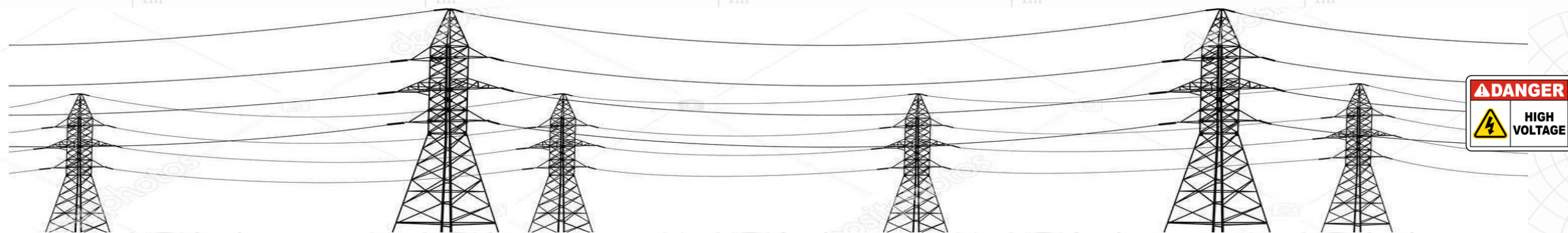




Aula 6: Fundamentos de Luminotécnica

Prof. Allan Fagner Cupertino

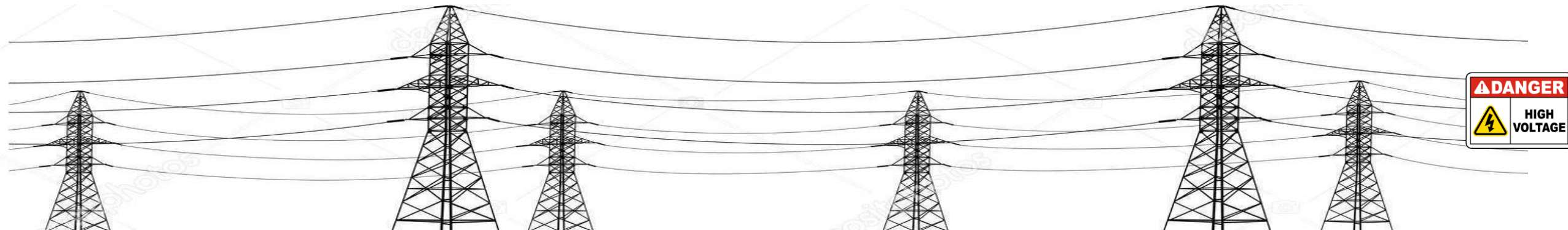


Sumário

- Conceitos e grandezas fundamentais;
- Características e figuras de mérito;
- Tipos de lâmpadas;
- Cálculo luminotécnico;
- Exemplo.



Conceitos e grandezas fundamentais



Luz visível

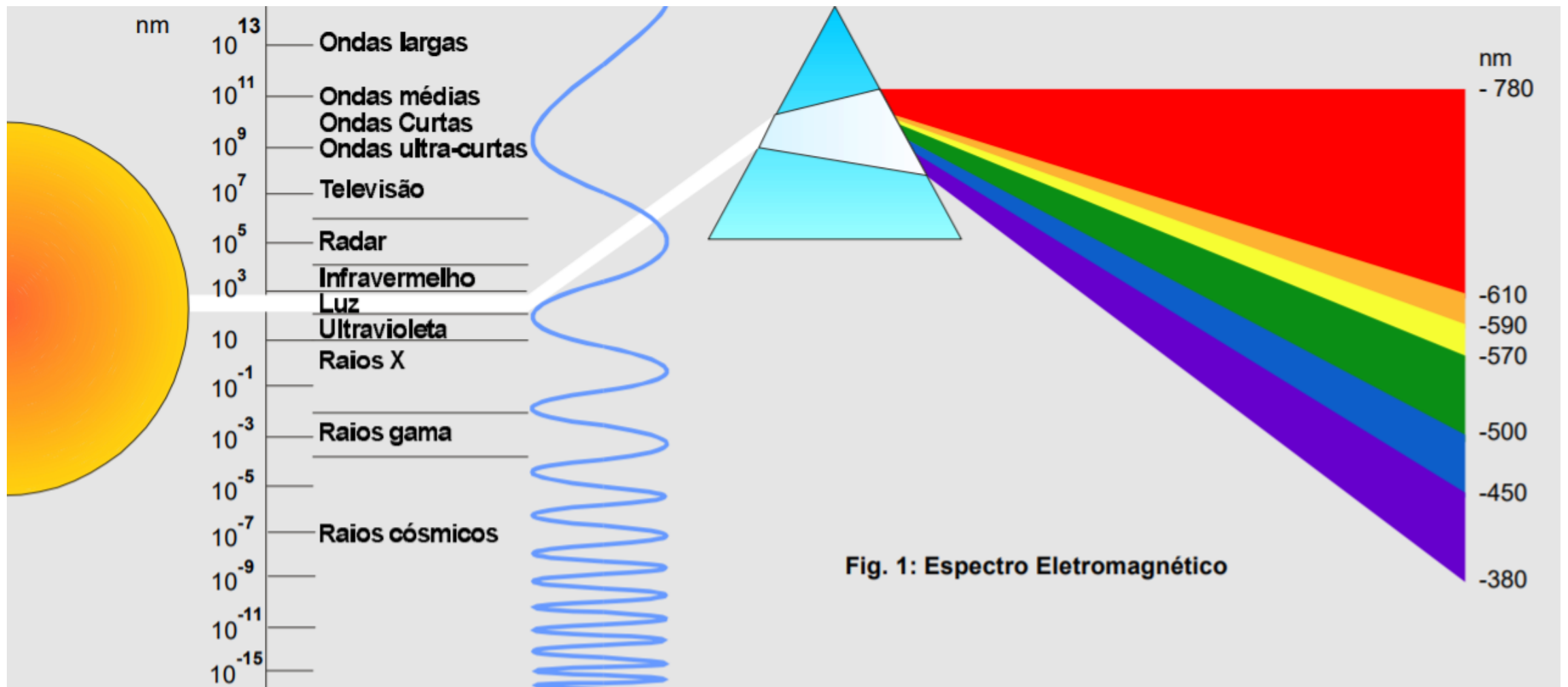
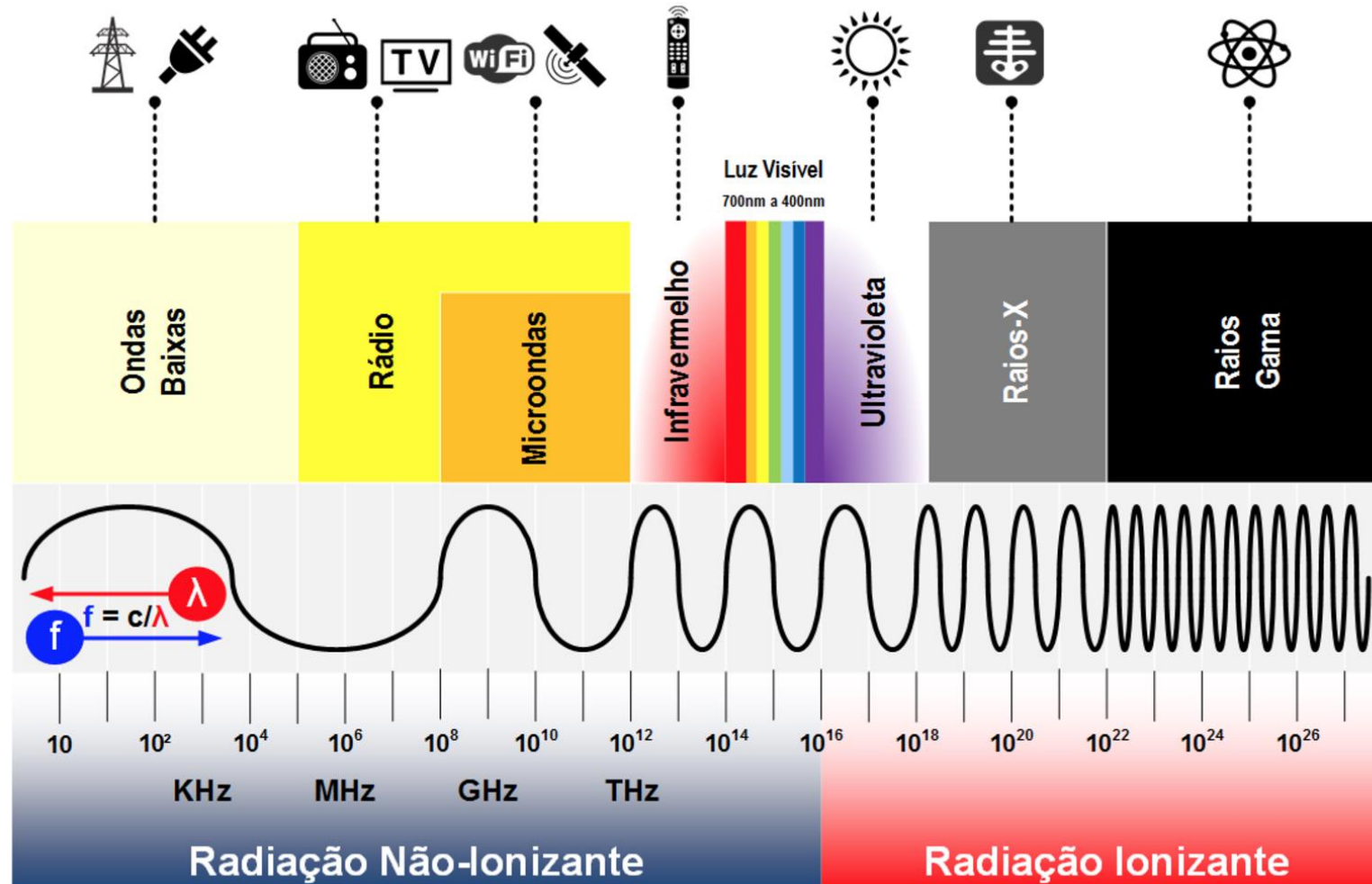


Fig. 1: Espectro Eletromagnético

Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Espectro eletromagnético



Fonte: <http://labcisico.blogspot.com/>.

Grandezas importantes

☐ Fluxo luminoso;



☐ Intensidade luminosa;

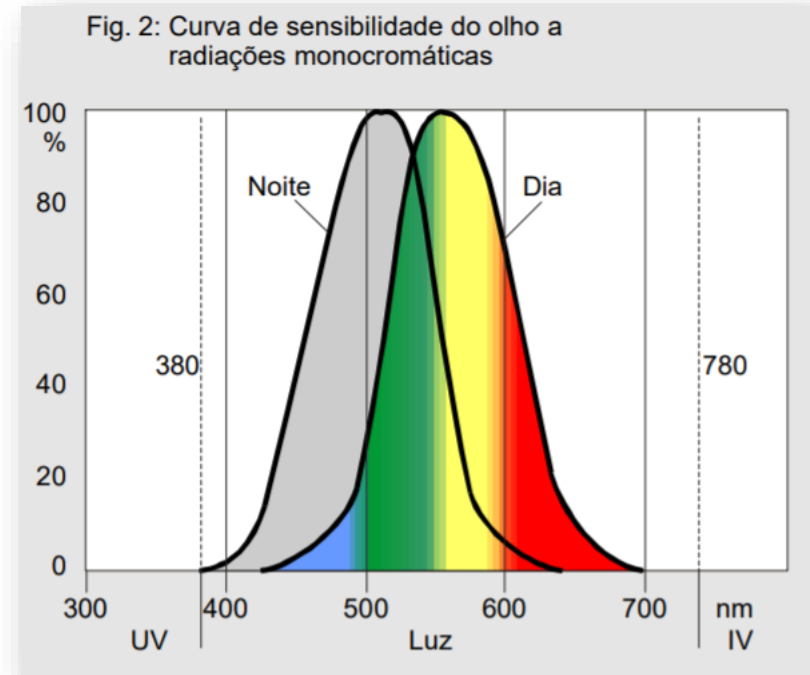
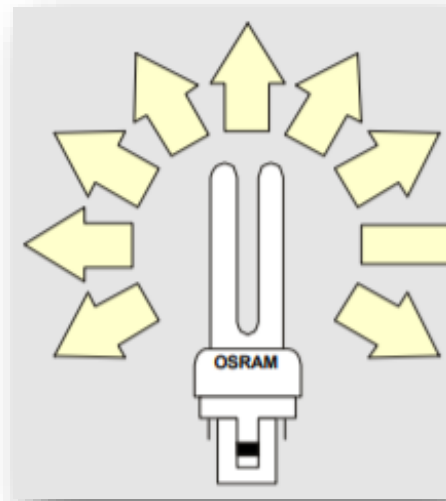
☐ Iluminância ou iluminamento;

☐ Luminância.



Fluxo Luminoso

- ❑ Potência de radiação total emitida por uma fonte de luz percebida pelo olho humano (380 a 780 nm);
- ❑ Símbolo → ϕ ;
- ❑ Unidade → Lúmen – lm;



Fontes: Osram. Manual luminotécnico prático.

Fluxo Luminoso

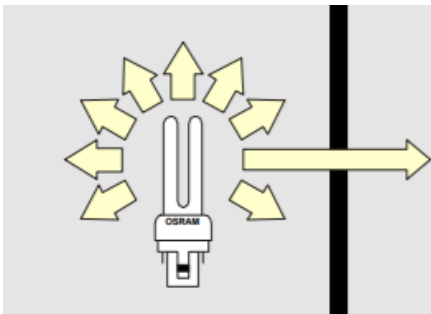
- ❑ Potência de radiação total emitida por uma fonte de luz percebida pelo olho humano (380 a 780 nm);
- ❑ Símbolo → ϕ ;
- ❑ Unidade → Lúmen – lm;

Fonte	Fluxo Luminoso ϕ
Vela	12 lm
Lâmpada incandescente (100 W)	1380 lm
Lâmpada Fluorescente tubular (40 W)	3000 lm
Lâmpada LED (50 W)	4000 lm
Lâmpada de vapor metálico (2000 W)	190000 lm

Fontes: Niskier, J. e Macintyre A. “Instalações elétricas”. 7ed. Editora LTC. 2021.

Intensidade luminosa [Candela – cd]

- ❑ Uma fonte luminosa, em geral, **não** emite a mesma potência em todas as direções;
- ❑ Define-se então a intensidade luminosa;
- ❑ É a potência de radiação luminosa em uma dada direção ou o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto;
- ❑ Símbolo → I ;
- ❑ Unidade → Candela – cd;



Lâmpada e luminária	Intensidade luminosa
Lâmpada incandescente de 100 W perpendicular ao eixo da lâmpada	110 cd
Lâmpada fluorescente de 40 W perpendicular ao eixo da lâmpada	180, ..., 300 cd/1.000 lm (conforme a cor)
Projetor com refletor pintado	250 cd/1.000 lm*
Projetor com refletor espelhado	700 cd/1.000 lm*
Holofote	até 10 ⁶ cd/1.000 lm*

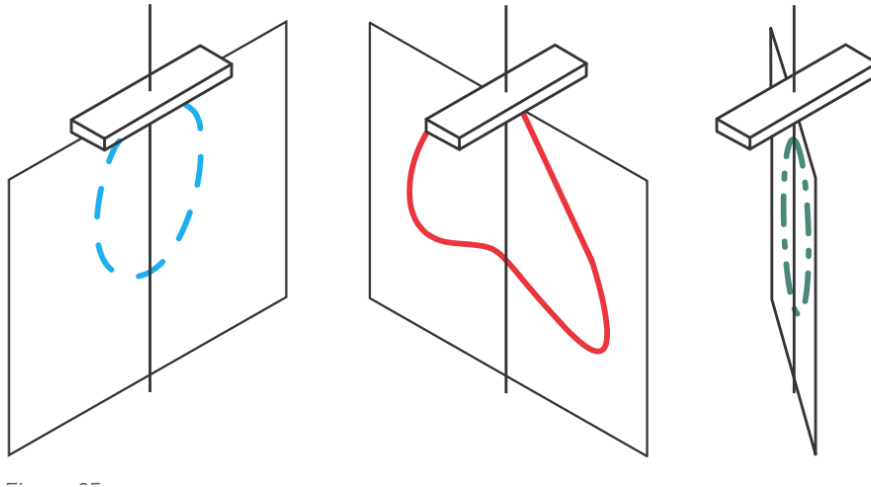
*Na direção principal de radiação.

Fontes: [1] Osram. Manual luminotécnico prático.

