

Iluminacao Publica Sob Niveis Mesopicos de Visibilidade

Mark S. Rea, PhD
Mariana G. Figueiro, PhD
Abril 7, 2006
Brasil

O que é fotometria?

- ◆ E um sistema simples, matematicamente preciso de medir e de especificar a luz de acordo com a comunidade internacional envolvida no comércio e especificação de iluminação



Porque a fotometria é importante?

- ◆ Promove o comércio internacional dos produtos
- ◆ Fornece uma língua quantitativa para a comunicação entre as partes interessadas
- ◆ Uma forte razão comercial e necessário para que a fotometria mude



A escala dinâmica da visão humana comparada com a escala da iluminação elétrica

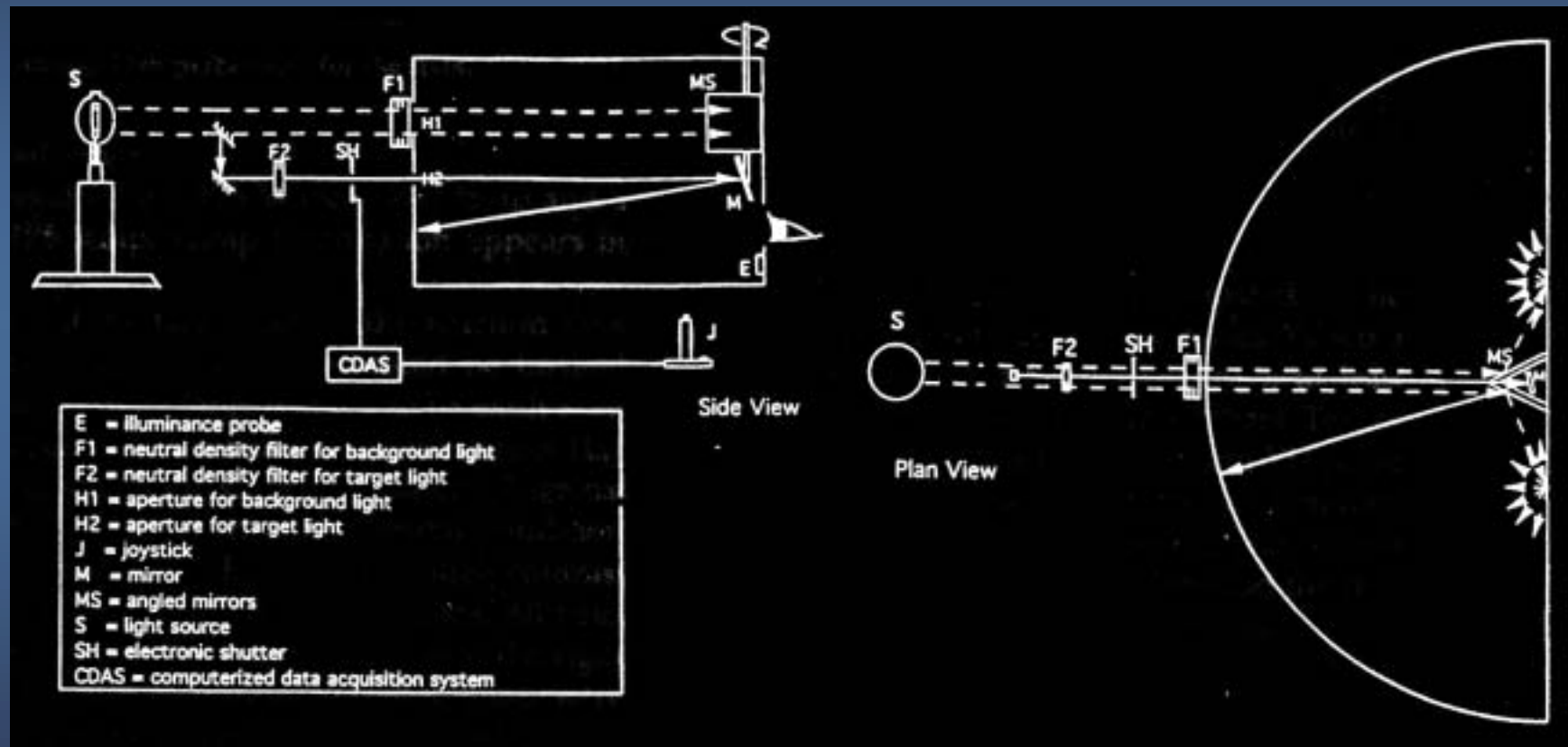
Luminance (cd/m ²)	Physical Description	Human Response	
10 ¹⁰	Sun's surface at noon	Damaging	
10 ⁹			
10 ⁸			
10 ⁷		Photopic	
10 ⁶	100 W lamp filament		
10 ⁵			
10 ⁴	Paper under sun		
10 ³			
10 ²	Paper in office		Interior lighting recommendations
10			
1		Mesopic	Exterior lighting recommendations
10 ⁻¹⁰			
10 ⁻²	Paper under moon	Scotopic	
10 ⁻³			
10 ⁻⁴	Paper under stars		
10 ⁻⁵			
10 ⁻⁶			

