com distribuição de intensidade luminosa insatisfatória



Luminária Experimental

Diagrama Isocandela

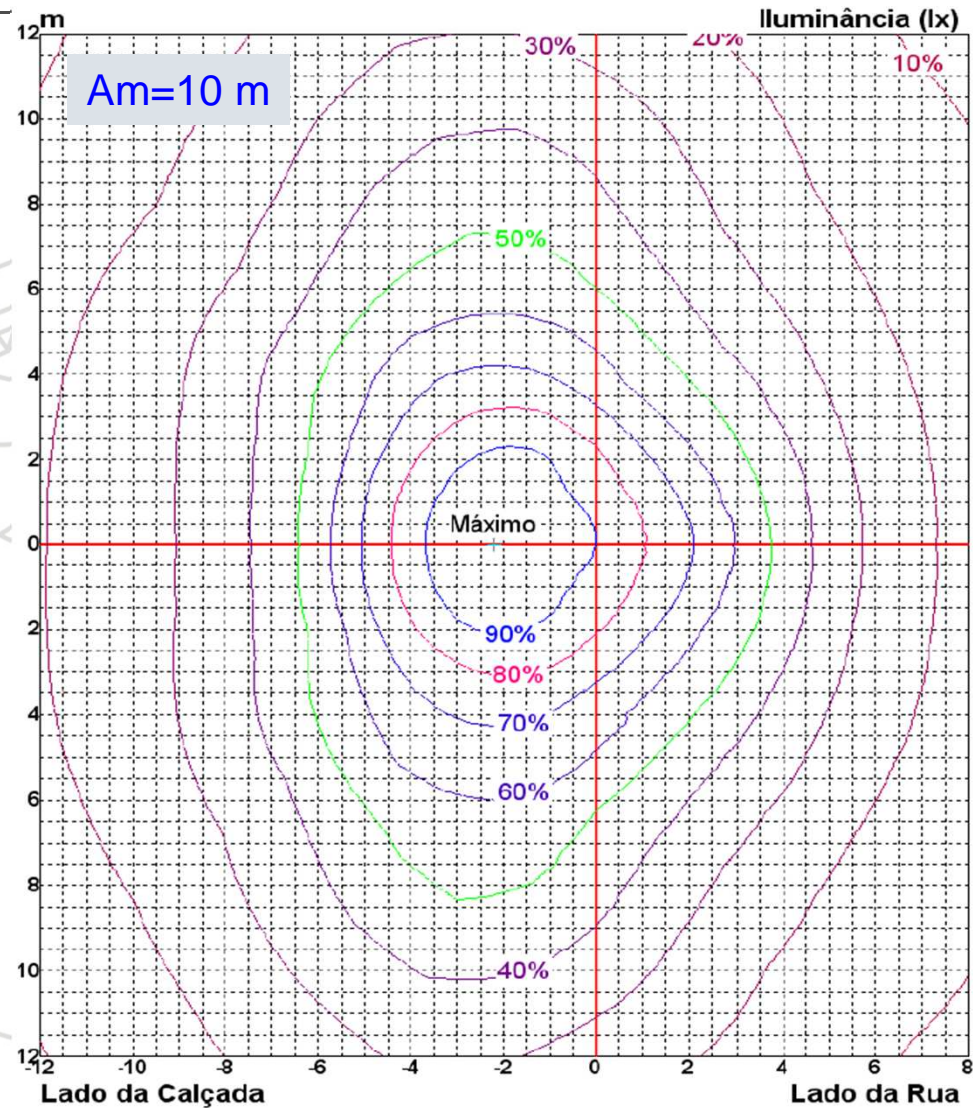
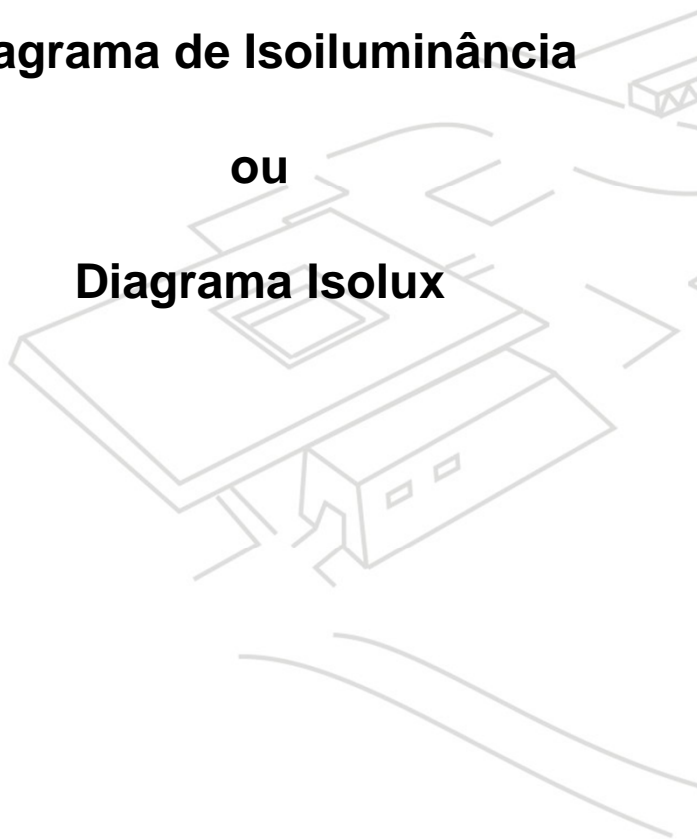