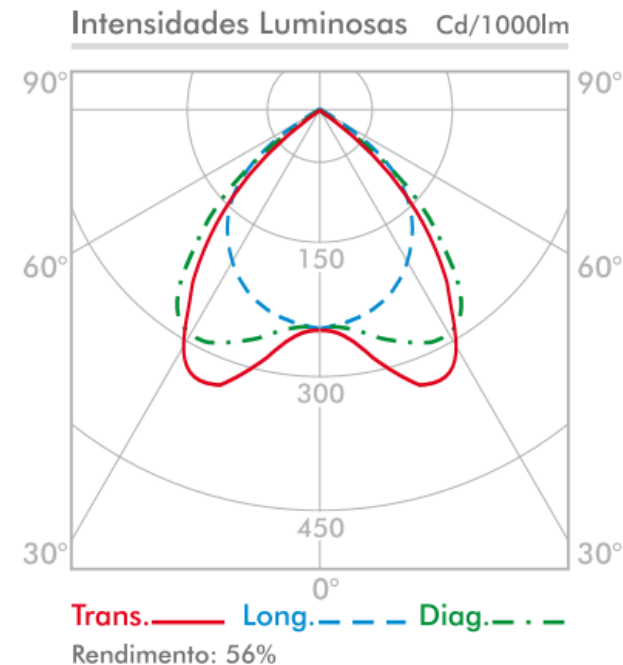
[2] Niskier, J. e Macintyre A. “Instalações elétricas”. 7ed. Editora LTC. 2021.

Curva de distribuição luminosa (CDL)

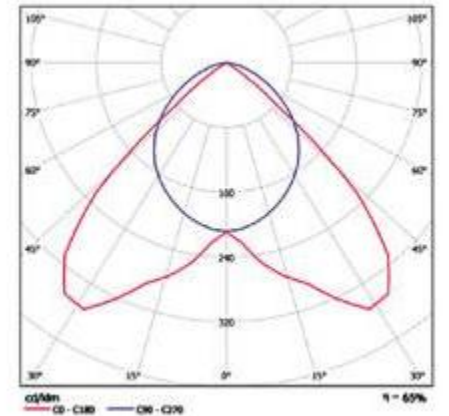
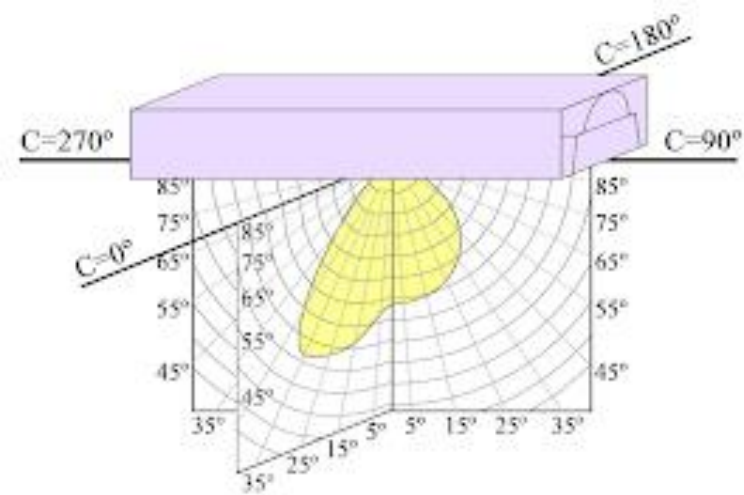
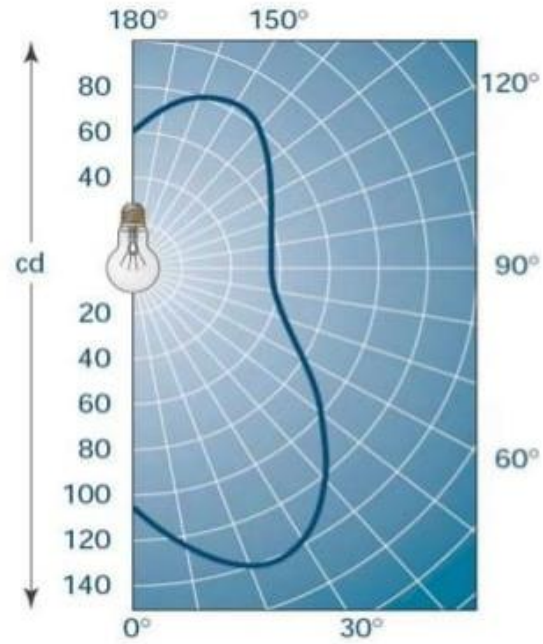
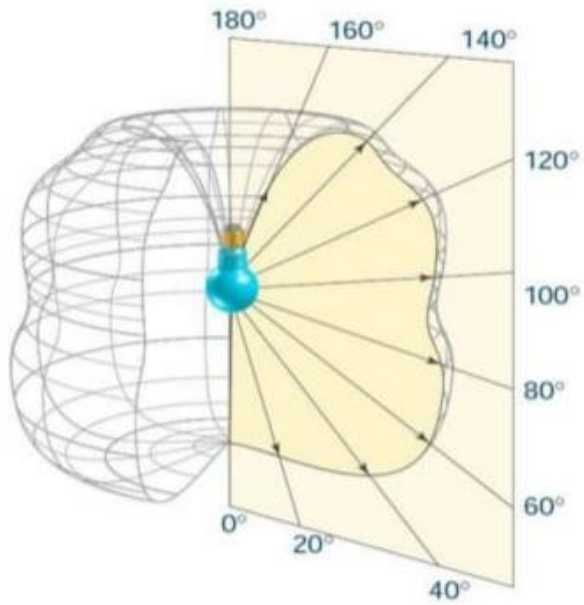
- ❑ Representação da intensidade luminosa em todos os ângulos de um determinado plano;
- ❑ Luminária reduzida a um único ponto;
- ❑ Gráfico polar;
- ❑ Geralmente apresentada com valores de candela para 1000 lúmens;



Fonte: ITAIM Iluminação. 2008



Curva de distribuição luminosa – Exemplos

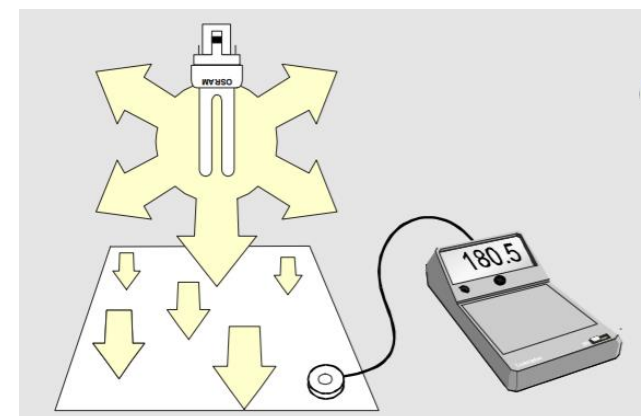


Iluminamento ou Iluminância

- ❑ É a potência de radiação luminosa em uma dada direção ou o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto;
- ❑ Símbolo → E ; Unidade → lux (lx);
- ❑ Fluxo luminoso não é uniforme;
- ❑ Normas especificam o iluminamento médio em função da atividade exercida!

$$E = \frac{\phi}{A}$$

Dia ensolarado de verão em local aberto	≈ 100.000 lx
Dia encoberto de verão	≈ 20.000 lx
Dia escuro de inverno	≈ 3.000 lx
Boa iluminação de trabalho interno	≈ 1.000 lx
Boa iluminação de rua	≈ 20 – 40 lx
Noite de lua cheia	≈ 0,25 lx
Luz de estrelas	≈ 0,01 lx



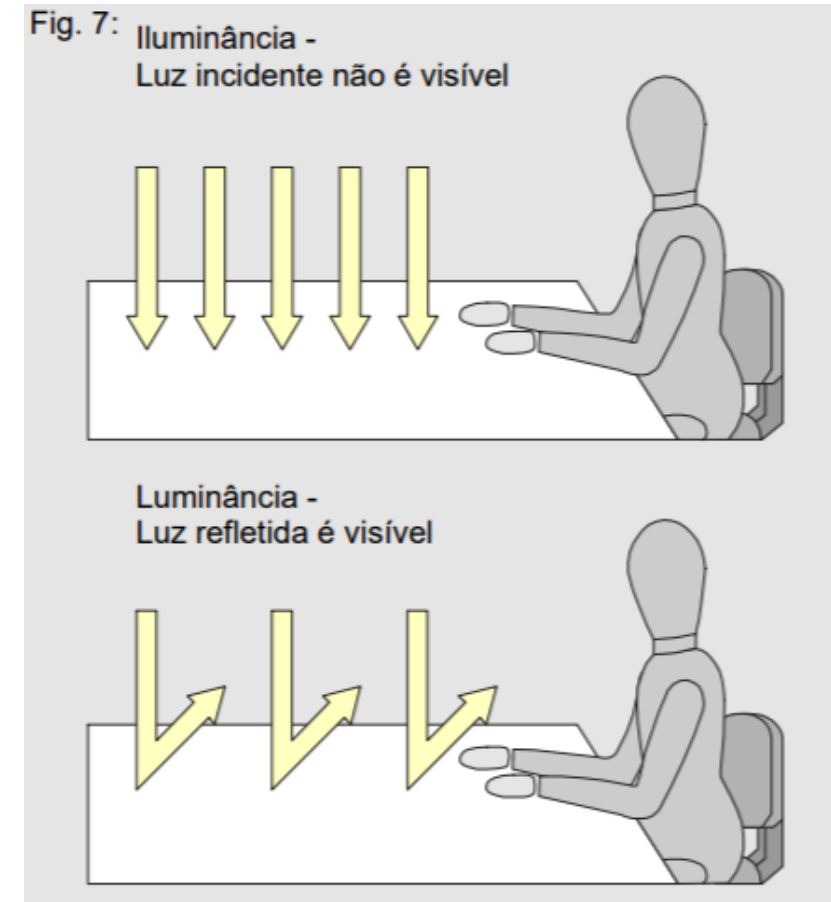
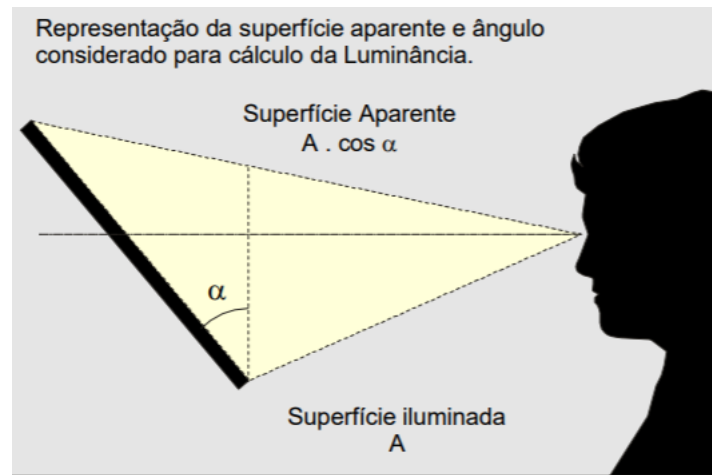
Fontes: [1] Osram. Manual luminotécnico prático.

[2] Niskier, J. e Macintyre A. “Instalações elétricas”. 7ed. Editora LTC. 2021.

Luminância

- ❑ É a intensidade luminosa de uma superfície dividida pela área da superfície iluminada;
- ❑ “Sensação de claridade”;
- ❑ Símbolo → L ; Unidade → cd/m^2 ;

$$L = \frac{I}{A \cos \alpha}$$



Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Luminância

❑ Desafio: medir a intensidade luminosa refletida.

❑ Alternativa:

$$L = \frac{\rho E}{\pi}$$

❑ ρ é a refletância ou coeficiente de reflexão da superfície: $\rho = \frac{\phi_{refletido}}{\phi_{incidente}}$

❑ Conclusão: Mesma iluminância podem resultar em diferentes sensações de claridade.

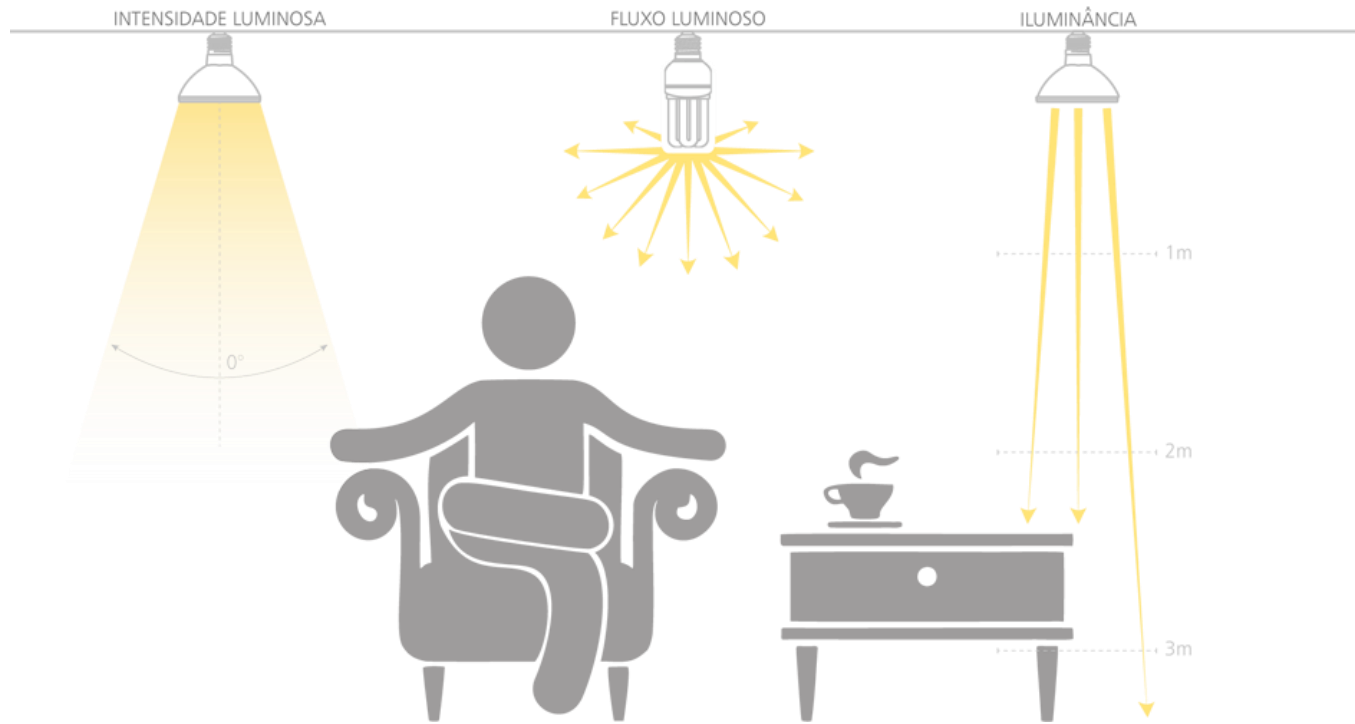
Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Coeficiente de reflexão típico

Materiais	%
Rocha	60
Tijolos	5..25
Cimento	15..40
Madeira clara	40
Esmalte branco	65..75
Vidro transparente	6..8
Madeira aglomerada	50..60
Azulejos brancos	60..75
Madeira escura	15..20
Gesso	80

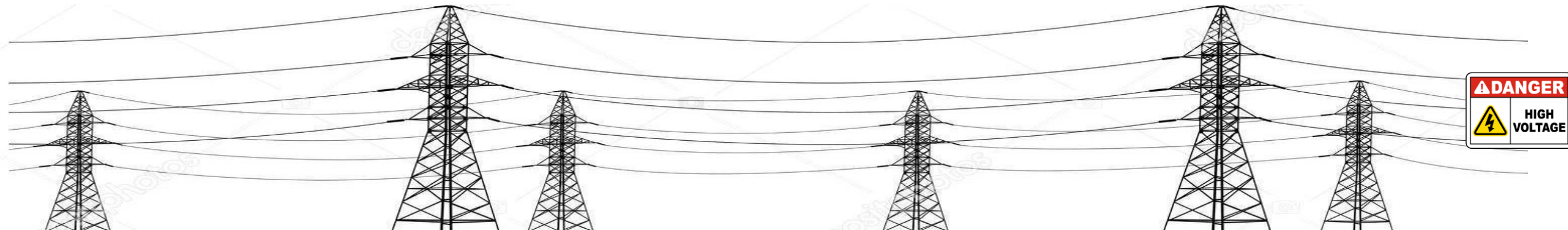
Cores	%
Branco	70..80
Creme claro	70..80
Amarelo claro	55..65
Rosa	45..50
Verde claro	45..50
Azul celeste	40..45
Cinza claro	40..45
Bege	25..35
Amarelo escuro	25..35
Marrom claro	25..35
Verde oliva	25..35
Laranja	20..25
Vermelho	20..35
Cinza médio	20..35
Verde escuro	10..15
Azul escuro	10..15
Vermelho escuro	10..15
Cinza escuro	10..15
Azul marinho	5..10
Preto	5..10

Resumo dos conceitos





Características e figuras de mérito



Tipos de lâmpadas

- ❑ Lâmpadas incandescentes;
 - Padrão;
 - Halógenas.