Adaptado de
Sekuler and Blake, 1990

O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

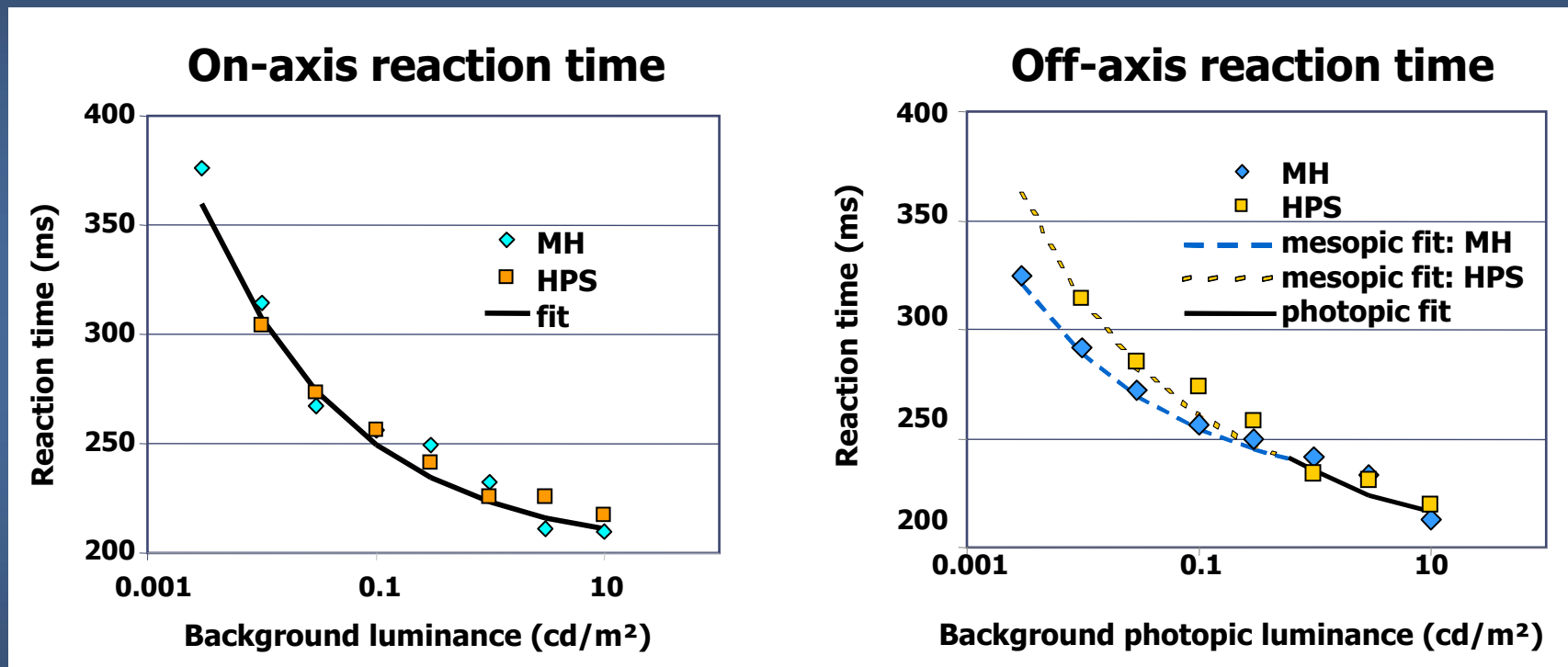
- ◆ Um sistema unificado de fotometria deve:
 - > Ser baseado em estudos da visão humana
 - > Preservar Lei de Abney (aditividade)
 - > Preservar ambas as funções de luminancia de eficiência photopica (V_λ) e scotopica (V'_λ)
 - > Ser prático de usar

O sistema unificado de fotometria-medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico



He et al., 1997

O sistema unificado de fotometria-medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