Luminária experimental

Diagrama de Isoiluminância

ou

Diagrama Isolux



Classificação ABNT 5101 referente à Distribuição Longitudinal

curta



média

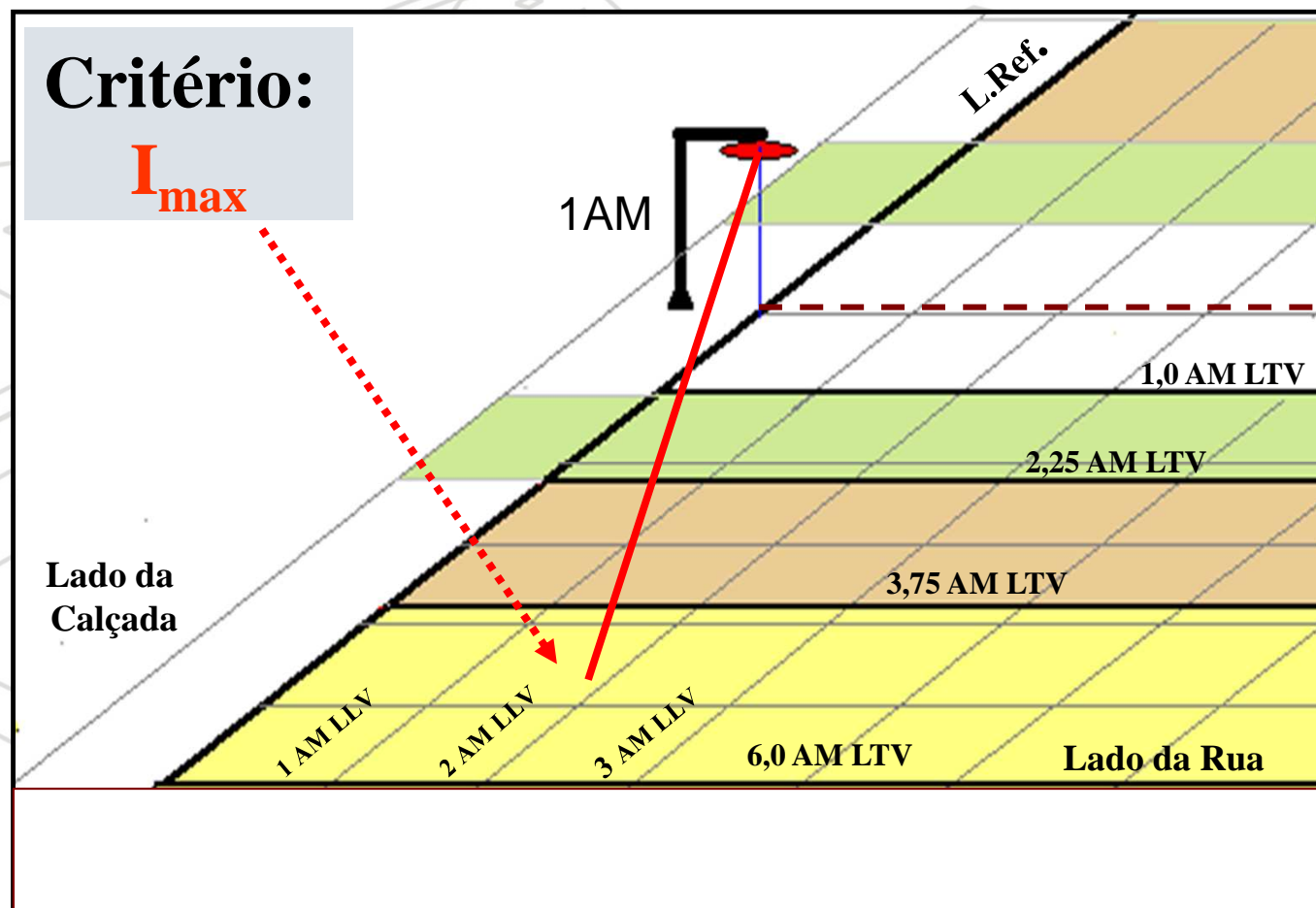


longa







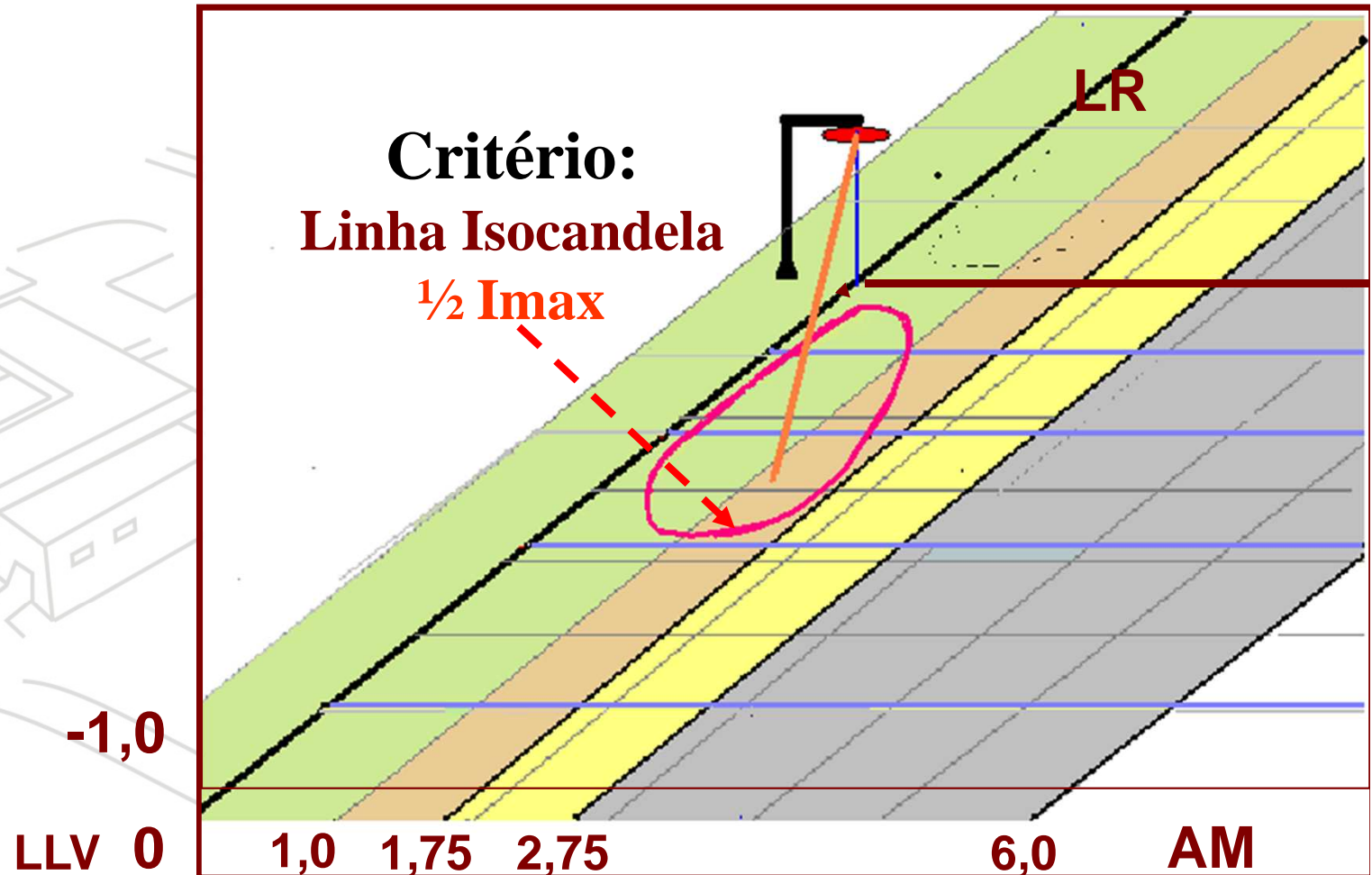
Critério:

I_{max}



Classificação ABNT 5101 referente à Distribuição Lateral

- Tipo I 
- Tipo II 
- Tipo III 
- Tipo IV 

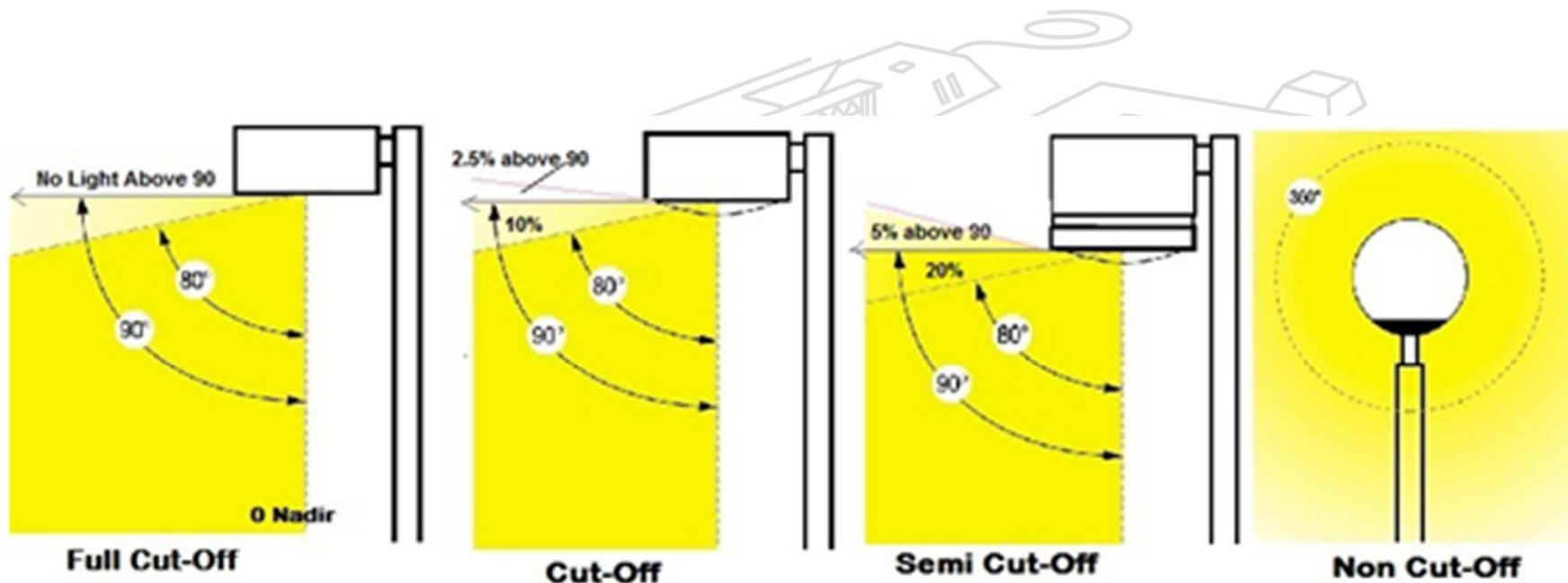


Controle da Distribuição - Classificação ABNT 5101 Ofuscamento / Poluição luminosa

Classificação	Totalmente Limitada	Limitada	Semi Limitada	Não Limitada
Parâmetros	Full Cut-off	Cut-off	Semi Cut-off	Non Cut-off
$\gamma \geq 90^\circ$	0	$\leq 2,5 \%$	$\leq 5 \%$	$>5 \%$
	e	e	e	ou
$80^\circ \leq \gamma < 90^\circ$	$\leq 10 \%$	$\leq 10 \%$	$\leq 20 \%$	$>20 \%$

Os percentuais referem-se ao valor da maior intensidade luminosa medida no intervalo considerado, em relação ao fluxo luminoso da lâmpada.