- ❑ Lâmpadas de descarga;
 - Fluorescentes;
 - Vapor de mercúrio;
 - Mista;
 - Vapor metálico;
 - Multi-vapores metálicos;
 - Vapor de sódio;

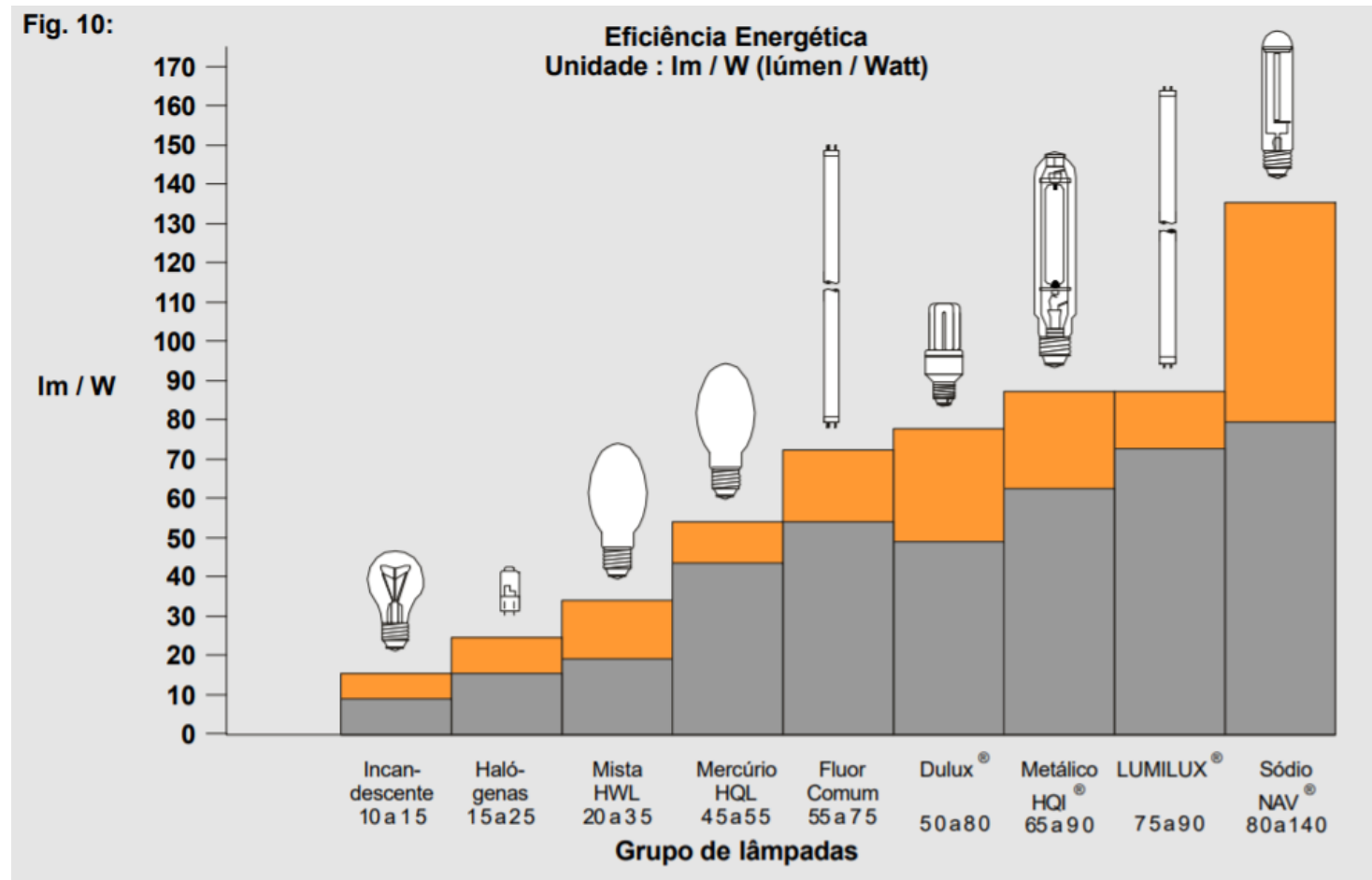
- ❑ Lâmpadas de LED.

Características e figuras de mérito

- Eficiência energética;
- Vida útil;
- Temperatura da cor;
- Índice de reprodução de cor;
- Rendimento.

Eficiência energética





- Razão da quantidade de lúmens gerados por watt consumido.



Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Vida útil

- Vida útil: Durabilidade esperada.

EFICIÊNCIA	Menos			Mais
TIPO				
	COMUM	HALÓGENA	CFL	LED
CONSUMO	40 W	28 W	8 W	4 W
	60 W	42 W	12 W	6 W
	75 W	53 W	15 W	8 W
	100 W	70 W	20 W	10 W
DURABILIDADE	1 ano	1-3 anos	6-10 anos	15-25 anos
ECONOMIA	×	até 30%	até 80%	até 95%

Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Temperatura da cor

- ❑ Cor do material depende da temperatura!

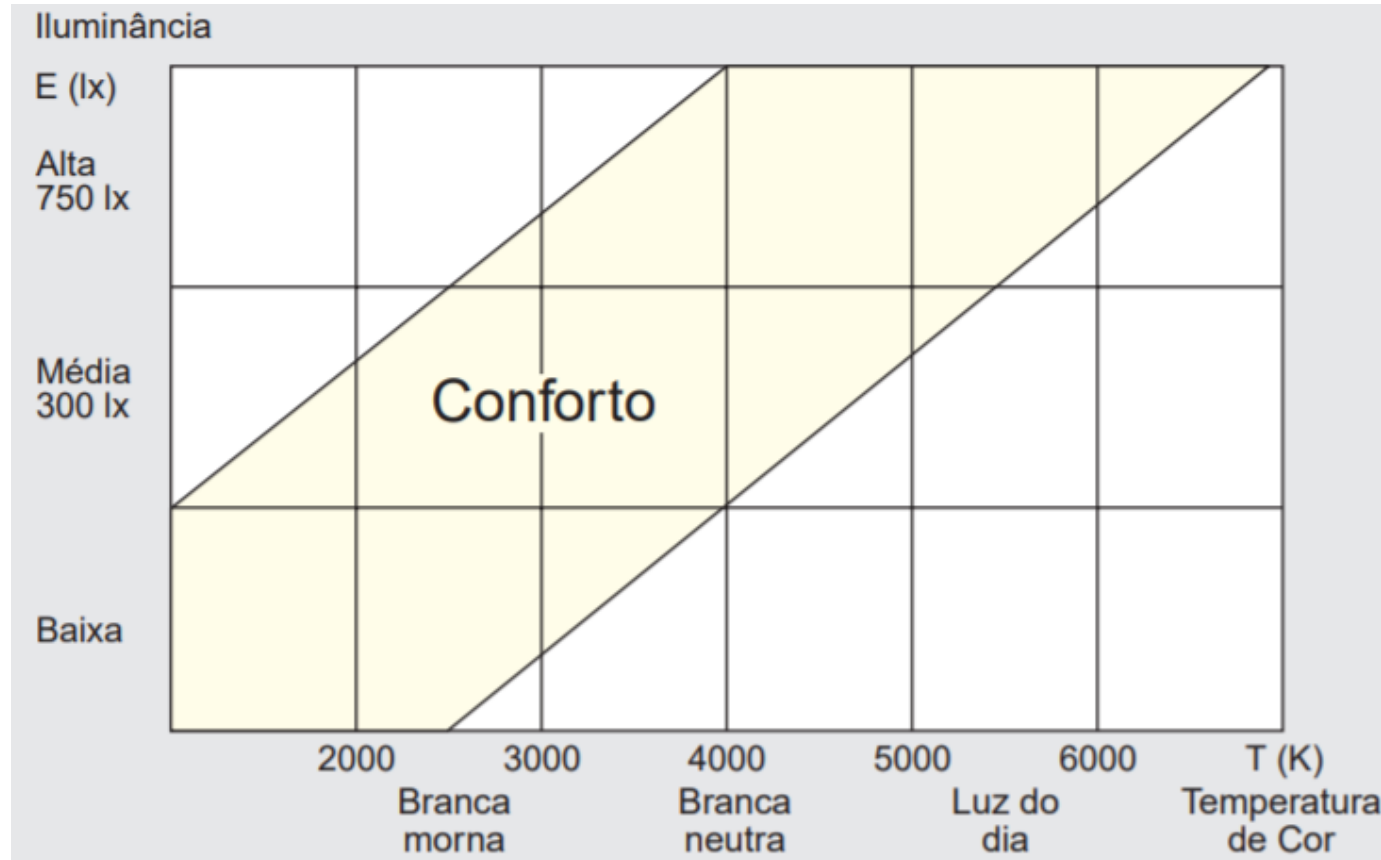


ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

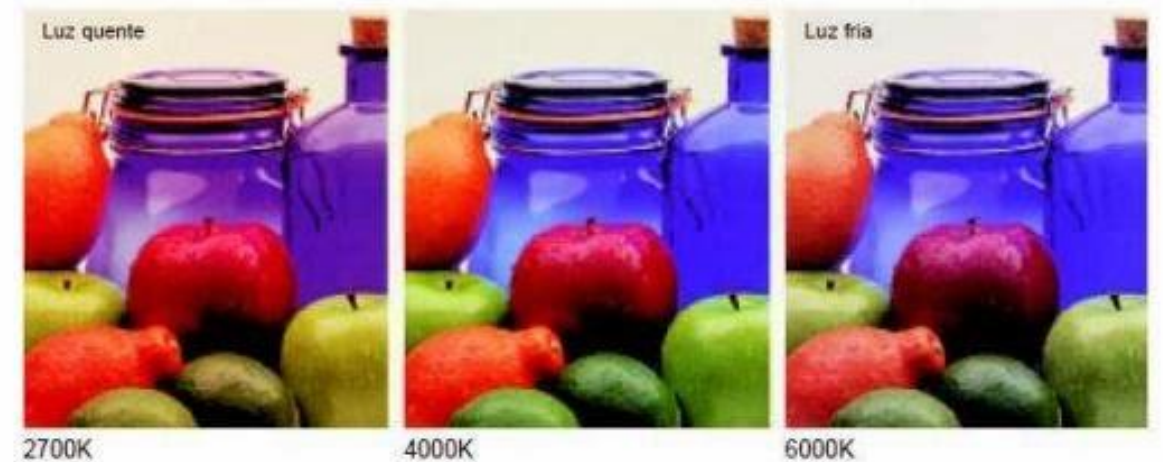
Fonte: Ourolux.

Temperatura da cor e conforto



Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Temperatura da cor



Fonte: Ourolux.

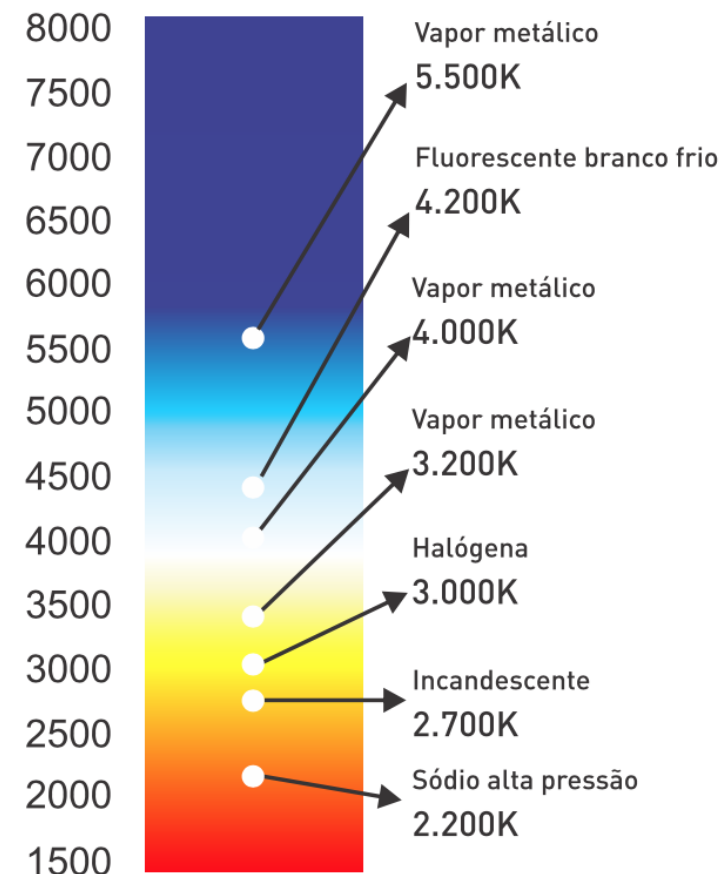
Temperatura da cor

- ❑ Luz quente
 - Sensação de conforto e relaxamento;

- ❑ Luz fria
 - Ambientes que necessitam nível maior de atenção;
 - Gera mais contraste;

- ❑ Temperatura da cor não relaciona-se com consumo;

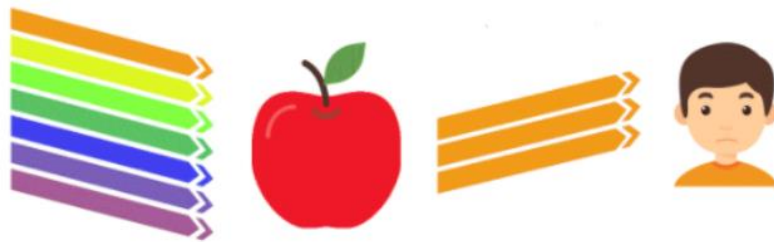
- ❑ Mais clara **não quer dizer** mais potente.



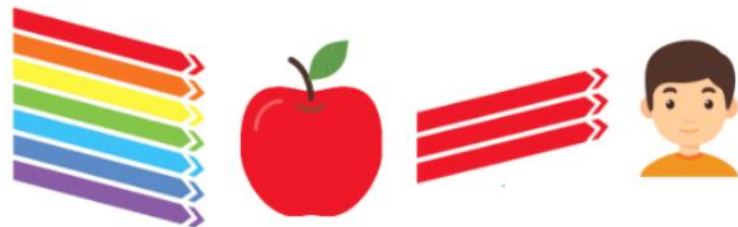
Fonte: Ourolux.

Índice de reprodução de cor versus temperatura

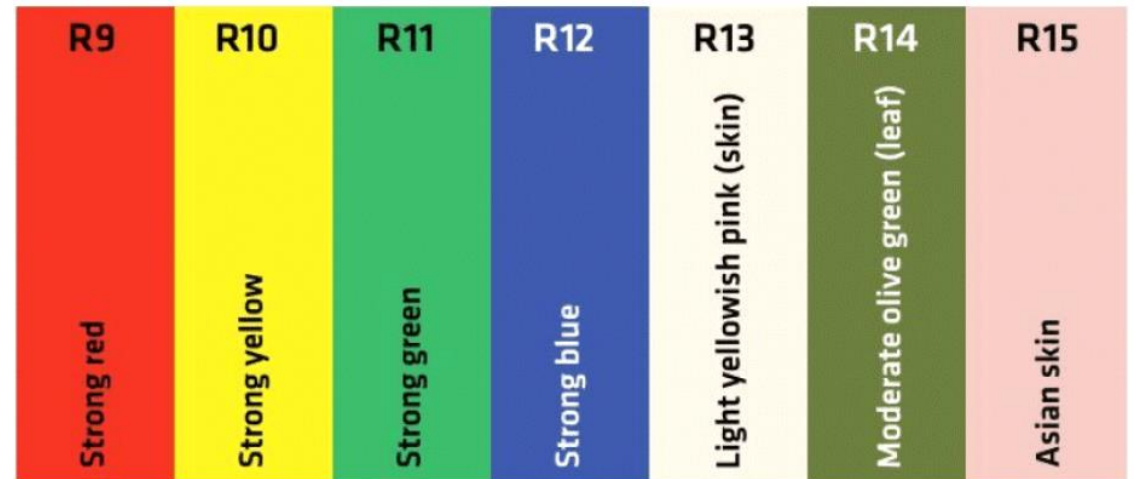
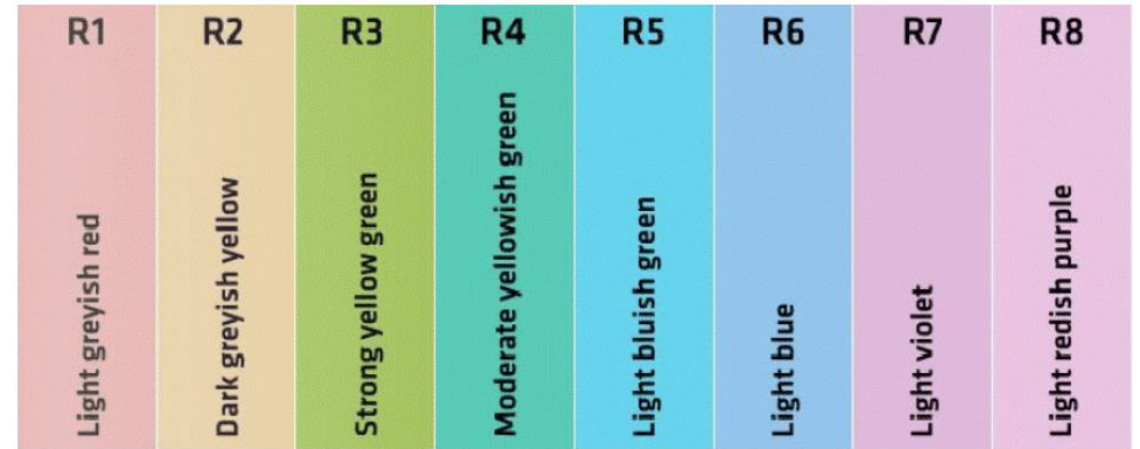
- ❑ Mensurar a capacidade de reproduzir cores;
- ❑ Tradicional → 8 cores;
- ❑ Tabela estendida → destaque R9;