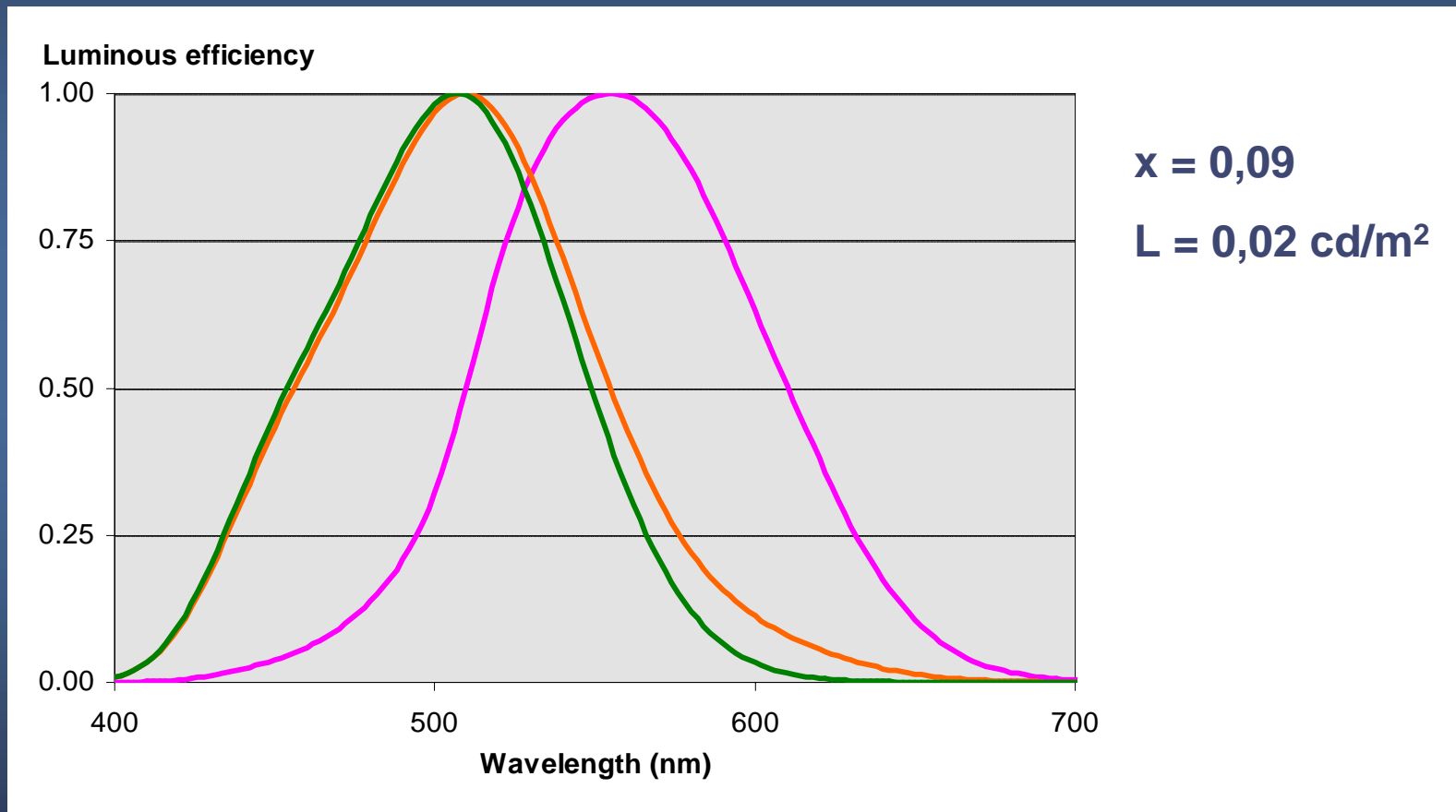


He et al., 1997

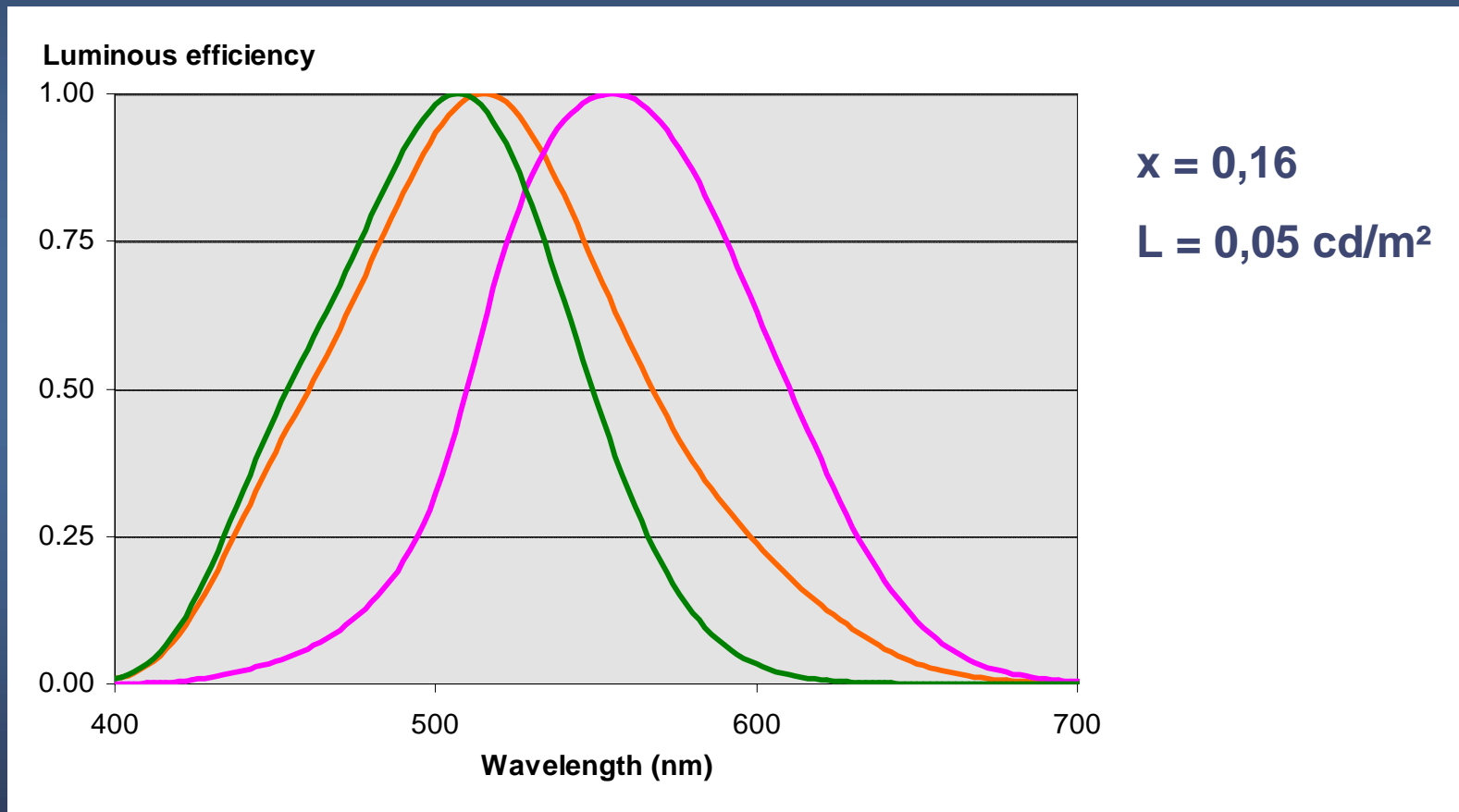
O sistema unificado de fotometria-medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