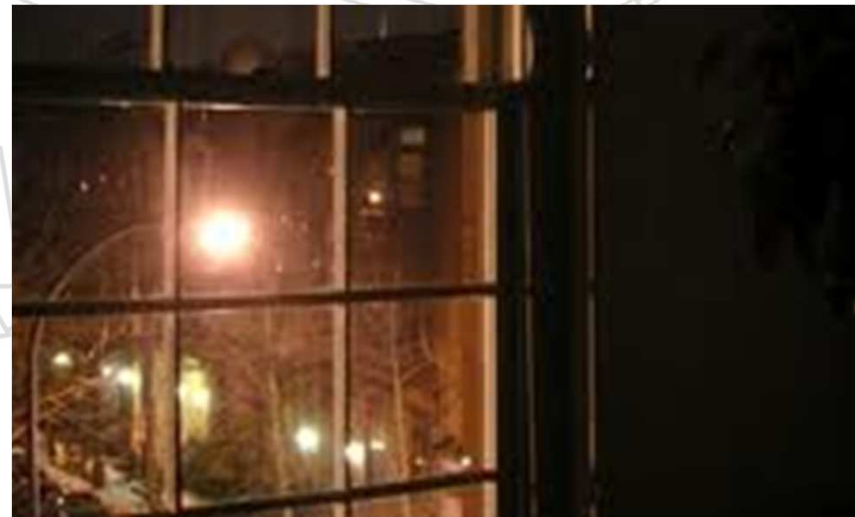
Classificação Cutoff ABNT/IESNA

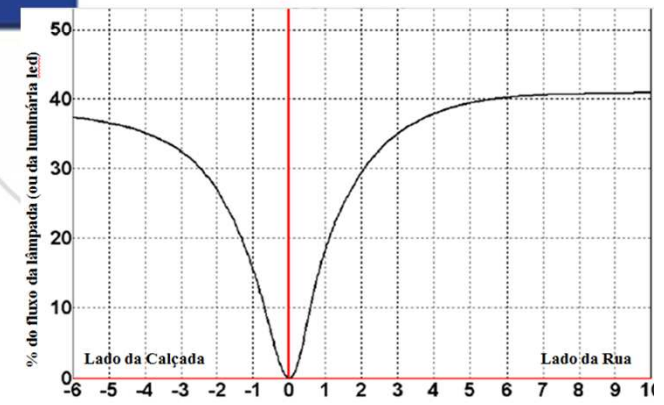
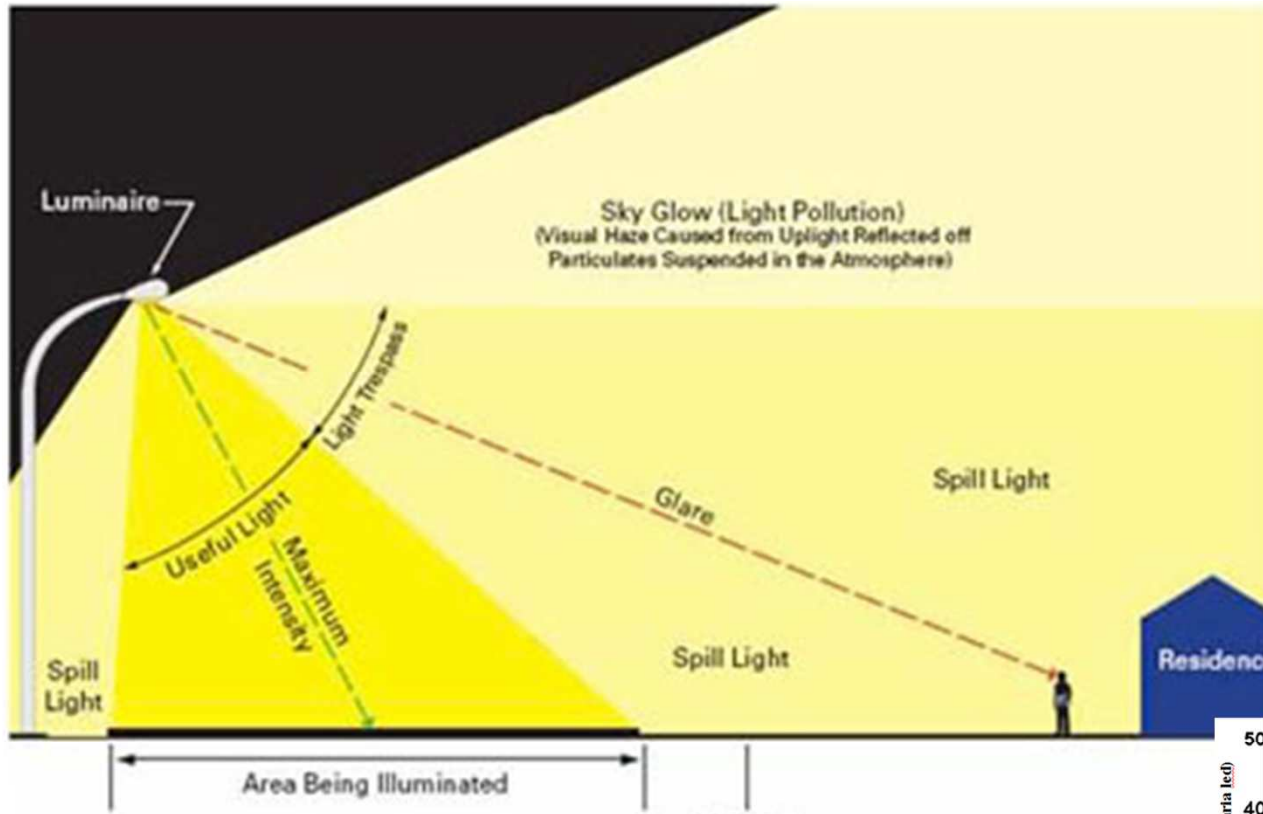


A luminária recebe a classificação, mas se for usada em outro ângulo de elevação é necessária uma análise complementar.