Fonte Baixo IRC

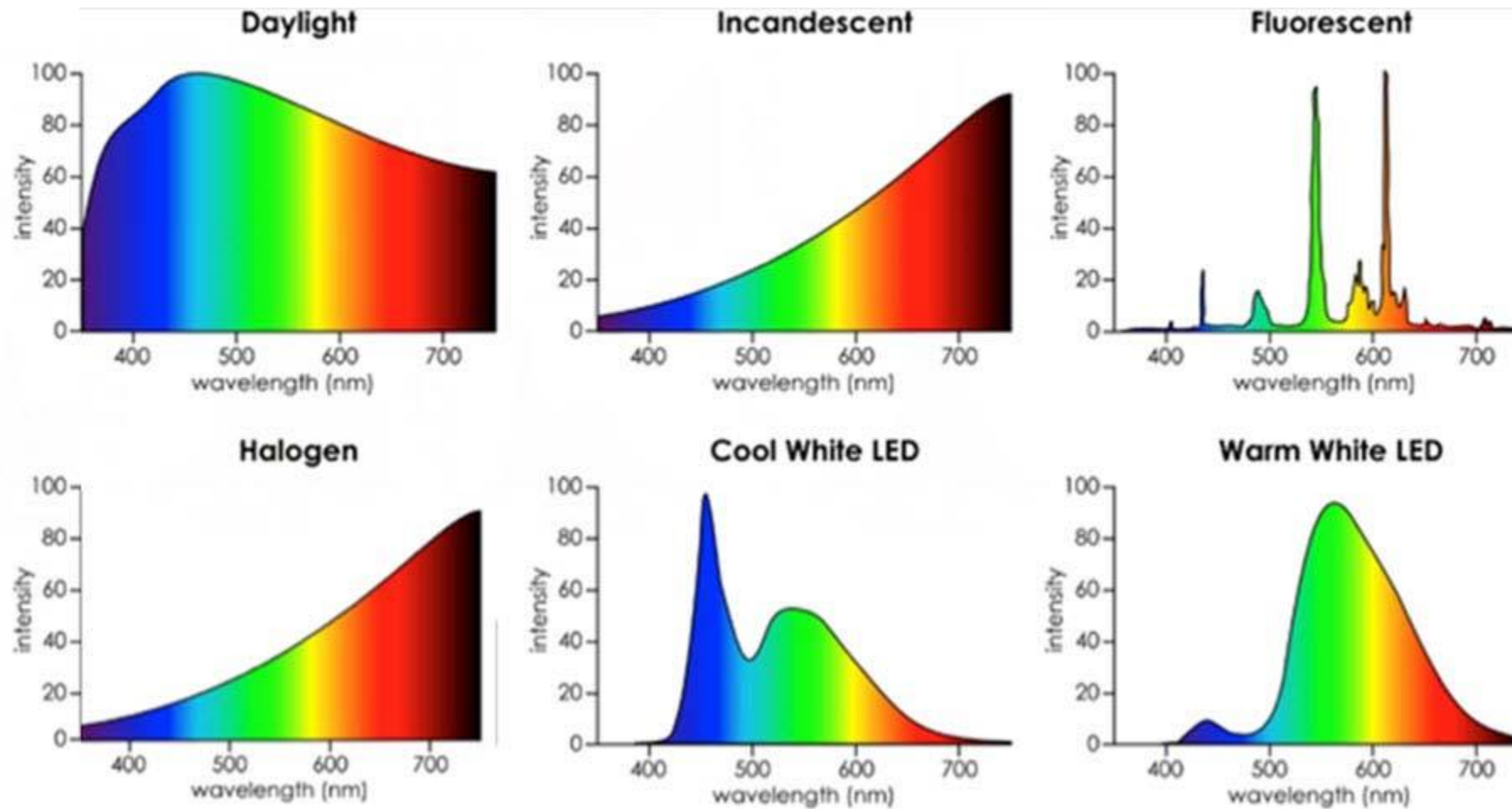


Fonte Alto IRC



Fonte: <https://blog.brilia.com/>

Índice de reprodução de cor versus temperatura



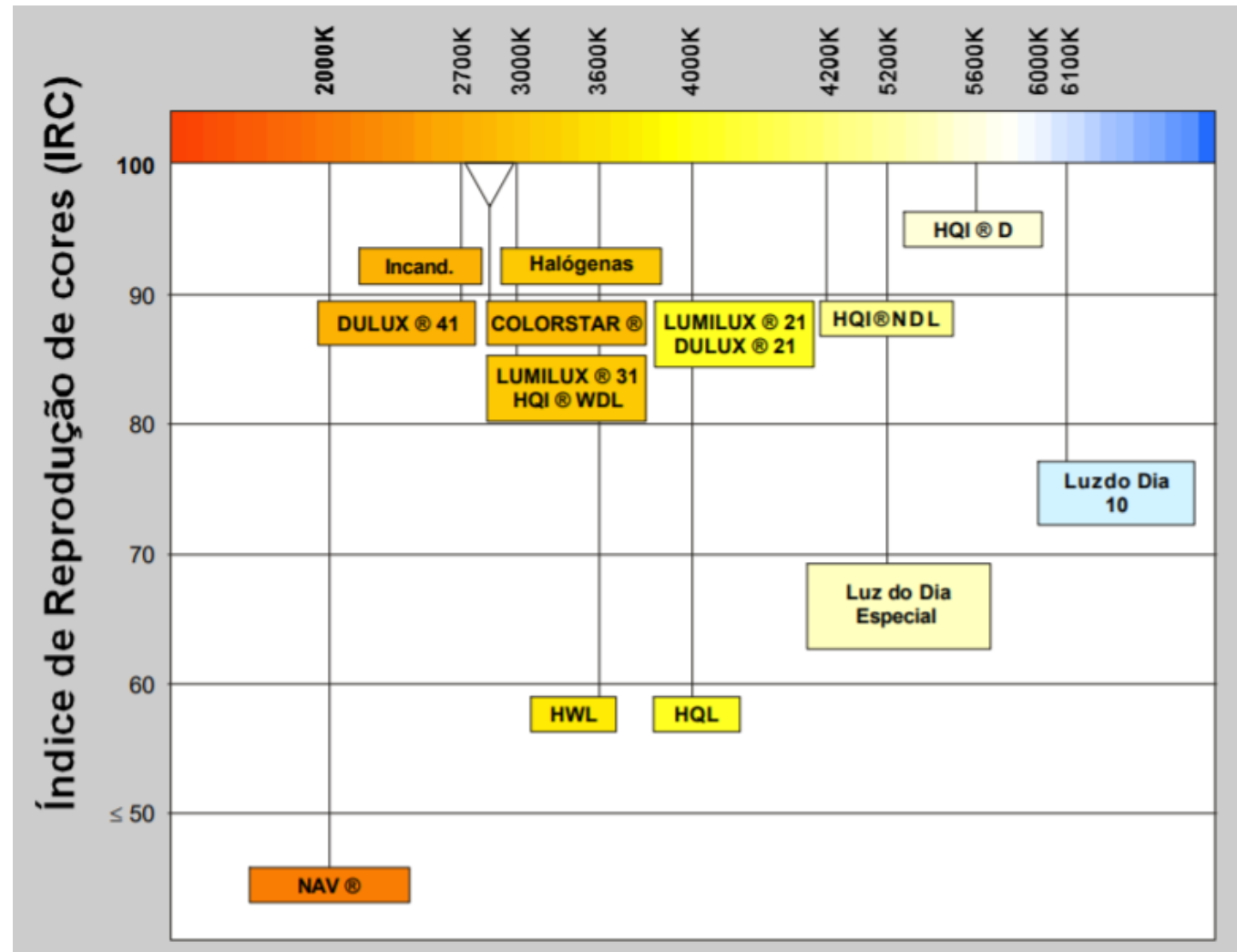
Fonte: <https://blog.brilia.com/>

Índice de reprodução de cor versus temperatura

- ❑ Índice varia de 0 a 100 (100 para a luz do sol);
- ❑ 50 a 70 → Moderado;
- ❑ Entre 70 e 85 → Bom;
- ❑ Maior que 85 → Excelente;
- ❑ Índice R9.



Índice de reprodução de cor versus temperatura



Fonte: Osram. Manual luminotécnico prático.

Rendimento

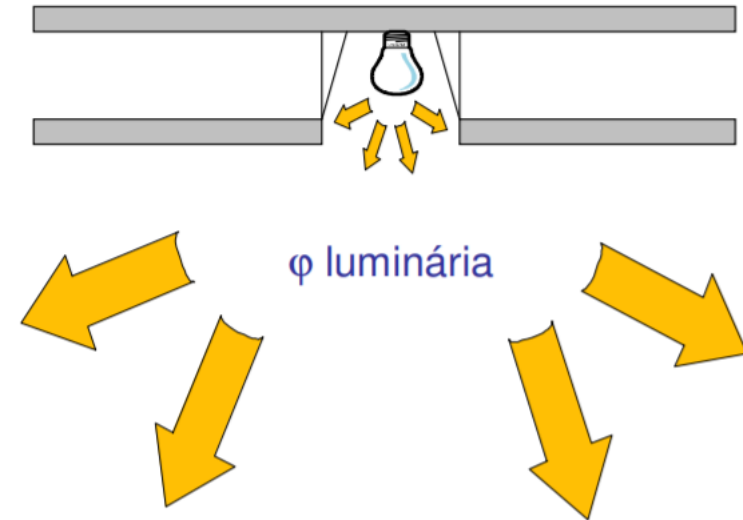
❑ Razão entre o fluxo luminoso emitido pela luminária e o fluxo luminoso das lâmpadas;

❑ Sempre menor que 1;

❑ Depende da ótica da luminária e da temperatura de operação;

❑ Luminárias com maior rendimento tem menor controle de ofuscamento;

❑ Elementos difusores, haletas, refletores, etc., diminuem o rendimento.



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



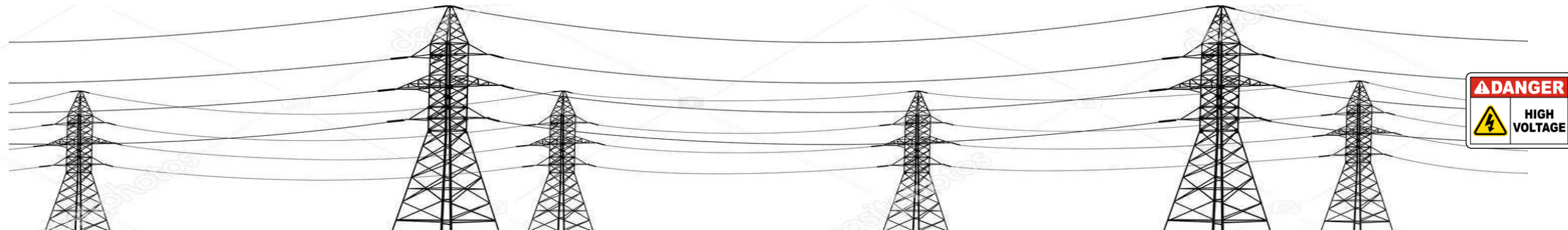
EStimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“EStimate”



(Algumas) Tecnologias de lâmpadas



Tipos de lâmpadas

- ❑ Lâmpadas incandescentes;
 - Padrão;
 - Halógenas.

- ❑ Lâmpadas de descarga;
 - Fluorescentes;
 - Vapor de mercúrio;
 - Mista;
 - Vapor metálico;
 - Multi-vapores metálicos;
 - Vapor de sódio;

- ❑ Lâmpadas de LED.

Lâmpadas incandescentes

- ❑ Bulbo de vidro com filamento de Tungstênio;
- ❑ Vácuo interior ou gás inerte (nitrogênio ou argônio);
 - Reduzir oxidação.
- ❑ Eficiência: extremamente baixa;
- ❑ Vida útil: 800 horas;
- ❑ Ótimo IRC;
- ❑ Tensão de rede: 110 ou 220 V;



Lâmpadas incandescentes

☐ Iluminação geral.



☐ Decorativas



☐ Refletores



☐ Iluminação específica.

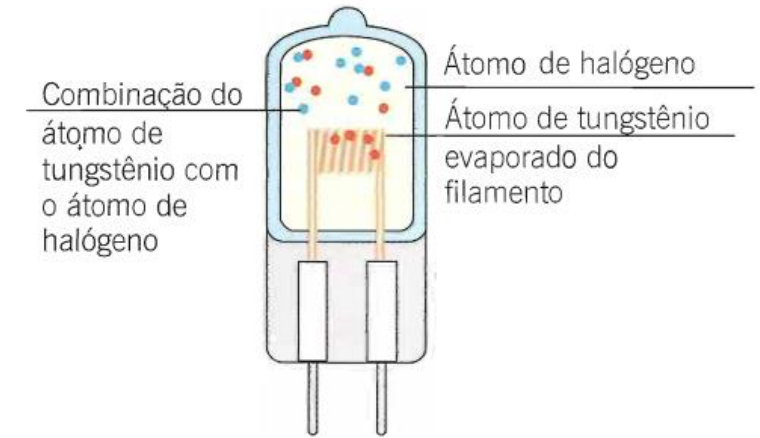


☐ Halógena



Lâmpadas incandescentes halógenas

- ❑ Aperfeiçoamento da lâmpada incandescente (GE, 1957);
- ❑ Inserção de iodo ou bromo (halogênios) no bulbo;
- ❑ Apresenta o mesmo princípio básico de funcionamento da incandescente;
- ❑ Através de uma reação cíclica reconduzem o tungstênio volatizado ao filamento, evitando o enegrecimento do bulbo;
- ❑ O processo evita o escurecimento e aumenta a vida útil da lâmpada.



Lâmpadas incandescentes halógenas

- ❑ Eficiência: baixa;
- ❑ Vida útil: 2500 horas;
- ❑ Índice de Reprodução de cores (IRC): 100%;
- ❑ Uso: geral, residencial, arandelas, abajures;
- ❑ Tensão de rede: 110, 220 V ou 12 Volts.



29/06/2016 16h05 - Atualizado em 29/06/2016 16h35

Lâmpadas incandescentes deixam o mercado nacional no dia 1º de julho

As de 60 W, que eram as mais usadas, já estão proibidas desde 2015. Comerciante que descumprir pagará multa de R\$ 100 a R\$ 1,5 milhão.

Lâmpadas de descarga

- ❑ Princípio envolvendo excitação de gases ou vapores metálicos;
 - Fluorescentes;
 - Vapor de mercúrio;
 - Mista;
 - Vapor metálico;
 - Multi-vapores metálicos;
 - Vapor de sódio;

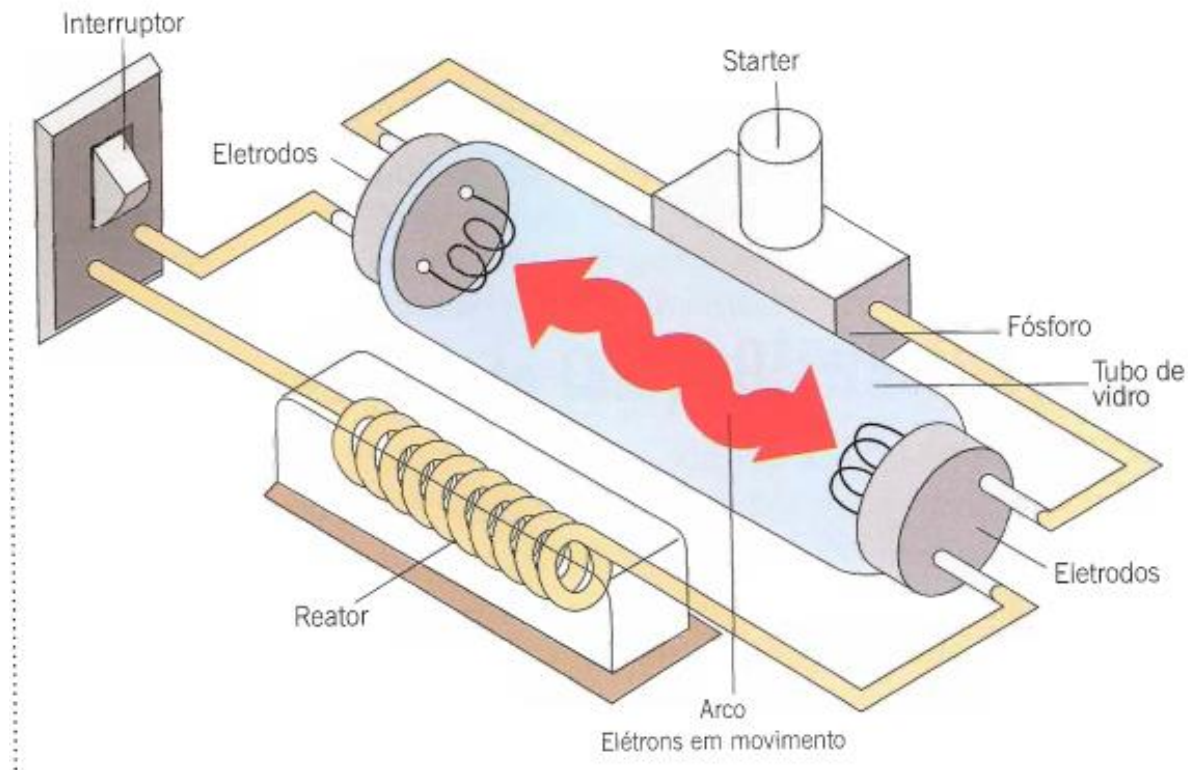
- ❑ Necessitam de um circuito auxiliar de partida;

- ❑ Função principal é iniciar a ionização do gás e conseqüentemente a criação de um arco elétrico.