- ◆ A proporção relativa ($V_{10\lambda}$) da eficiência de luminancia fotopica (V'_{λ}) e scotopica para a visão periférica em um determinado nível de iluminacao (mesopica) (He et al., 1997; 1998)
 - > Em níveis elevados de iluminacao, $x = 1$
 - > Em níveis muito baixos de iluminacao, $x = 0$
- ◆ $V_{mes} = (x) V_{10\lambda} + (1 - x) V'_{\lambda}$

O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico



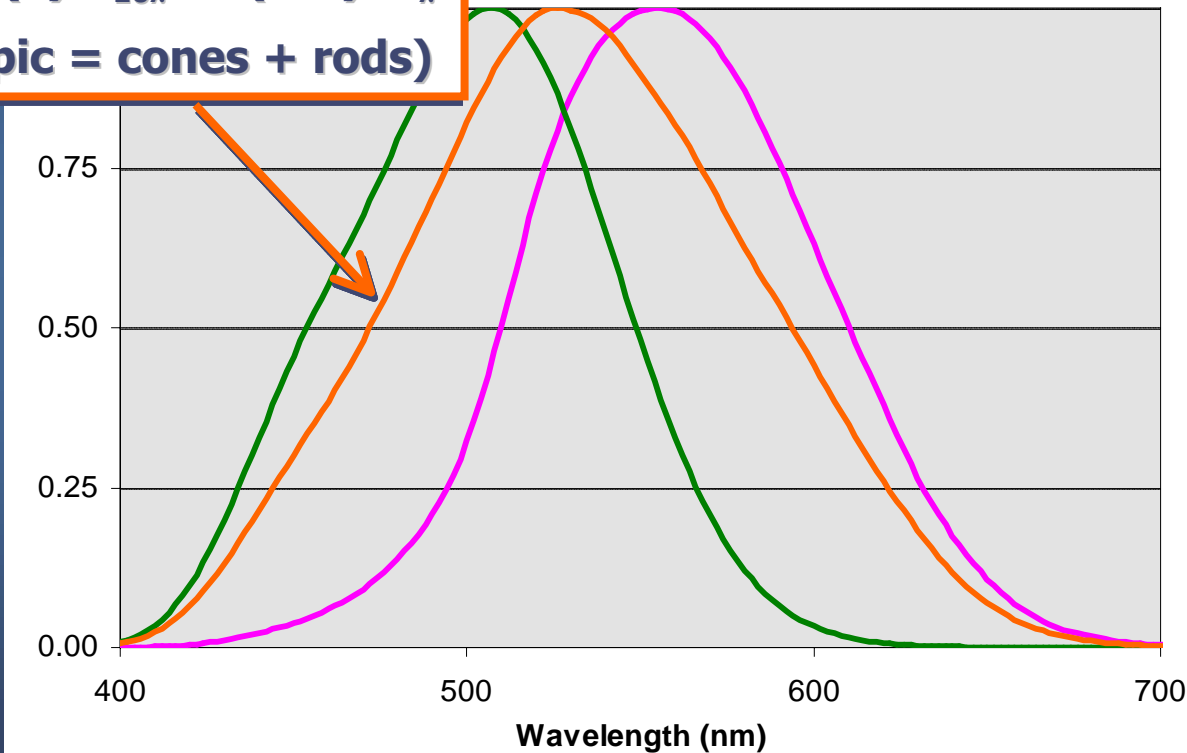
O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico



O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

$$V_{\text{mes}} = (x) V_{10\lambda} + (1-x) V'_{\lambda}$$

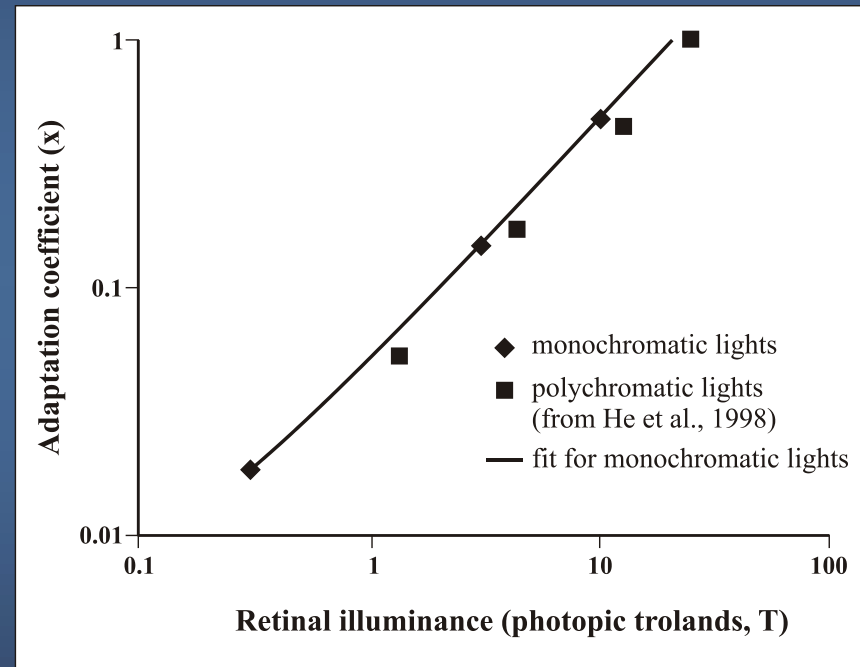
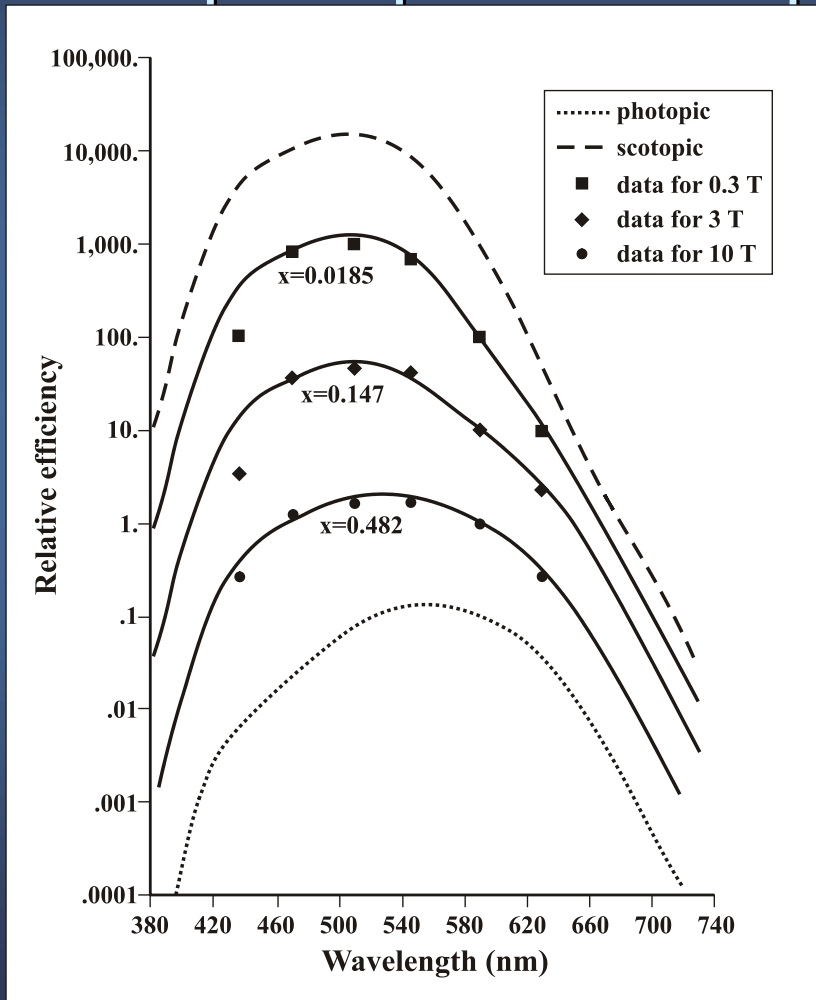
(mesopic = cones + rods)



$$x = 0,40$$

$$L = 0,22 \text{ cd/m}^2$$

O sistema unificado de fotometria-medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico



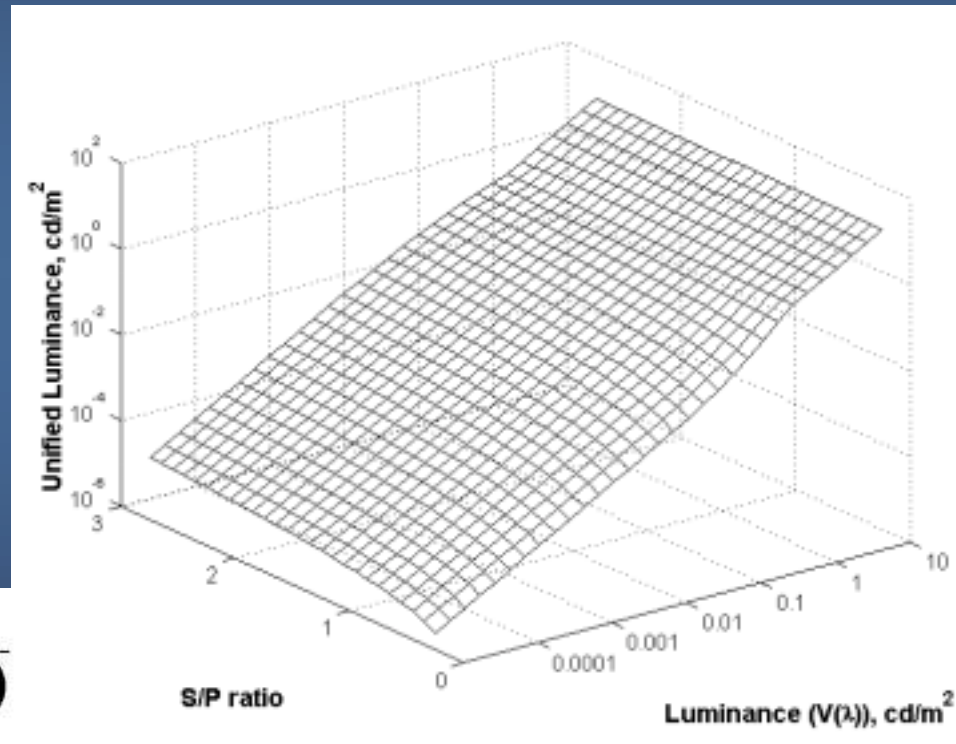
He et al., 1998

O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

$$V_{\text{mes}} = X V_{\lambda} + (1-X) V'_{\lambda}$$

- ◆ Valores da luminancia unificada (L)

$$L = \left[\frac{XP}{683} + \frac{(1-X)S}{1700} \right] \frac{683}{X + 0,402(1-X)}$$