Polluição luminosa

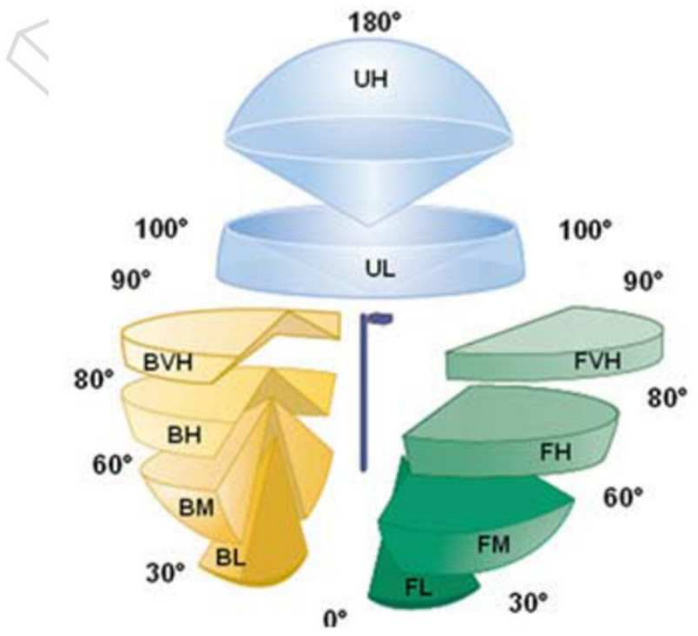




A classificação BUG – Iesna TM-15

		Backlight Rating					
		Secondary Solid Angle					
		B0	B1	B2	B3	B4	B5
Backlight / Trespass	BH	110	500	1000	2500	5000	>5000
	BM	220	1000	2500	5000	8500	>8500
	BL	110	500	1000	2500	5000	>5000

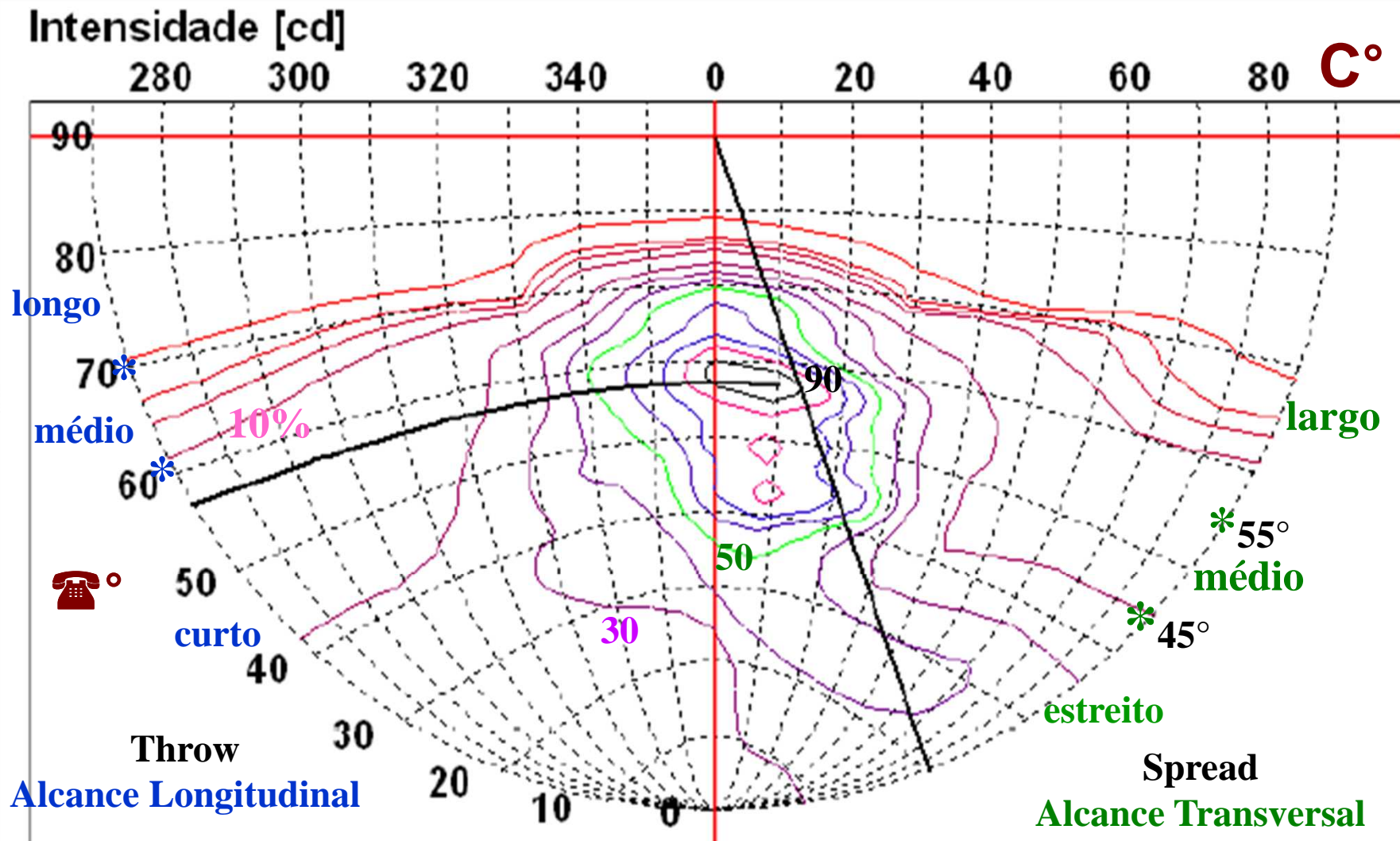
		Uplight Rating					
		Secondary Solid Angle					
		U0	U1	U2	U3	U4	U5
Uplight / Skyglow	UH	0	10	50	500	1000	>1000
	UL	0	10	50	500	1000	>1000



Glare Rating for Asymmetrical Luminaire Types (Type I, Type II, Type III, Type IV)

		Secondary Solid Angle					
		G0	G1	G2	G3	G4	G5
Glare / Offensive Light	FVH	10	100	225	500	750	>750
	BVH	10	100	225	500	750	>750
	FH	660	1800	5000	7500	12000	>12000
	BH	110	500	1000	2500	5000	>5000