Lâmpadas Fluorescentes

- ❑ Bulbo tubular de vidro cujas paredes internas contém o material fluorescente (cristais de fósforo);
- ❑ Extremidades contém eletrodos de tungstênio e no seu interior existe vapor de mercúrio e argônio (gás inerte) sob baixa pressão;
- ❑ Fluorescência: Propriedade de um material que após ser excitado por radiação de baixo comprimento de onda emite radiação de maior comprimento de onda.
- ❑ Radiação ultravioleta gerada no interior da lâmpada pelo arco elétrico entre eletrodos transforma-se em luz visível pelos cristais de fósforo;
- ❑ Problema: limitação de corrente deve ser feita por um elemento externo.

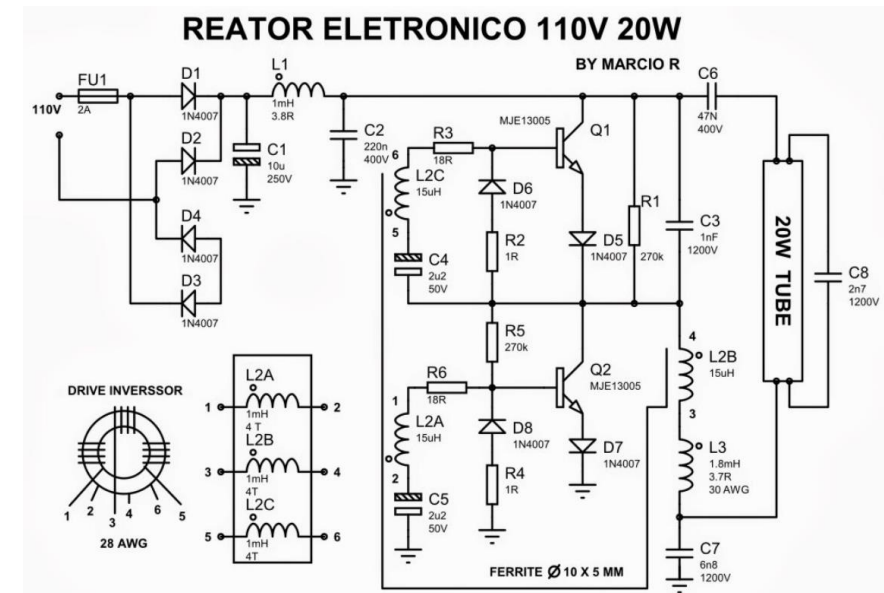
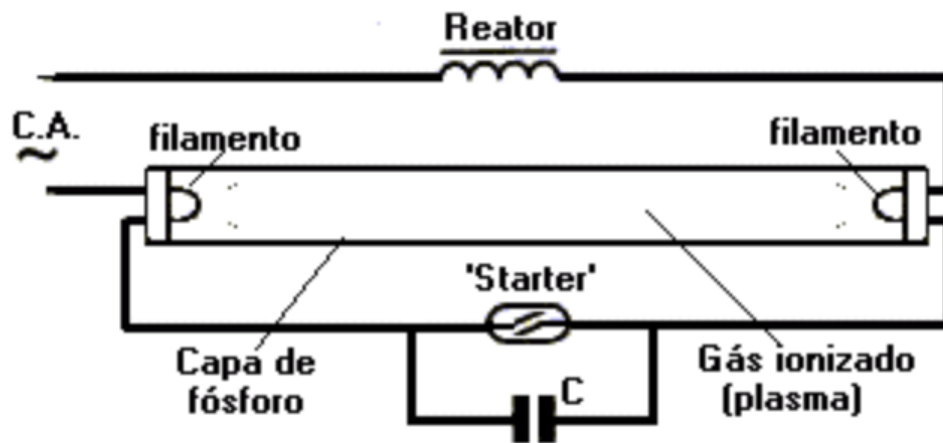
Lâmpadas Fluorescentes



Fonte: S. Crevelin e G. Cavalin "Instalações elétricas prediais". Base Didáticos 2008.

Lâmpadas Fluorescentes - Reatores

- ❑ Eletromagnético: partida convencional ou partida rápida;
- ❑ Eletrônico.
- ❑ Starter: “Chave NF temporizada”.
- ❑ Reator: Partida e limitação de corrente.

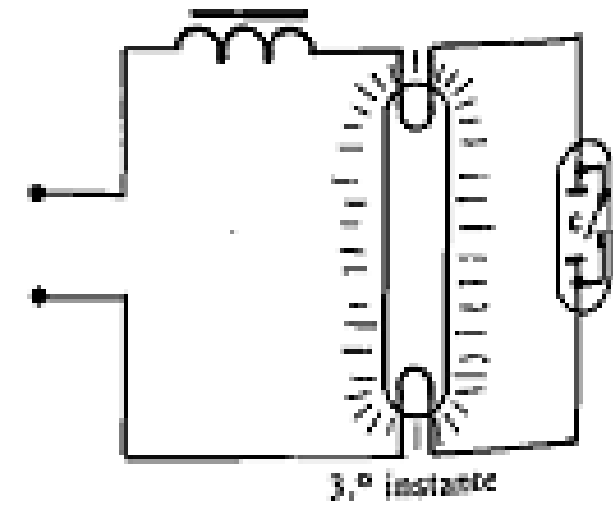
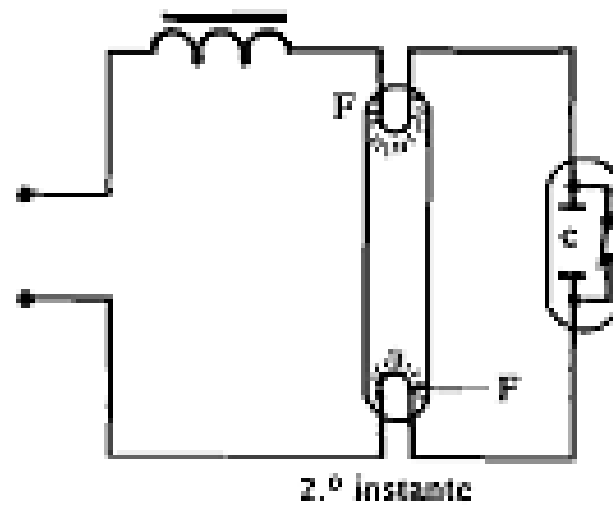
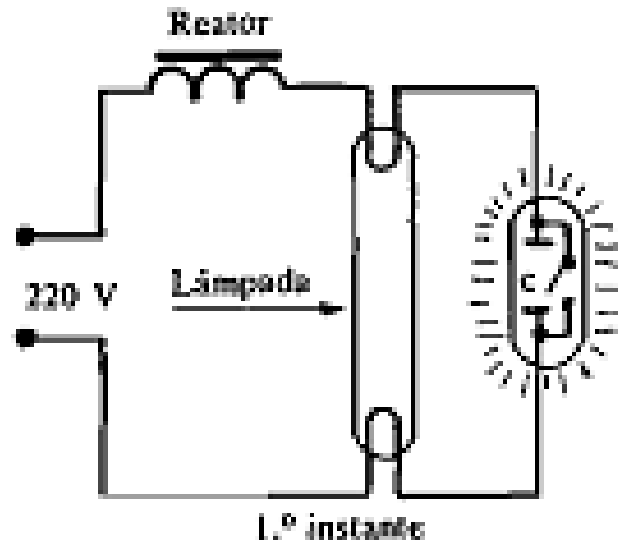
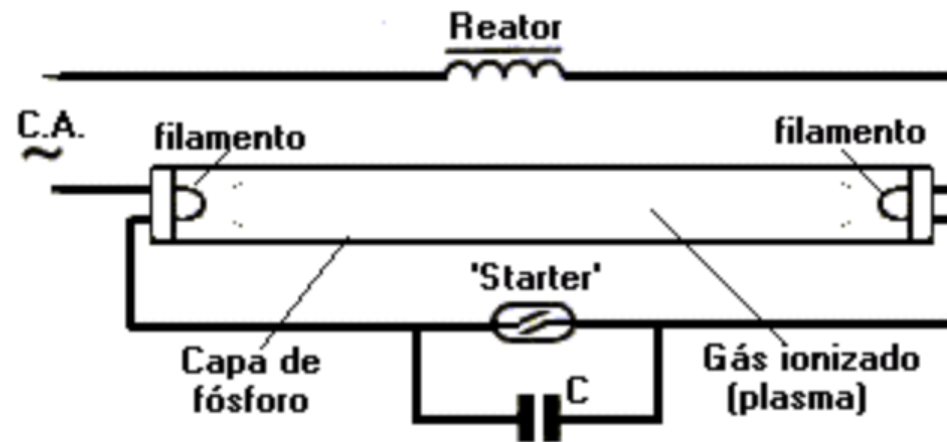


Starter

- ❑ Dispositivo usado na partida da lâmpada;
- ❑ Princípio do bimetal, lâmina dois metais coeficientes de dilatação diferentes;
- ❑ Um contato móvel, outro contato fixo;
- ❑ Capacitor ligado em paralelo para evitar interferência eletromagnética.

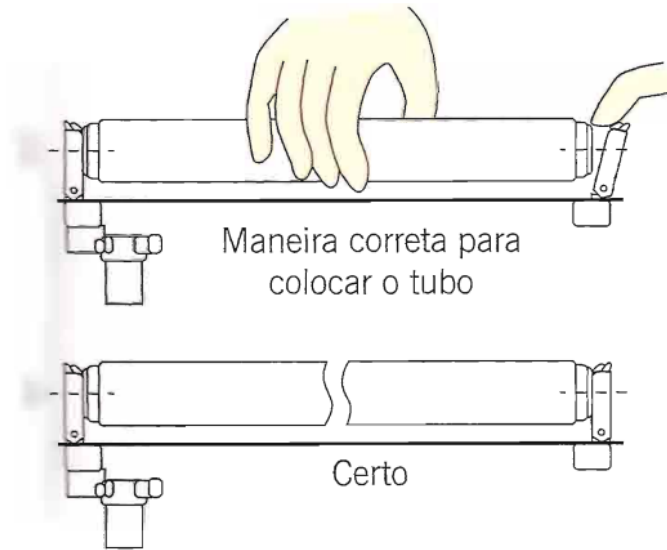


Funcionamento – reator eletromagnético



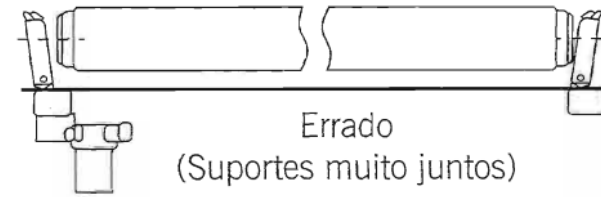
Instalação de lâmpadas Fluorescentes

Fluorescentes

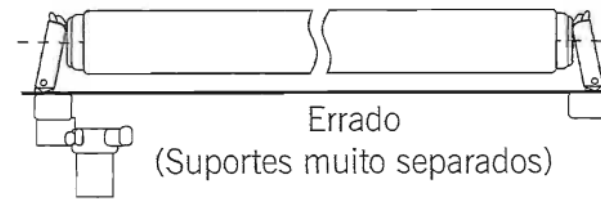


Maneira correta para colocar o tubo

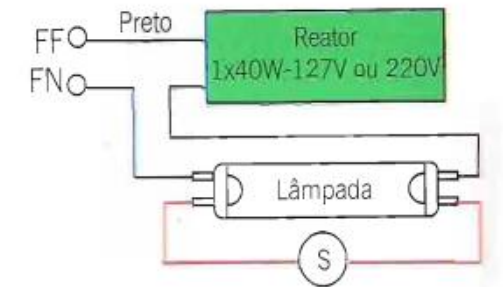
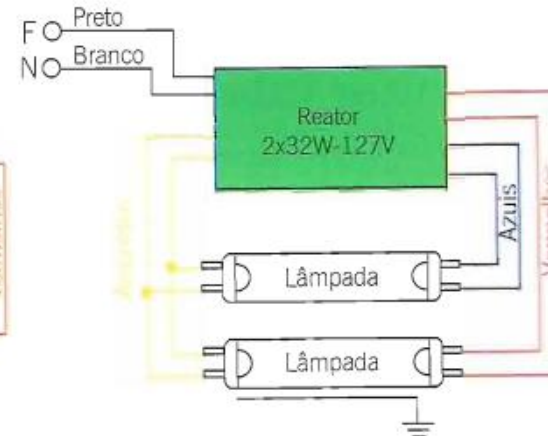
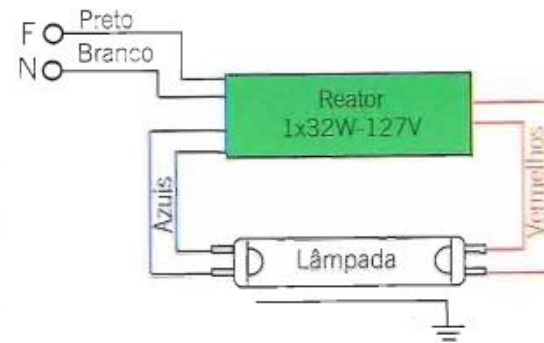
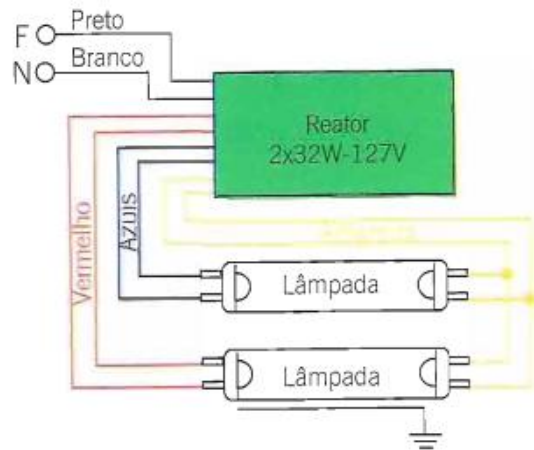
Certo



Errado
(Suportes muito juntos)

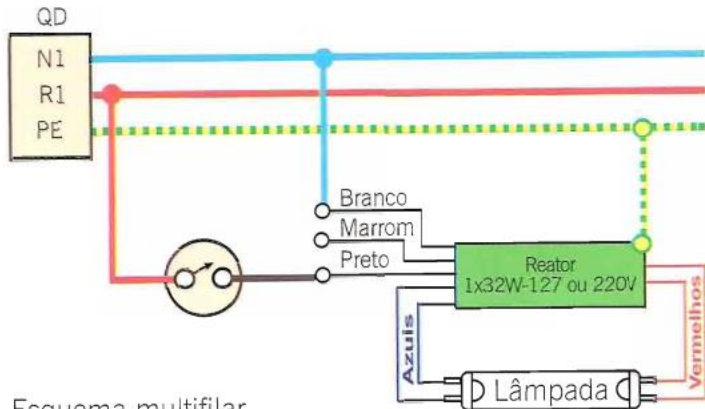


Errado
(Suportes muito separados)

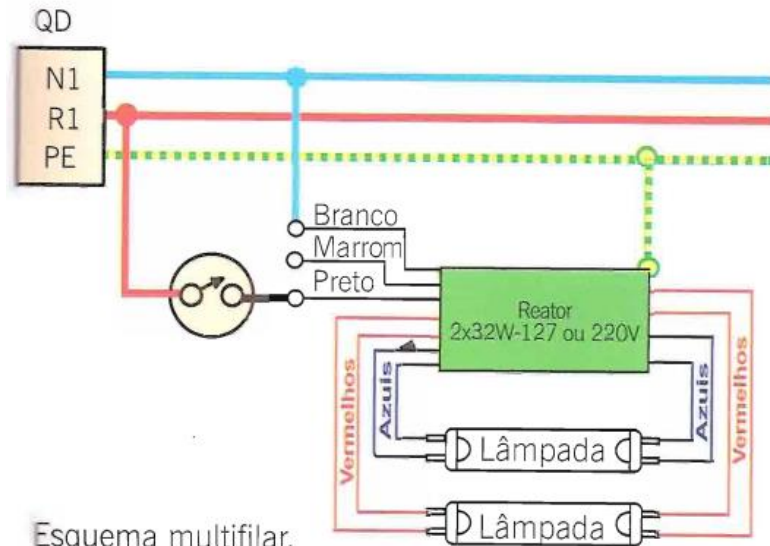
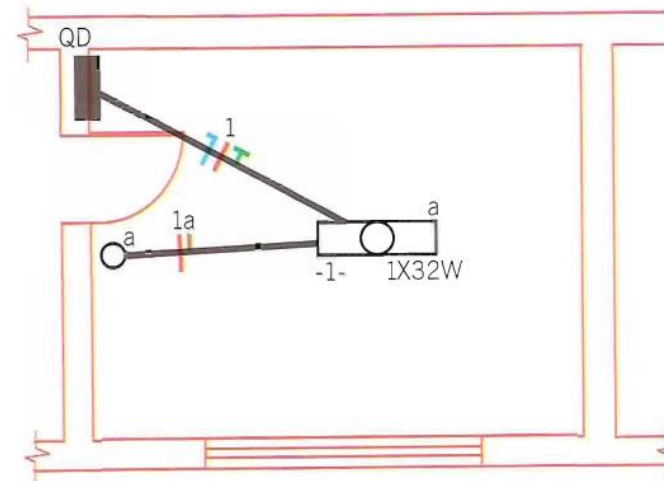


Fonte: S. Crevelin e G. Cavalin "Instalações elétricas prediais". Base Didáticos 2008.