Rea et al., 2003

Table 3 Values of X and L for different light levels and S/P ratios

S/P	Photopic (V(λ)) luminance (cd/m ²)													
	0.001		0.003		0.01		0.03		0.1		0.3		0.55	
	X	L	X	L	X	L	X	L	X	L	X	L	X	L
0.25	0	0.0002	0	0.0007	0.0026	0.0025	0.0119	0.0082	0.0562	0.0347	0.3306	0.1990	0.8811	0.5288
0.35	0	0.0003	0.0001	0.0010	0.0043	0.0036	0.0172	0.0113	0.0749	0.0459	0.3652	0.2198	0.8876	0.5327
0.45	0	0.0004	0.0006	0.0014	0.0060	0.0046	0.0223	0.0144	0.0919	0.0560	0.3938	0.2369	0.8934	0.5362
0.55	0	0.0005	0.0011	0.0017	0.0076	0.0056	0.0273	0.0174	0.1074	0.0653	0.4183	0.2516	0.8986	0.5393
0.65	0	0.0006	0.0016	0.0020	0.0093	0.0066	0.0322	0.0203	0.1218	0.0739	0.4397	0.2644	0.9032	0.5420
0.75	0	0.0007	0.0021	0.0023	0.0110	0.0076	0.0370	0.0231	0.1352	0.0820	0.4588	0.2758	0.9075	0.5446
0.85	0	0.0008	0.0026	0.0026	0.0126	0.0085			0.1477	0.0895	0.4761	0.2862	0.9113	0.5469
0.95	0	0.0009	0.0031	0.0028	0.0142	0.0095	0.0462	0.0286	0.1595	0.0966	0.4917	0.2956	0.9149	0.5490
1.05	0.0001	0.0010	0.0036	0.0031	0.0158	0.0105	0.0506	0.0313	0.1707	0.1033	0.5061	0.3042	0.9181	0.5509
1.15	0.0002	0.0011	0.0041	0.0034	0.0174	0.0114	0.0549	0.0339	0.1814	0.1096	0.5194	0.3121	0.9211	0.5527
1.25	0.0004	0.0012	0.0046	0.0037	0.0190	0.0124	0.0592	0.0365	0.1915	0.1157	0.5318	0.3196	0.9239	0.5544
1.35	0.0006	0.0013	0.0051	0.0040	0.0206	0.0133	0.0634	0.0390	0.2011	0.1215	0.5433	0.3265	0.9264	0.5559
1.45	0.0007	0.0014	0.0056	0.0043	0.0221	0.0143	0.0675	0.0414	0.2104	0.1270	0.5541	0.3329	0.9288	0.5574
1.55	0.0009	0.0015	0.0060	0.0046	0.0237	0.0152	0.0715	0.0438	0.2192	0.1323	0.5643	0.3390	0.9311	0.5587
1.65	0.0011	0.0016	0.0065	0.0049	0.0252	0.0161	0.0754	0.0462	0.2278	0.1374	0.5739	0.3448	0.9332	0.5600
1.75	0.0012	0.0017	0.0070	0.0052	0.0267	0.0170	0.0793	0.0485	0.2360	0.1424	0.5830	0.3502	0.9352	0.5612
1.85	0.0014	0.0018	0.0075	0.0055	0.0282	0.0179	0.0831	0.0508	0.2439	0.1471	0.5915	0.3553	0.9370	0.5623
1.95	0.0016	0.0019	0.0080	0.0058	0.0297	0.0188	0.0868	0.0530	0.2516	0.1517	0.5997	0.3602	0.9388	0.5633
2.05	0.0017	0.0020	0.0085	0.0061	0.0312	0.0197	0.0905	0.0552	0.2590	0.1561	0.6075	0.3649	0.9404	0.5643
2.15	0.0019	0.0021	0.0090	0.0064	0.0327	0.0206	0.0941	0.0574	0.2661	0.1604	0.6149	0.3693	0.9420	0.5653
2.25	0.0021	0.0022	0.0094	0.0067	0.0342	0.0215	0.0977	0.0595	0.2730	0.1646	0.6220	0.3736	0.9435	0.5662
2.35	0.0022	0.0023	0.0099	0.0069	0.0356	0.0224	0.1012	0.0616	0.2798	0.1686	0.6287	0.3776	0.9449	0.5670
2.45	0.0024	0.0024	0.0104	0.0072	0.0371	0.0232	0.1046	0.0637	0.2863	0.1725	0.6352	0.3815	0.9462	0.5678
2.55	0.0026	0.0025	0.0109	0.0075	0.0385	0.0241	0.1080	0.0657	0.2927	0.1763	0.6415	0.3852	0.9475	0.5686
2.65	0.0027	0.0026	0.0114	0.0078	0.0400	0.0249	0.1114	0.0677	0.2989	0.1800	0.6474	0.3888	0.9487	0.5693
2.75	0.0029	0.0027	0.0118	0.0081			0.1147	0.0697	0.3049	0.1836	0.6532	0.3923	0.9499	0.5700