Diagrama Isocandela Esférico e Classificação CIE



Classificação das Luminárias Públicas

ABNT NBR-5101	IESNA TM-3-1995	CIE 43 (TC-4.6)
Distribuição Longitudinal da Intensidade Luminosa <ul style="list-style-type: none"> •curta •média •longa 	Vertical Light Distribution (ultra short) <ul style="list-style-type: none"> •short •medium •long 	Alcance Longitudinal <i>(Throw/Extensivitée longitudinale/Längsstrahlung)</i> <ul style="list-style-type: none"> •curto (<i>short</i>) •médio (<i>intermediate</i>) •longo (<i>long</i>)
Distribuição Transversal da Intensidade Luminosa <ul style="list-style-type: none"> •tipo I •tipo II •tipo III •tipo IV 	Lateral Light Distribution <ul style="list-style-type: none"> •type I •type II •type III •type IV •type V 	Alcance Transversal <i>Spread/ExtensivitéeTransversale/ Querstrahlung)</i> <ul style="list-style-type: none"> •estreito (<i>narrow</i>) •médio (<i>average</i>) •largo (<i>broad</i>)
Controle da Distrib. Luminosa ----- <ul style="list-style-type: none"> •limitado •semi-limitado •não-limitado 	Control of Light Distribution <ul style="list-style-type: none"> •full cutoff •cutoff •semicutoff •noncutoff 	Índice Específico da Luminária : Controle <i>(Control / Spezifischer leuchtindex</i> <ul style="list-style-type: none"> •baixo (<i>limited/klein</i>) •moderado (<i>moderate</i>) •alto (<i>tight /fort /gross</i>)

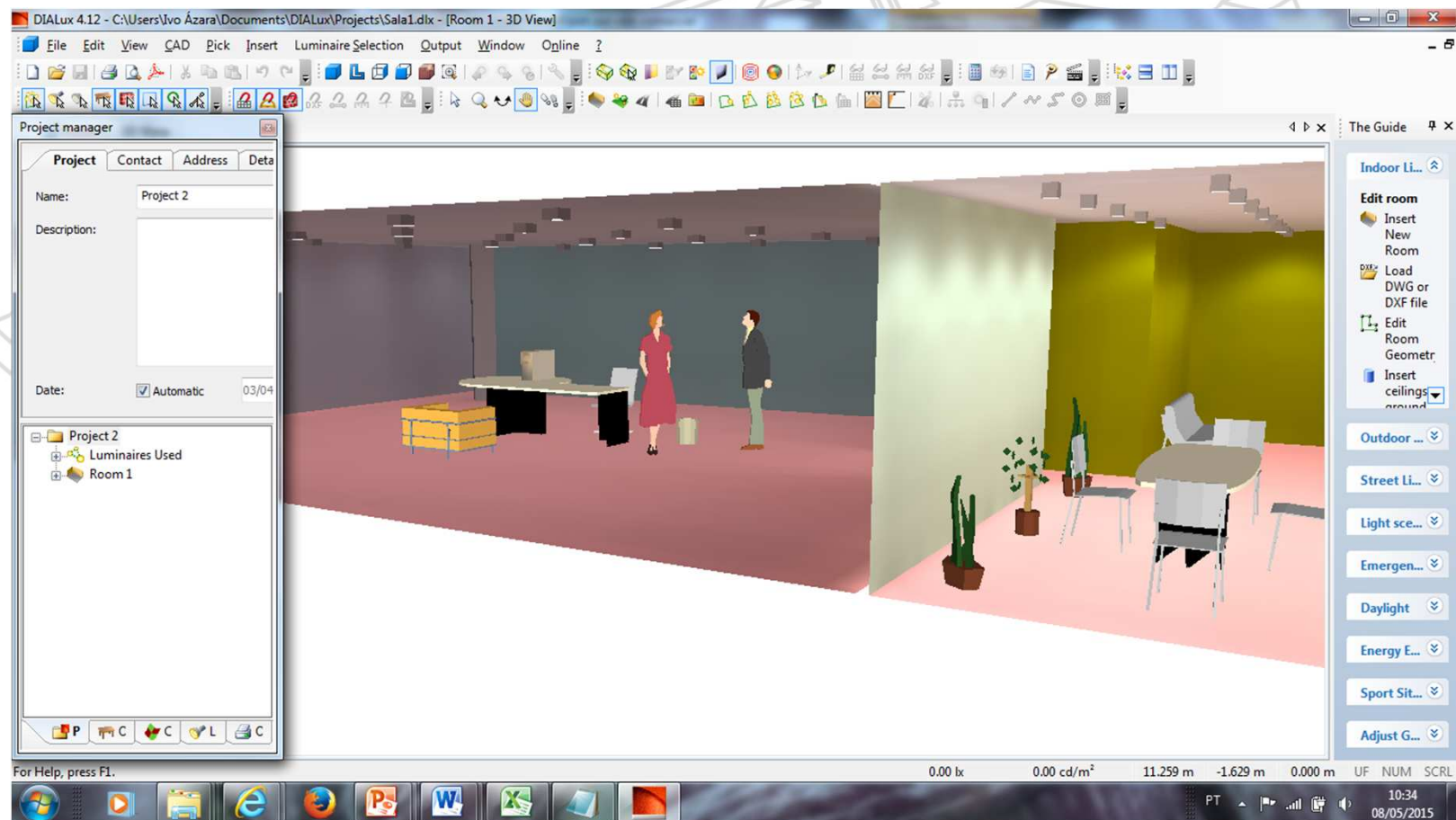
Relatório de Ensaio Fotométrico do Inmetro para uma Luminária IP

- **Condições de ensaio e especificação elétrica**
- **Classificação da luminária de acordo com ABNT NBR 5101**
- **Rendimento óptico da luminária**
- **Diagrama polar de intensidade para dois planos principais e para o plano que contém a direção de máxima intensidade**
- **Diagrama de fluxo relativo**
- **Diagrama de coeficiente de utilização**
- **Diagrama de isolinhas de intensidade (diagrama isocandela)**
- **Diagrama de isolinhas de iluminância (diagrama isolux) com altura de montagem de 10 m ou outra altura especificada pelo cliente**
- **Tabelas com os valores das intensidades para 36 semi-planos C com incremento do ângulo vertical, γ , de 1 de 0 a 90 (ou 180)**
- **Arquivo eletrônico com os dados fotométricos quando solicitado pelo cliente**
- **Outros dados de acordo com a especificação do cliente, sob prévia consulta**