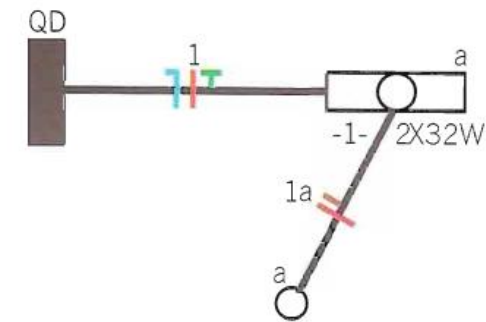
Instalação de lâmpadas Fluorescentes



Esquema multifilar.



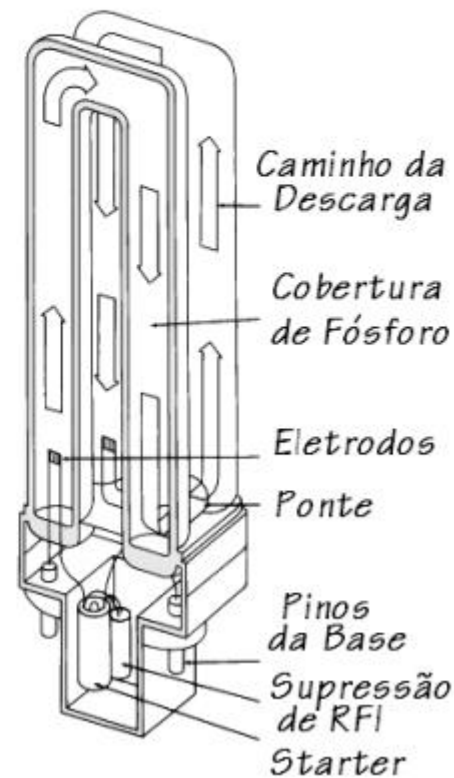
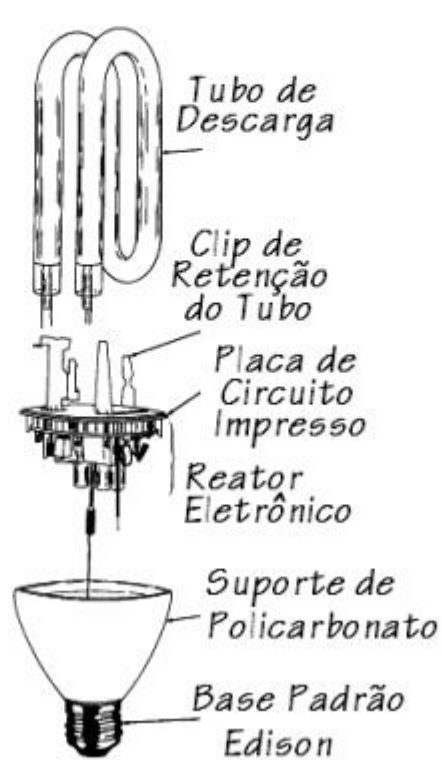
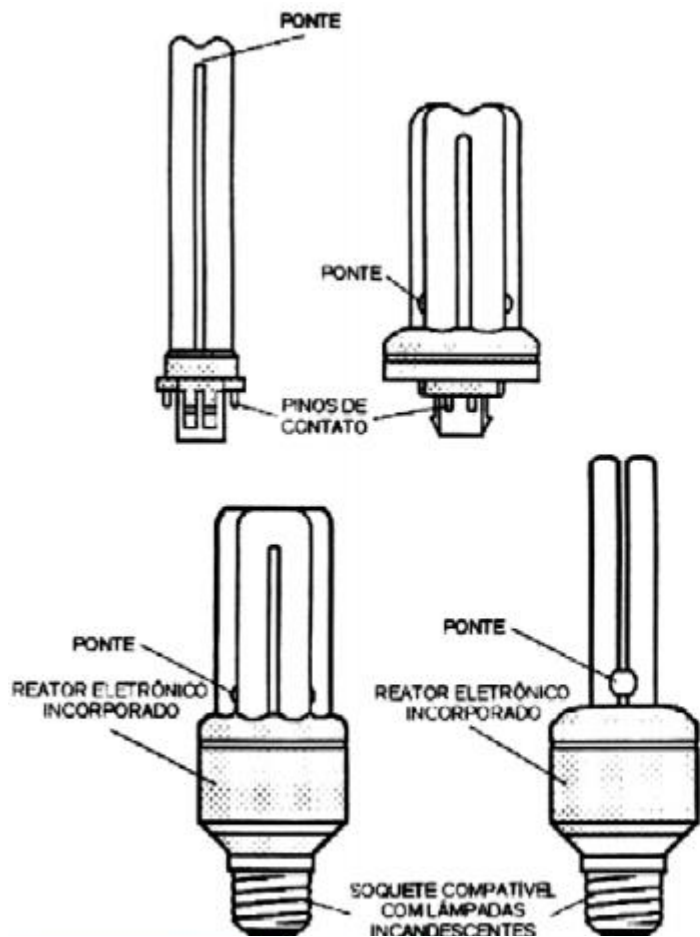
Esquema multifilar.



Esquema unifilar.

Fonte: S. Crevelin e G. Cavalin "Instalações elétricas prediais". Base Didáticos 2008.

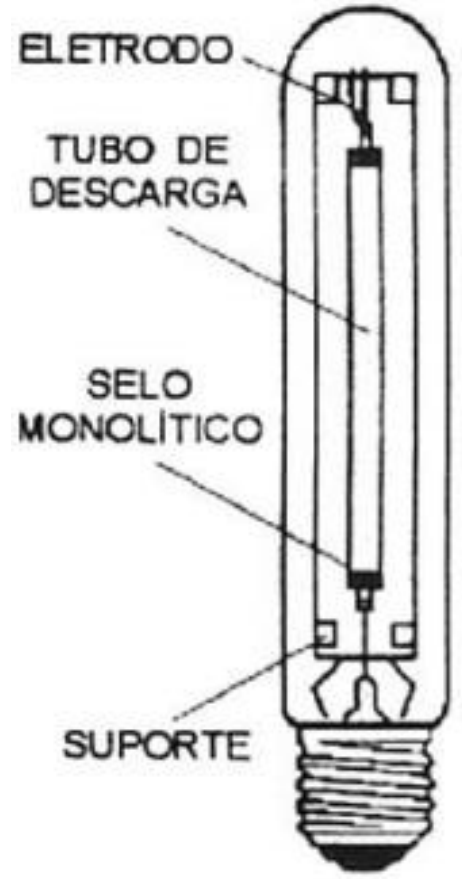
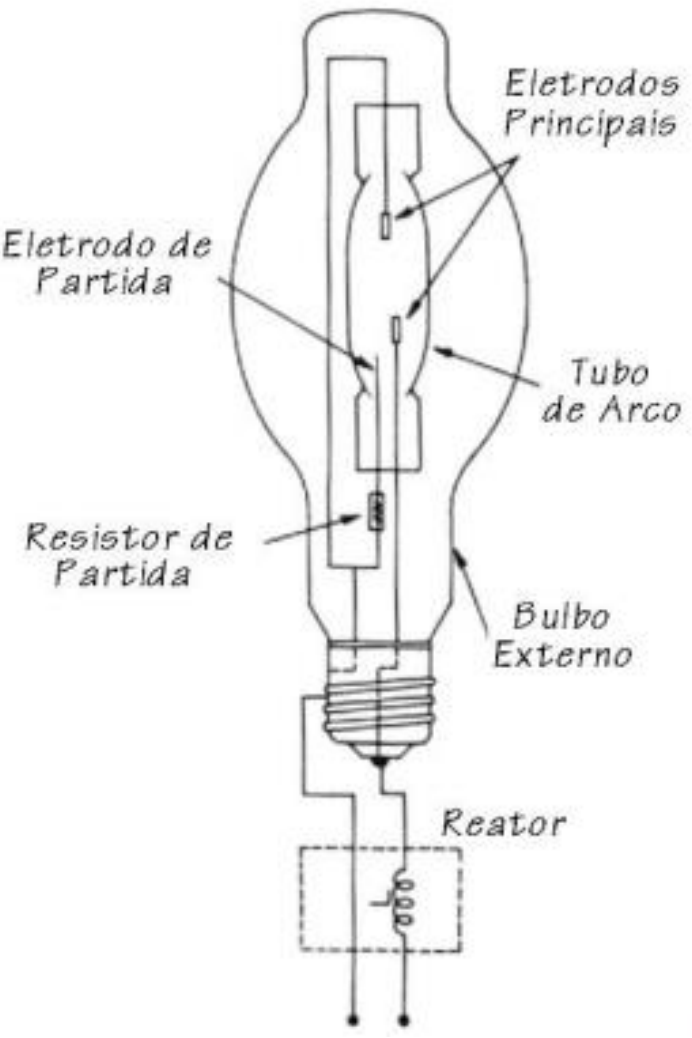
Lâmpadas Fluorescentes compactas



Lâmpadas de Descarga

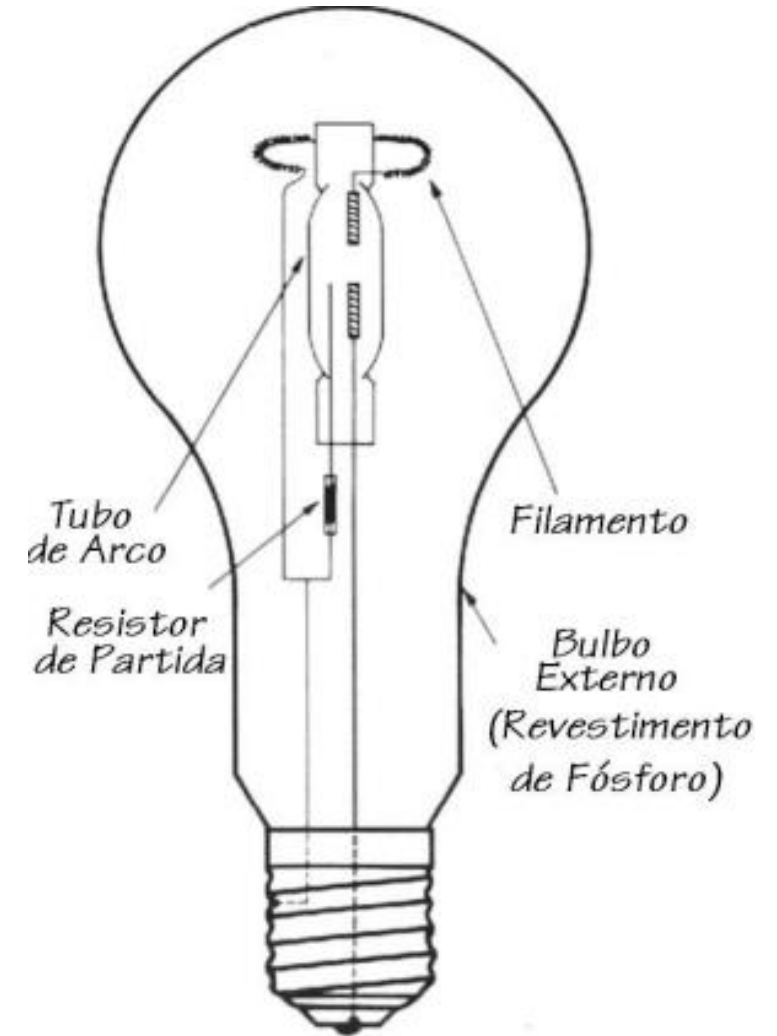
- ❑ Funcionamento baseado em uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz,
- ❑ Vapor de sódio, mercúrio;
- ❑ Requerem circuitos auxiliares de partida;
- ❑ Demoram de 5 a 15 minutos para partir e estabilizar fluxo luminoso;
- ❑ Extremamente eficientes e potentes;
- ❑ Alta durabilidade;
- ❑ Aplicações em vias públicas e áreas industriais.

Lâmpadas de Descarga




Lâmpadas Mista

- ❑ Reúnem as vantagens das diferentes abordagens;
- ❑ Melhor reprodução de cor;
- ❑ Melhor eficiência;
- ❑ Não necessitam de reatores;



Lâmpadas de LEDs

- ❑ Lighting Emitted Diodes;
- ❑ LEDs coloridos (vermelho, azul, verde, laranja e âmbar) são obtidos por meio de diferentes elementos (gálio, arsênio, fósforo, alumínio e nitrogênio);
- ❑ A cor branca foi a mais recente a ser desenvolvida;
- ❑ De baixo consumo, vida útil extremamente longa, os LEDs estão cada vez mais eficientes;
- ❑ Os LEDs são monocromáticos, emitem luz somente numa faixa do espectro da luz;
- ❑ Desafio: IRC e temperatura de cor. 

Comparação



Incandescentes



Halógenas



Fluorescentes (CFLs)



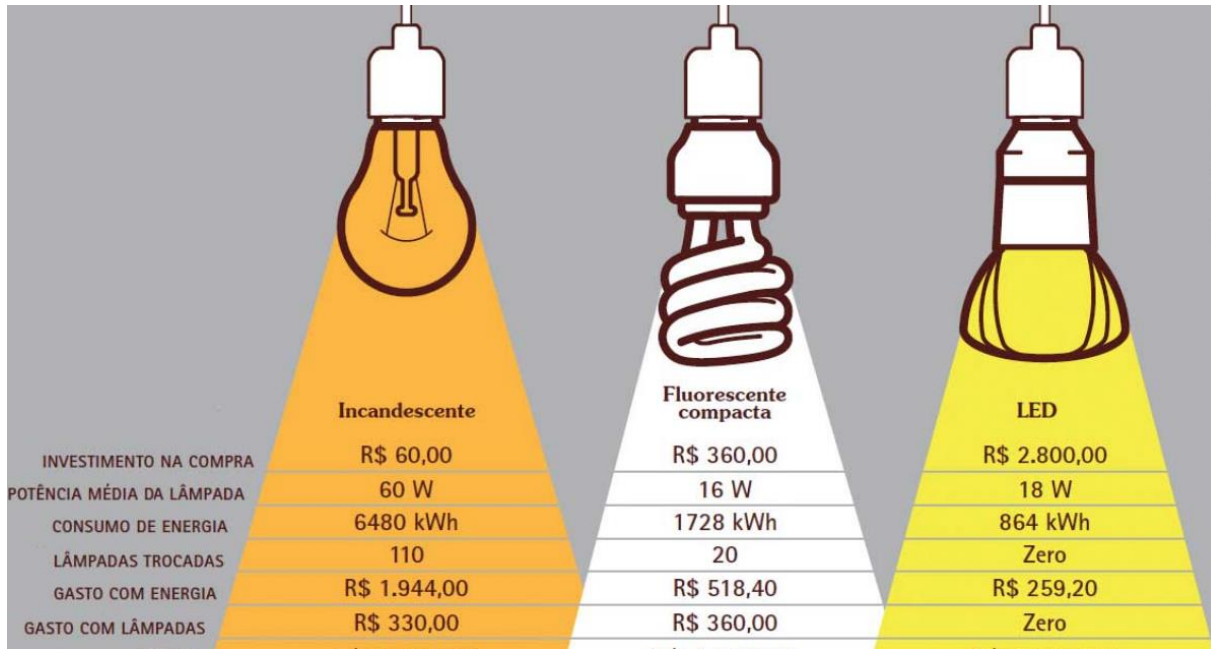
LEDs

Consumo		Alto	Alto	Baixo	Baixíssimo
Vida útil (horas)		1.000	2.000	6.000	25.000
Eficiência luminosa	1600	100 w	75 w	20 w	20 w
	1100	75 w	55 w	15 w	15 w
Quantidade de luz que a lâmpada produz por segundo, em lumens.	800	60 w	45 w	12 w	12 w
	450	40 w	30 w	8 w	8 w
	210	25 w	19 w	5 w	5 w