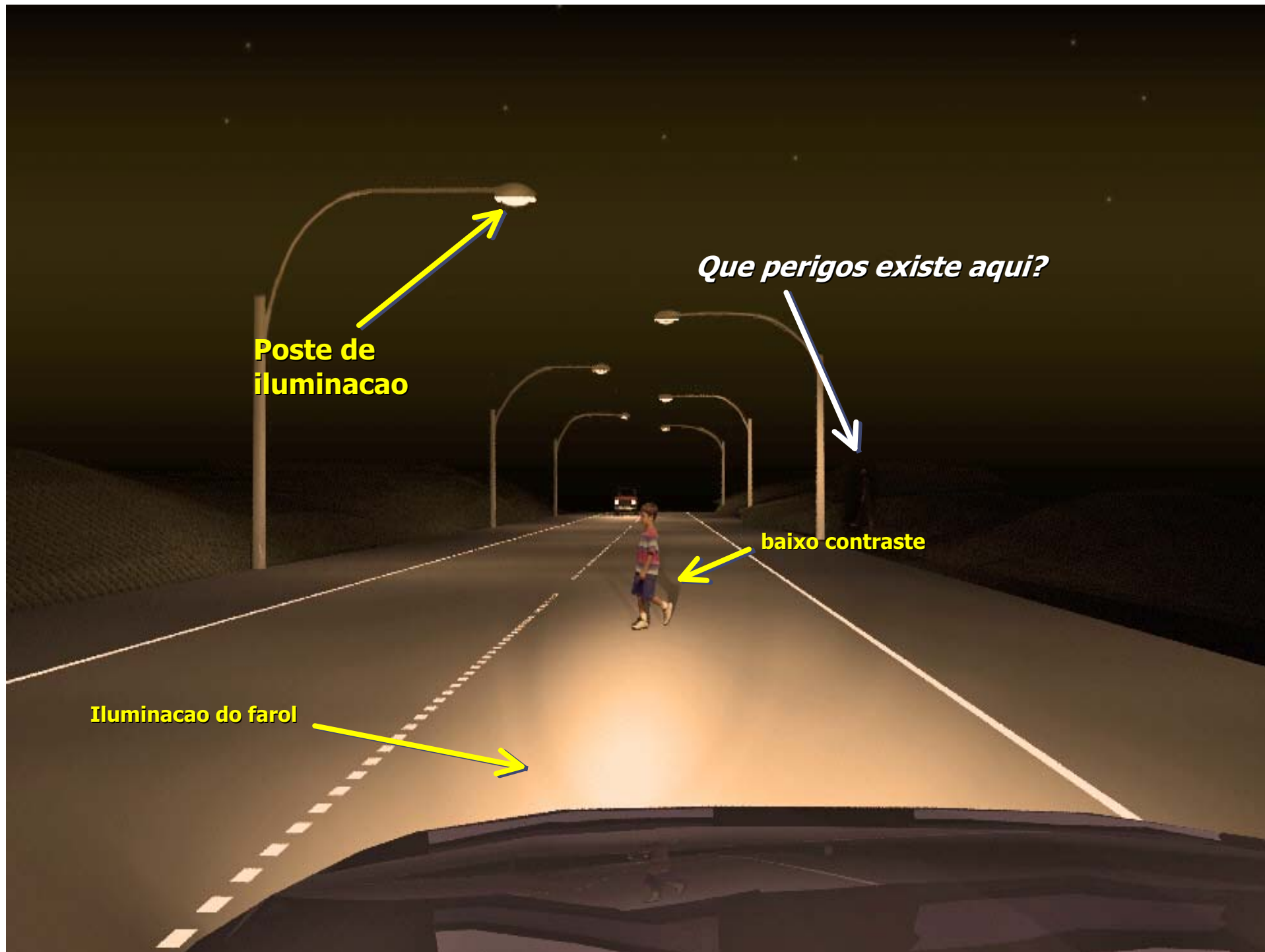
O sistema unificado de fotometria- medicao de niveis mesopicos direto atraves dos niveis photopico e scotopico

- ◆ Iluminancia (V_λ) e watts requeridos normalizadas para varias lampadas necessarias para fornecer valores equivalentes de X (referência: 400 W HPS @ 0.6, 0.3 e 0.1 Cdm^2 ; 0.07 reflectância)

Lampadas (S/P ratio)	X = 1.00 @ 0.6 cd/m^2		X = 0.44 @ 0.3 cd/m^2		X = 0.12 @ 0.1 cd/m^2	
	Iluminancia (lux)	Watts (%)	Iluminancia (lux)	Watts (%)	Iluminancia (lux)	Watts (%)
180W LPS (0.25)	26.9	69%	16.0	82%	7.6	118%
400 W HPS (0.66)	26.9	100%	13.5	100%	4.5	100%
400 W MH (1.57)	26.9	119%	10.0	88%	2.4	63%
Fl. 6500 K (2.19)	26.9	130%	8.5	82%	1.8	52%

Mas...