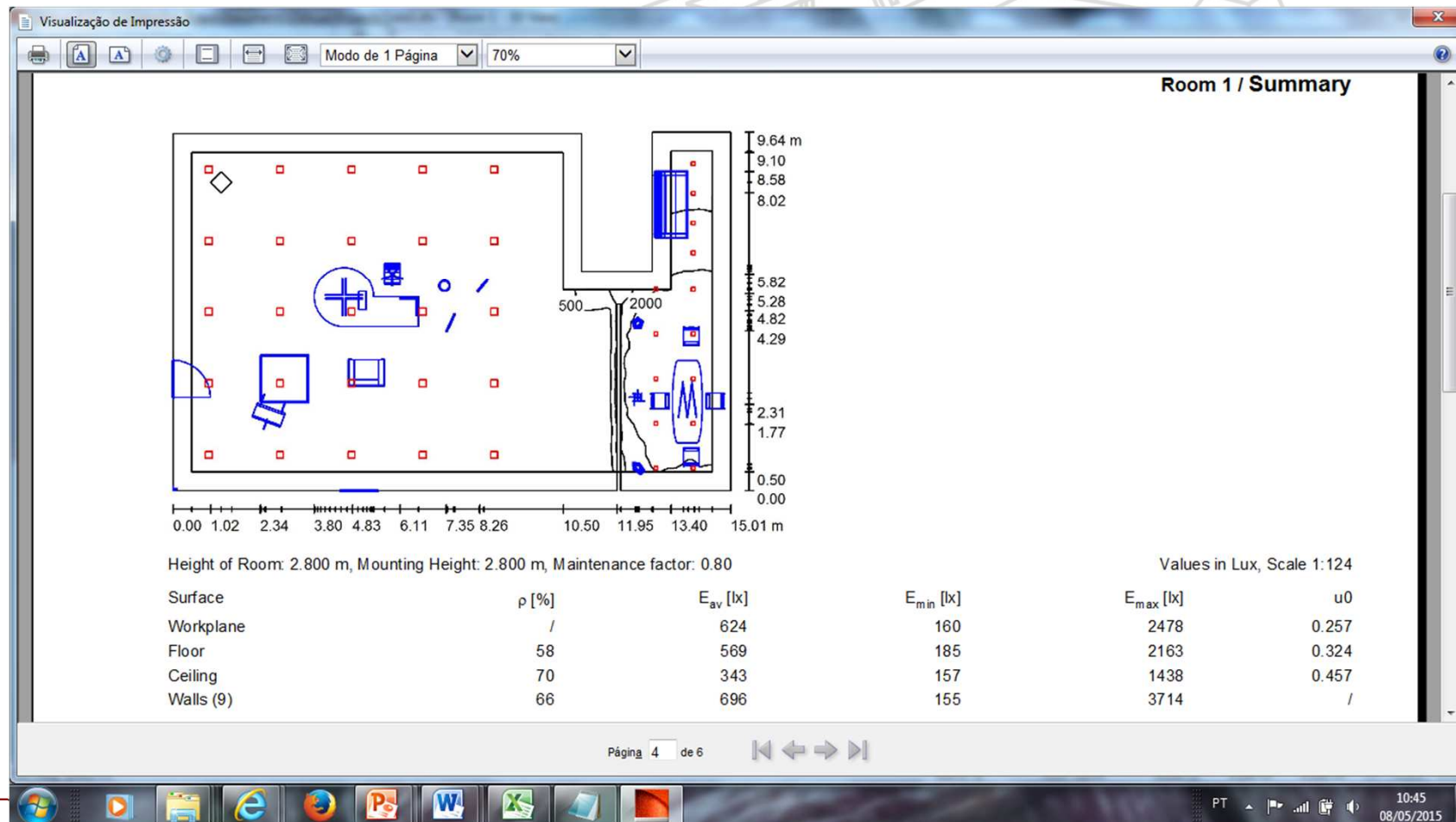
Apresentação de resultado de fotometria através de arquivo padronizado

- 1181.7 1107.7 877.58 830.31 772.76 686.44 609.37 541.55 500.44 486.06 398.71 332.94 312.39 291.84 269.23 262.04 249.71 228.13
- IESNA:LM-63-1995
- [TEST]
- [DATE] 16/1/2009
- [MANUFAC] IB
- [LUMINAIRE] Na 100
- [LAMPCAT] VS007
- [LAMP] OSRAM VST 100W VIALOX NAV-T SUPER (SON-T PLUS) 4Y VS007 RE075
- [BALLAST] INTRAL NAV -T100W RE075
- TILT=NONE
- 1 9810.1 1 73 37 1 2 0 0 0
- 1 0 119.46
- 0 2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25 27.5 30 32.5 35 37.5 40 42.5 45 47.5 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67
- 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 82.5 85 87.5 90 92.5 95 97.5 100 102.5 105 107.5 110 112.5 115 117.5 120 122.5 125 127.5
- 130 132.5 135
- 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180
- ➔ 1551.7 1588.6 1639.0 1657.5 1745.9 1763.3 1721.2 1684.2 1646.2 1614.3 1493.1 1422.2 1463.3 1477.7 1511.6 1481.8 1487.9 1335.9
- 209.60 190.10 165.44 144.89 125.36 115.09 102.76 90.430 78.098 73.988 63.712 53.436 43.159 35.966 30.828 23.635 12.331 6.1656
- 1.0276 0 0 0 0 0.0000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
- ➔ 1551.7 1587.5 1636.7 1669.6 1736.2 1743.4 1694.7 1662.4 1617.8 1593.2 1479.9 1412.7 1437.3 1477.3 1476.3 1466.6 1449.1 1350.2
- 1237.4 1106.2 897.59 843.25 773.03 693.06 625.39 545.94 503.90 459.30 392.15 336.27 321.92 297.83 280.91 265.53 240.93 227.09
- 212.22 194.28 170.70 160.45 147.63 132.76 117.39 103.54 96.372 86.632 75.867 61.001 55.875 42.034 35.370 26.656 13.840 7.1766
- 1.0252 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Elaboração de projetos luminotécnicos utilizando arquivo padronizado