Potência

Quanto a lâmpada consome de energia para “produzir” luz, medida em **Watts (w)**

Comparação



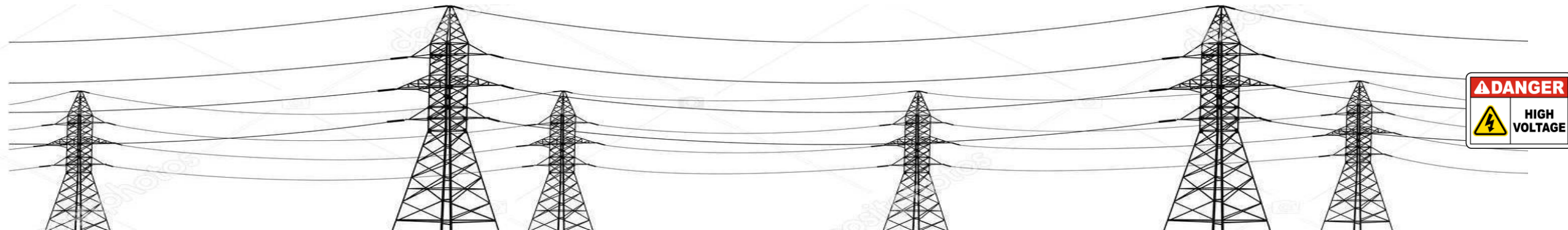
EQUIVALÊNCIA



VIDA ÚTIL	50000 Hs	8000 Hs	1200 Hs
CONSUMO	5 W	10 W	50 W
CUSTO EM 6 MESES (KW SP)	R\$ 5,58	R\$ 10,50	R\$ 52,40
DURABILIDADE (ciclo 12hs)	10 anos	18 meses	3 meses
EMISSÃO DE CALOR	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO ALTA
ECOLÓGICA	não contem mercúrio	contem mercúrio	não contem mercúrio

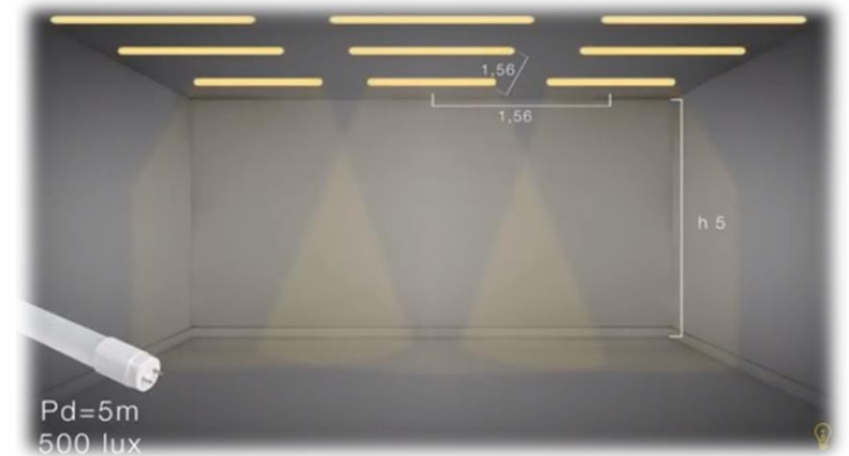


Sobre as luminárias



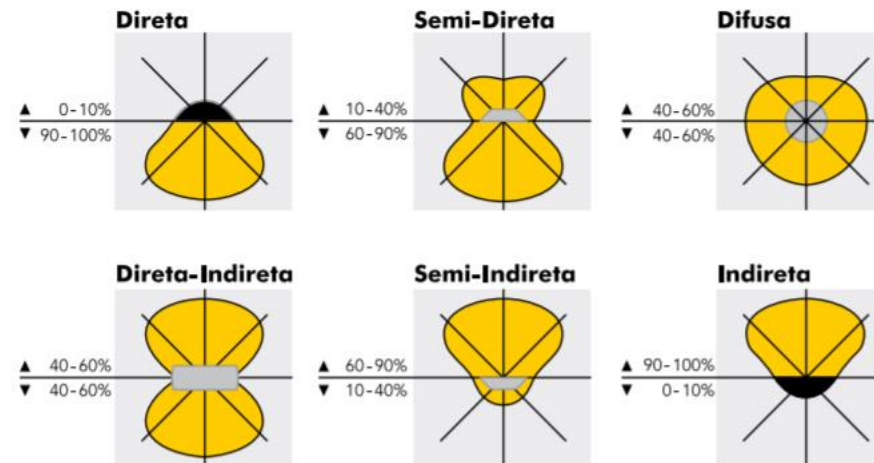
Luminárias

- ❑ Protegem as lâmpadas;
- ❑ Orientam ou concentram o feixe luminoso;
- ❑ Difundem a luz;
- ❑ Reduzem o ofuscamento;
- ❑ Proporcionam um bom efeito decorativo.



Fonte: <https://www.vivadecora.com.br>

Tipos de Luminárias



Fontes: [1] Niskier, J. e Macintyre A. “Instalações elétricas”. 7ed. Editora LTC. 2021
 [2] ITAIM Iluminação. 2008.

Iluminação Direta

- ❑ A iluminação mais utilizada é a instalada no forro;
- ❑ Incide diretamente de cima para baixo no plano de trabalho;
- ❑ Torna a superfície de trabalho mais destacada no ambiente.

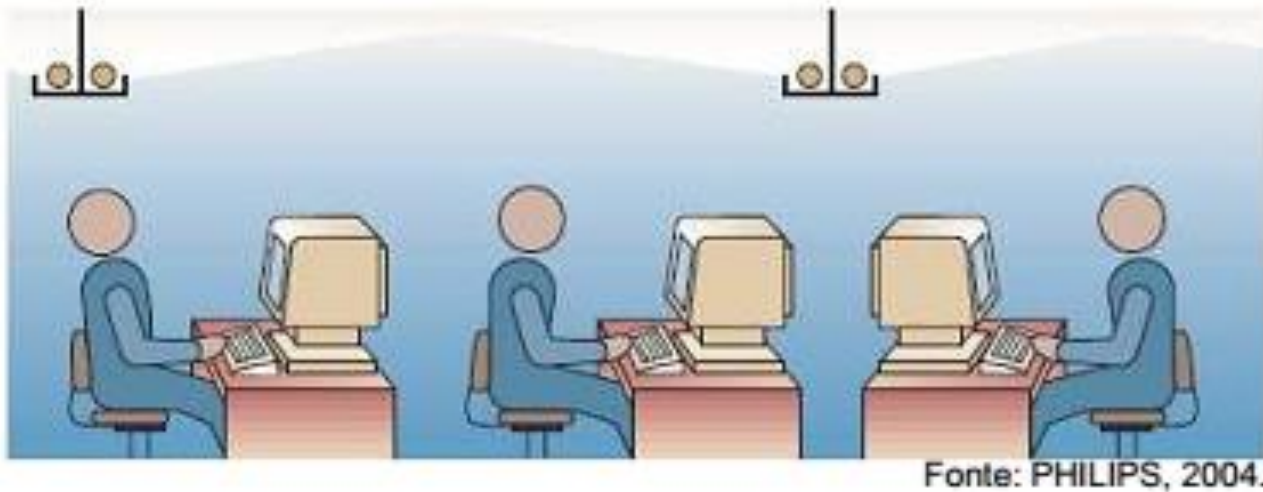


Fonte: PHILIPS, 2004.



Iluminação Indireta

- ❑ Reflete no teto (ou na parede) antes de chegar ao plano de trabalho;
- ❑ Teto se torna a superfície mais iluminada no ambiente;
- ❑ Luminárias pendentes são normalmente utilizadas (requerendo uma maior altura de teto).



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



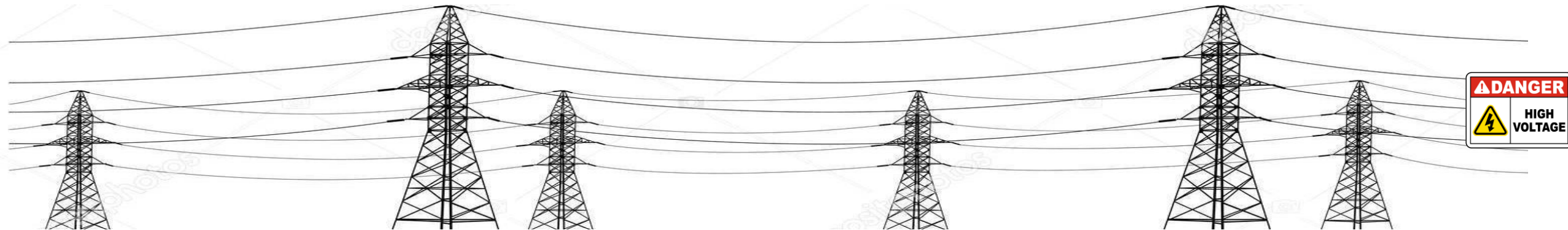
EStimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“EStimate”



Cálculo Luminotécnico



Relembrando a aula anterior

- ❑ Requisitos da iluminação
 - Quantidade de pontos;
 - Qualidade da iluminação;

- ❑ Existem vários métodos de escolha da iluminação:
 - Carga mínima exigida pela NBR 5410 → dimensionamento do circuito;
 - **Cálculo luminotécnico.**

4.2.1.2.2 Iluminação:

Status : Cancelada em 21/03/2013 Substituída por : ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

- a) as cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da **ABNT NBR 5413;**
- b) para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deve incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares.

NOTA Em 9.5.2.1 são fixados critérios mínimos para pontos de iluminação em locais de habitação.

NBR ISO/CIE 8995-1:2013

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Esta Norma não especifica como os sistemas ou técnicas de iluminação devem ser projetados a fim de aperfeiçoar as soluções para locais específicos de trabalho. Estas podem ser encontradas nos guias pertinentes e relatórios da CIE.

CIE = International Commission on Illumination

4.12 Iluminação de emergência

A iluminação de emergência deve ser instalada; os detalhes podem ser encontrados em norma específica.

NOTA BRASILEIRA No Brasil pode-se utilizar a ABNT NBR 10898.

Norma em Revisão : Norma em Revisão

Critérios do projeto de iluminação

4 Critérios do projeto de iluminação

4.1 Ambiente luminoso

A prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Desta maneira a iluminação deve satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente. Em geral a iluminação assegura:

- conforto visual, dando aos trabalhadores uma sensação de bem-estar,
- desempenho visual, ficando os trabalhadores capacitados a realizar suas tarefas visuais, rápida e precisamente, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos,
- segurança visual, ao olhar ao redor e detectar perigos.

Iluminâncias recomendadas

4.3.1 Iluminâncias recomendadas na área de tarefa

Os valores dados na Seção 5 são as iluminâncias mantidas sobre a área da tarefa no plano de referência que pode ser horizontal, vertical ou inclinado. A iluminância média para cada tarefa não pode estar abaixo dos valores dados na Seção 5, independentemente da idade e condições da instalação. Os valores são válidos para uma condição visual normal e são levados em conta os seguintes fatores:

- requisitos para a tarefa visual,
- segurança,
- aspectos psicofisiológicos assim como conforto visual e bem-estar,
- economia,
- experiência prática.

Ofuscamento

- ❑ Perturbação visual por brilho indesejado;
- ❑ Medido a partir do índice de ofuscamento: UGR
- ❑ Escala UGR: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28

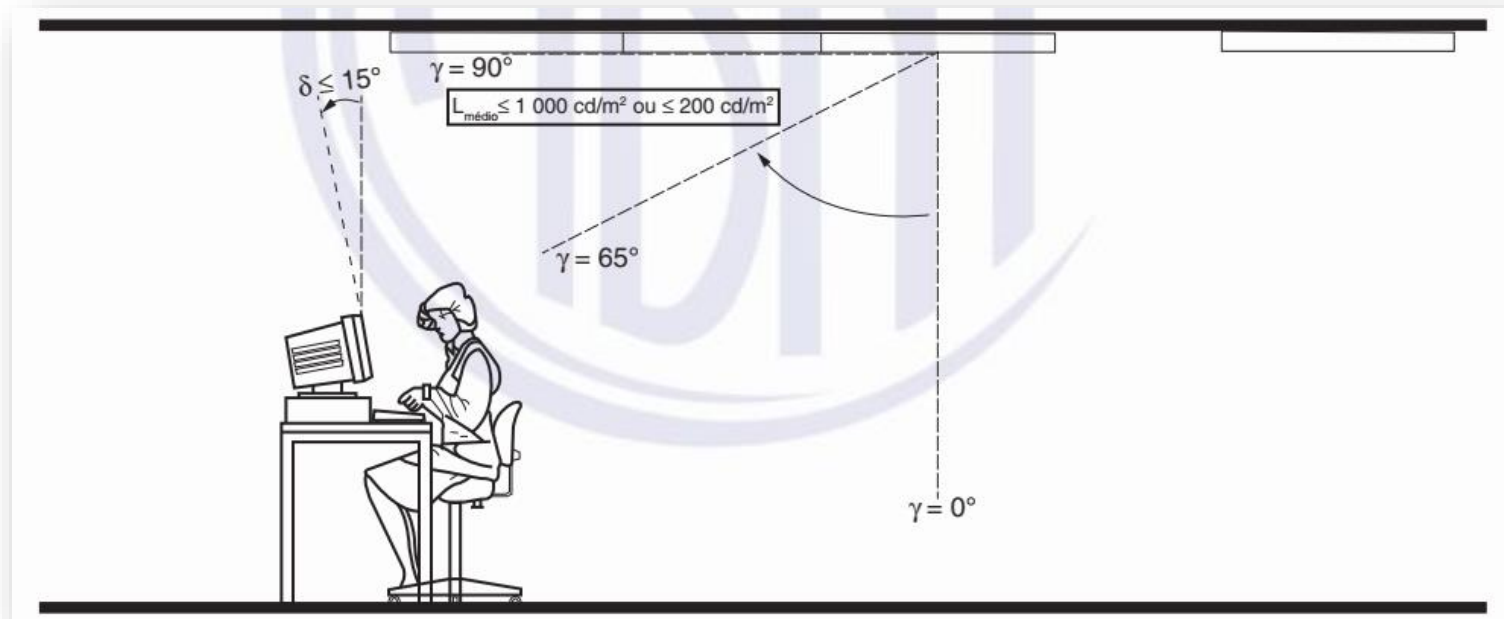


Desenho técnico	≤ 16
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções	≤ 19
Trabalho em indústria, exposições, recepção	≤ 22
Trabalho bruto, escadas	≤ 25
Corredores	≤ 28

Fonte: <https://www.vivadecora.com.br/>

Ofuscamento

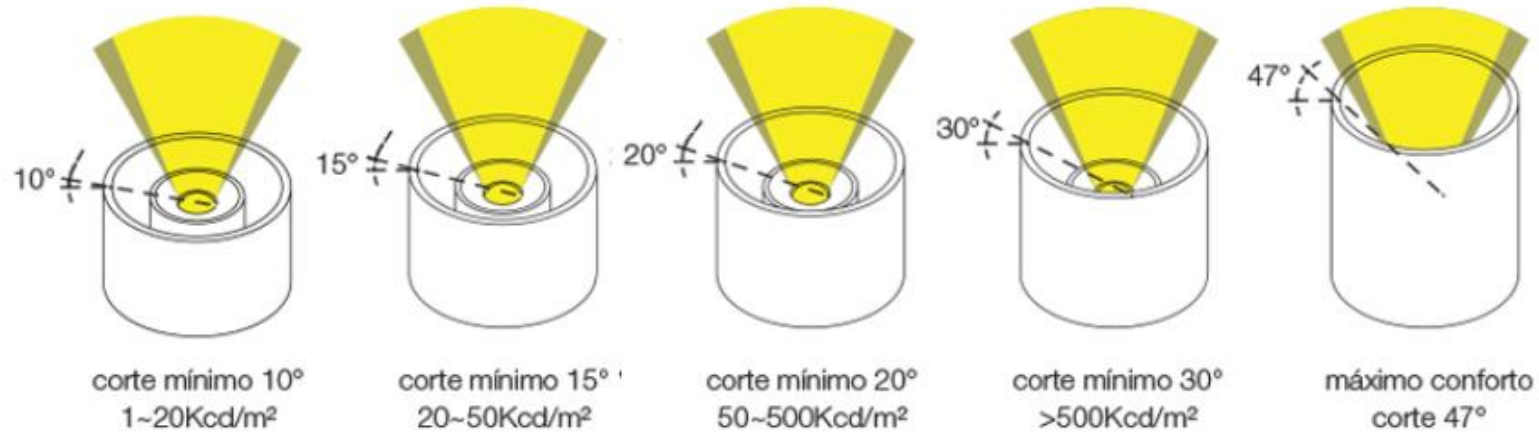
- ❑ Ofuscamento direto: causado pelas luminárias;
- ❑ Ofuscamento refletido: Reflexão da luz em superfícies brilhantes;



Fonte: <https://www.vivadecora.com.br/>

Ofuscamento: ângulo de corte mínimo

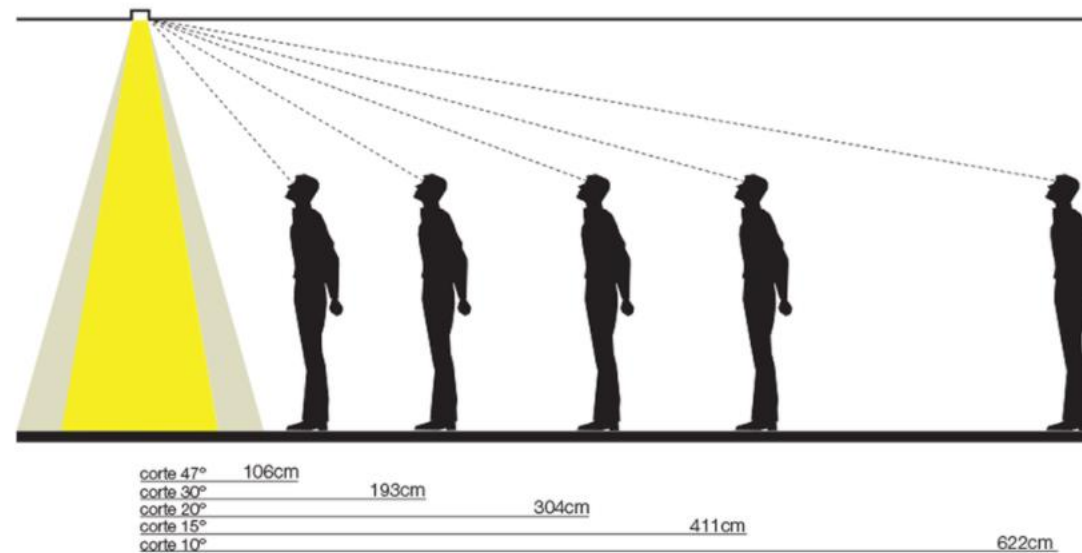
Luminância da lâmpada kcd/m ²	Ângulo de corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°



Fonte: LightSource. Controle de Ofuscamento.