- ◆ ...nenhuma mudança acontecera até que as partes interessadas tivessem uma razão forte para mudar!

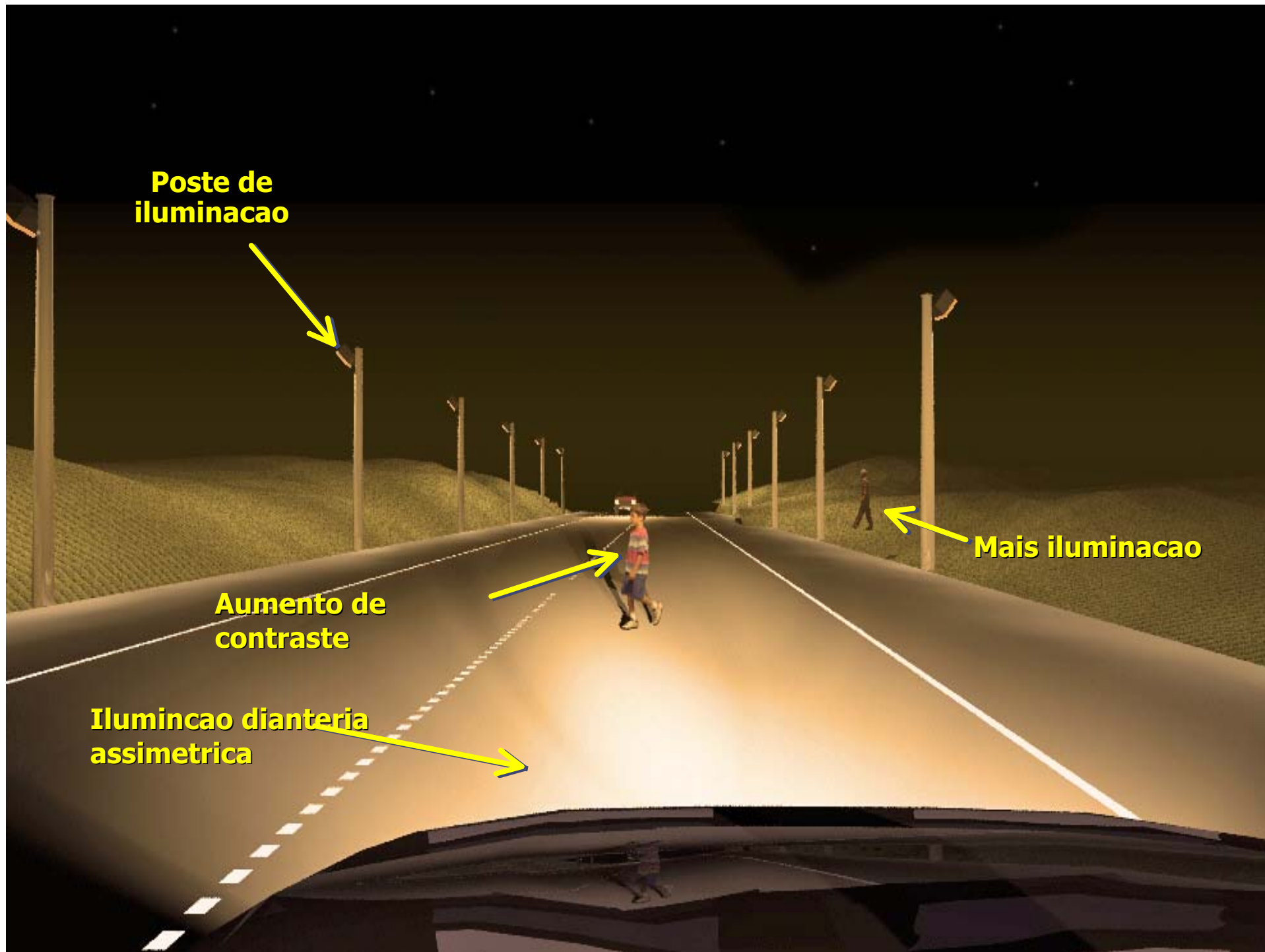


**Poste de
iluminacao**

Que perigos existe aqui?

baixo contraste

Iluminacao do farol



**Poste de
iluminacao**

Mais iluminacao

**Aumento de
contraste**

**Iluminacao dianteria
assimetrica**

**Poste de iluminacao para
niveis mesopicos**



luminancia semelhante usando o sistema unificado / reducao de watts



Ouse comparar



Sumário

- ◆ Fotometria necessita seguir quatro princípios
 - > Ser baseado em estudos da visão humana
 - > Preservar a Lei de Abney (aditividade)
 - > Preservar as funções de eficiência fotopica (V_λ) e scotopica (V'_λ)
 - > Ser prático de usar

Sumário

- ◆ O fotometria necessita beneficiar o comércio
 - > Fabricantes da lâmpada
 - Diferentes spectra; maior eficiencia e segurança
 - > Fabricantes do luminarias
 - Distribuições diferentes; mais economia e segurança
 - > Agências e municipalidades de governo
 - Mais energia eficiente; menos custo de operacao
 - > Agências de governo, segurança de tráfego
 - Melhor visibilidade, taxa de acidente reduzida
 - > Dark skies
 - Menos luz dispersada na atmosfera

Agradecimientos

- ◆ John Bullough
- ◆ Charles Fay
- ◆ Dennis Guyon
- ◆ Keith Toomey

Obrigado!