Elaboração de projetos luminotécnicos utilizando arquivo padronizado



Elaboração de projetos luminotécnicos utilizando arquivo padronizado

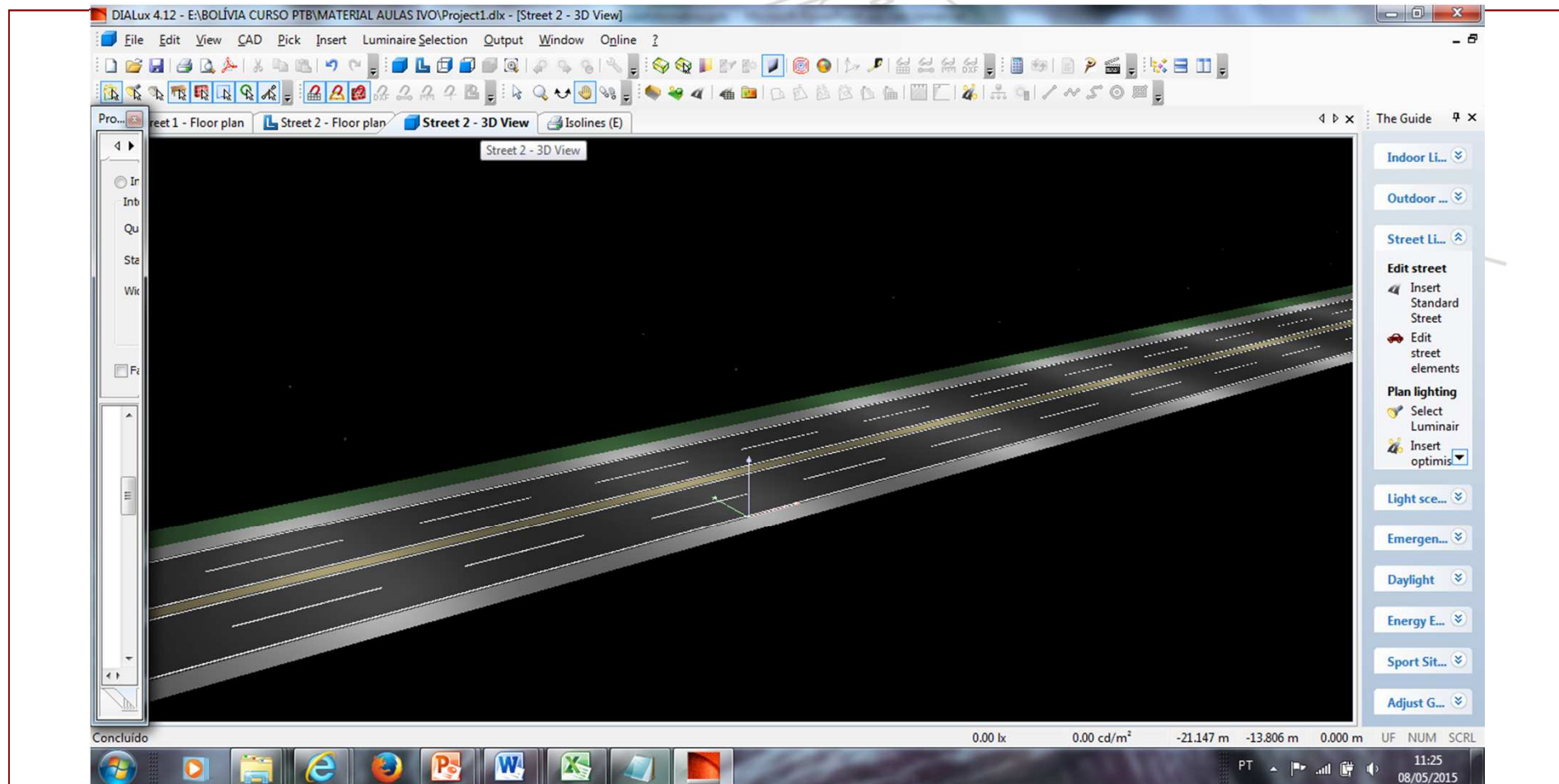
The screenshot displays the DIALux 4.12 software interface for a street lighting project. The main window shows a grid-based floor plan of a street with a series of 'x' marks representing luminaire positions. A 'Project manager' dialog box is open on the left, detailing the configuration for a 'Pole / Boom'.

Project manager - Pole / Boom

Parameter	Value	Unit
Boom Length (a)	2.000	m
Boom Angle (b)	15.0	°
Overhang	1.526	m
Distance Pole to Roadway	0.500	m
Angle of Rotation	0.0	°
Mounting Height	6.000	m
Height	5.903	m
No. of Luminaires per Pole	1	
Pole Distance	15.000	m
Longitudinal Displacement	0.000	m

The software interface includes a menu bar (File, Edit, View, CAD, Pick, Insert, Luminaire Selection, Output, Window, Online), a toolbar with various icons, and a right-hand sidebar with navigation options like 'Indoor Li...', 'Outdoor ...', 'Street Li...', 'Plan lighting', 'Evaluation', 'Light sce...', 'Emergen...', 'Daylight', 'Energy E...', 'Sport Sit...', and 'Adjust G...'. The status bar at the bottom shows dimensions (26.355 m, 19.641 m, 0.000 m) and the date/time (10:53, 08/05/2015).

Elaboração de projetos luminotécnicos utilizando arquivo padronizado



Elaboração de projetos luminotécnicos utilizando arquivo padronizado

Grid: 10 x 6 Points

90	65	36	22	18	18	22	34	56	84
90	67	35	21	17	17	22	33	51	79
92	69	35	21	16	17	21	32	49	78
96	70	34	21	16	16	21	32	48	79
95	67	32	20	16	16	20	31	46	78
84	59	30	18	14	15	20	29	43	70

Values in Lux, Scale 1 : 222

E_{av} [lx] E_{min} [lx] E_{max} [lx] u_0 E_{min} / E_{max}
 42 14 96 0.342 0.152

0.00 lx 0.00 cd/m² -19.605 m 7.546 m 0.000 m UF NUM SCRL

11:28
08/05/2015



Obrigado por sua atenção



diopt@inmetro.gov.br