Ofuscamento

Luminância da lâmpada kcd/m ²	Ângulo de corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°



Fonte: LightSource. Controle de Ofuscamento.

Sobre a temperatura da cor

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

A escolha da aparência da cor é uma questão psicológica, estética e do que é considerado natural. A escolha depende da iluminância, cores da sala e mobiliário, clima e aplicação. Em climas quentes geralmente é preferencial a aparência da cor de uma luz mais fria, e em climas frios é preferencial a aparência da cor de uma luz mais quente.

Fonte: LightSource. Controle de Ofuscamento.

Sobre o IRC

4.6.2 Reprodução de cor

É importante tanto para o desempenho visual quanto para a sensação de conforto e bem-estar que as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana sejam reproduzidas natural e corretamente, e de modo que façam com que as pessoas tenham uma aparência atrativa e saudável.

As cores para segurança de acordo com a ISO 3864 devem sempre ser reconhecíveis e claramente discriminadas.

Para fornecer uma indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz, foi introduzido o índice geral de reprodução de cor R_a . O valor máximo de R_a é 100. Este valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor.

Não se recomenda a utilização de lâmpadas com R_a inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos. Pode haver exceções para a iluminação de montagem alta (“*high-bay*” – iluminação utilizada em alturas de montagem superior a 6 m) e para iluminação externa. Mas mesmo nessas condições devem ser tomadas medidas adequadas para garantir que lâmpadas com uma reprodução de cor mais alta sejam utilizadas em locais de trabalho continuamente ocupados e também onde as cores para segurança têm que ser reconhecidas.

Os valores mínimos recomendados do índice geral de reprodução de cor de diferentes tipos de ambientes internos, tarefas ou atividades estão estabelecidos na Seção 5.

Fonte: LightSource. Controle de Ofuscamento.

Projeto luminotécnico

- ❑ Definição do Sistema de iluminação;



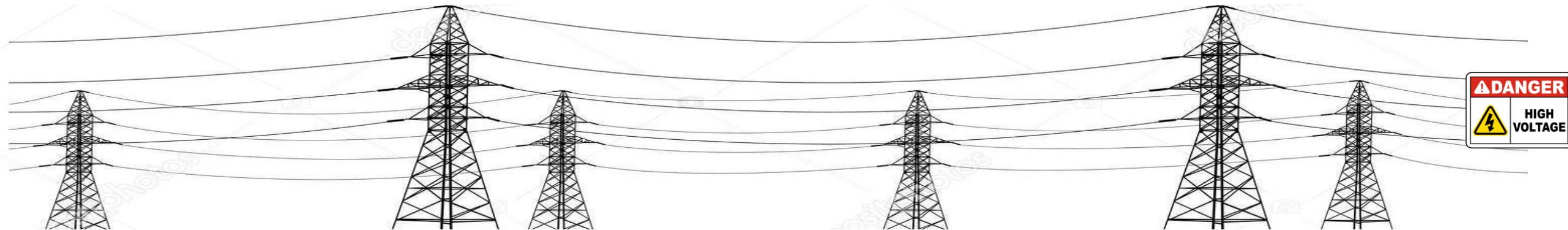
- ❑ Escolha da fonte: tipo de lâmpada para os ambientes (Fluorescente, LED, etc.);
- ❑ Escolha do tipo de luminária (direta, indireta, semidireta, semi-indireta);
- ❑ Dimensões do local e cores do teto, parede e piso;
- ❑ Altura das mesas, bancadas de trabalho ou máquinas a serem operadas.

Fundamentos do projeto luminotécnico

- Método dos Lúmens** (PHILIPS e GE);
- Carga mínima exigida pelas normas;
- Método das cavidades zonais;
- Método ponto a ponto;
- Método das eficiências;
- Utilização de softwares especializados.



Método dos lúmens



Método dos lúmens (PHILIPS e GE)

- ❑ Philips do Brasil → Cálculo de iluminação interna em 1983;
- ❑ Etapas para realização do método:
 - Determinar a iluminância desejada a partir da ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013;
 - Escolher a luminária, lâmpada e reator;
 - Definir o fator de local;
 - Calcular o fator K;
 - Adotar um fator de depreciação;
 - Determinar o fluxo luminoso total;
 - Encontrar a quantidade de luminárias.

Método dos lúmens (PHILIPS e GE)

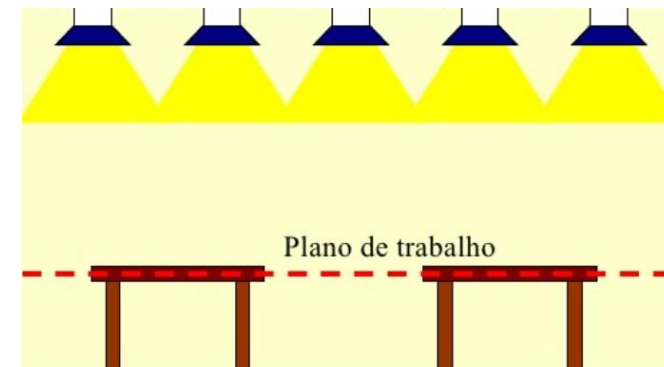
$$\varphi = \frac{E S}{u d}$$

$$N = \left[\frac{\varphi}{\varphi_l} \right]$$

- φ é o fluxo luminoso total emitido pelas luminárias em lúmens;
- S é a área do cômodo em m^2 ;
- u é o fator de utilização da luminária;
- d é o fator de depreciação;
- φ_l é o fluxo luminoso das lâmpadas instaladas na luminária.

Método dos lúmens – pontos importantes


- ❑ Quando se considera a iluminação de um cômodo, interessa-se em conhecer o iluminamento médio no chão ou sobre o plano de trabalho;
- ❑ Quando, uma ou várias fontes de luz emitem um fluxo luminoso φ , apenas uma parte deste fluxo atinge diretamente o chão ou o plano de trabalho. Uma parcela é absorvida pelos aparelhos, pelo teto e pelas paredes.
- ❑ Assume uma distribuição uniforme e foca no iluminamento **médio**;
- ❑ Fator de utilização é tabelado para cada luminária.



Determinação do nível de iluminância mínimo

- ❑ NBR 5413 – 1992 → NBR ISO/CIE 8995–1:2013;
- ❑ Níveis de iluminância em relação a tarefa ou finalidade do cômodo;
- ❑ Garantir que as tarefas sejam executadas com qualidade e segurança;

Determinação do nível de iluminância mínimo

☐ Tabela com 12 páginas 

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	

Fator de utilização – u

- ❑ Razão entre o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas e o fluxo luminoso utilizado;
- ❑ Dependente dos seguintes fatores:
 - Da distribuição e da absorção de luz, efetuadas pelos aparelhos de iluminação (globos, refletores etc.);
 - Das dimensões do compartimento. Esta dependência exprime-se através de um coeficiente que se denomina índice do local;
 - Das cores das paredes e do teto, caracterizadas pelas suas refletâncias.
- ❑ Índice de local e refletância do local.

Índice de local

- ❑ Informa-se a largura e comprimento do cômodo;
- ❑ Informa-se também a altura útil;
- ❑ O índice de local pode ser um número ou uma letra, dependendo do fabricante.

Índice de local – Philips


- ☐ Iluminação direta

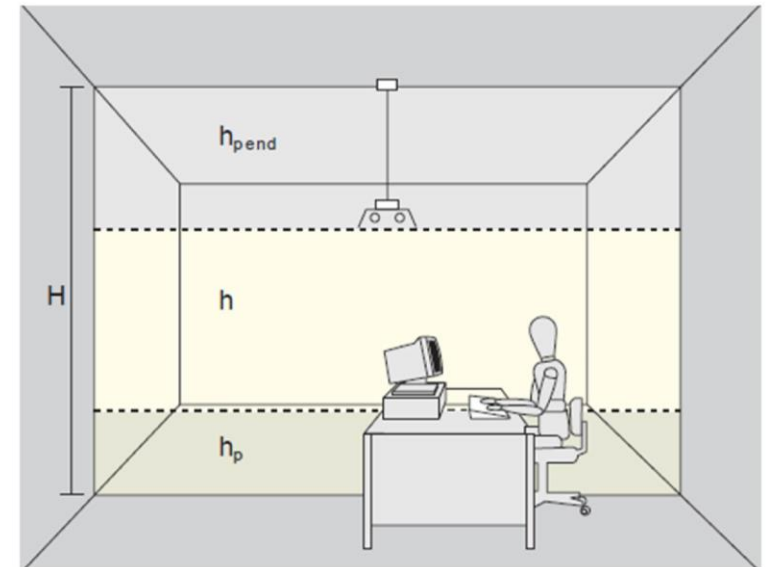
$$h = H - h_p - h_{pend}$$

$$K = \frac{C L}{(C + L) h}$$

- ☐ Iluminação indireta

$$K = \frac{3 C L}{2 (C + L) h'}$$

- ☐ Sempre utilizar altura útil (da luminária ou do pé direito) 



Índice de local - GE

Índice do Local / Índice Médio		
Índice do Local	Índice Médio	Limites
A	6,0	4,5 ou mais
B	4,0	3,5 a 4,5
C	3,0	2,75 a 3,5
D	2,5	2,25 a 2,75
E	2,0	1,75 a 2,25
F	1,5	1,35 a 1,75
G	1,25	1,12 a 1,38
H	1,0	0,9 a 1,12
I	0,8	0,7 a 0,9
J	0,6	Menos que 0,7

Altura do teto em metros												
Para iluminação indireta e semi-indireta		2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30		
		a	a	a	a	a	a	a	a	a		
		2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30		
Distância do chão ao foco luminoso em metros												
Para iluminação direta e semidireta		2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local										
2,75 (2,60-2,75)	2,50-3,00	H	I	J	J							
	3,00-4,30	H	I	I	J							
	4,30-6,00	G	H	I	J	J						
	6,00-9,00	G	G	H	I	J	J					
	9,00-13,00	F	G	H	I	J	J	J				
3,00 (2,90-3,20)	13,00-18,30	E	F	G	H	I	J	J				
	18,30 ou mais	E	F	F	H	H	I	J				
	3,00-4,30	G	H	I	J	J						
	4,30-6,00	G	H	I	J	J	J					
	6,00-9,00	F	G	H	I	J	J					

☐ Neste caso, não é necessário efetuar o cálculo.

Fonte: Niskier, J. e Macintyre A. "Instalações elétricas". 7ed. Editora LTC. 2021.

Refletâncias em função da cor - GE

Branco	75 a 85%
Marfim	63 a 80%
Creme	56 a 72%
Amarelo claro	65 a 75%
Marrom	17 a 41%
Verde claro	50 a 65%
Verde escuro	10 a 22%
Azul claro	50 a 60%
Rosa	50 a 58%
Vermelho	10 a 20%
Cinzentos	40 a 50%

Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes medianamente claras	10%

- Caso as paredes não tenham a mesma cor, sua média ponderada.

$$\rho_m = \frac{S_1 \rho_1 + S_2 \rho_2 + \dots + S_n \rho_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}$$

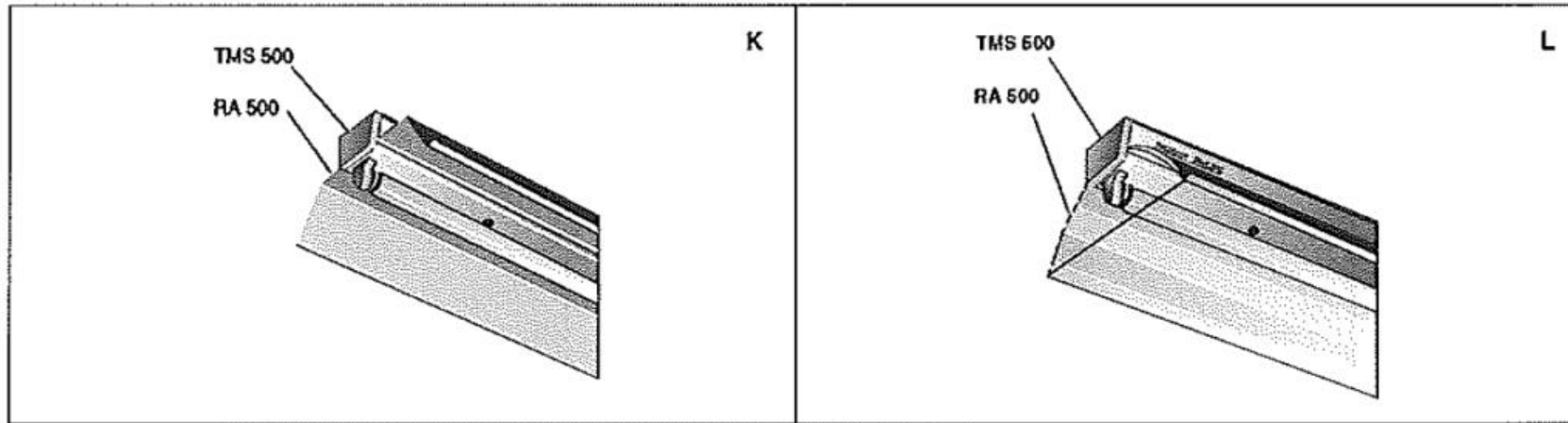
Fonte: Niskier, J. e Macintyre A. "Instalações elétricas". 7ed. Editora LTC. 2021.

Refletâncias por código - Philips

Índice	Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

- ❑ Teto, Parede e piso;
- ❑ Exemplo: 571 → teto claro, parede branca e piso escuro.


Fator de utilização (Philips)



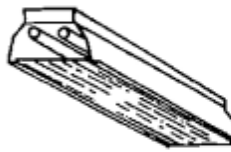
TMS 500 c/ RA 500 – 1 TLD 32W										TMS 500 – 2 TLD 16W									
ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS									ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000		751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33	0,60	0,31	0,25	0,21	0,27	0,22	0,18	0,19	0,16	0,12
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40	0,80	0,39	0,32	0,27	0,33	0,28	0,24	0,24	0,21	0,15
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46	1,00	0,44	0,38	0,33	0,38	0,33	0,29	0,29	0,25	0,19
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52	1,25	0,50	0,44	0,39	0,43	0,38	0,34	0,33	0,30	0,22
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57	1,50	0,54	0,48	0,43	0,47	0,42	0,38	0,36	0,33	0,25
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64	2,00	0,60	0,55	0,50	0,52	0,48	0,44	0,41	0,38	0,29
2,50	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69	2,50	0,64	0,60	0,55	0,56	0,52	0,49	0,45	0,42	0,32
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72	3,00	0,67	0,63	0,59	0,58	0,55	0,52	0,47	0,45	0,34
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75	4,00	0,71	0,67	0,64	0,62	0,59	0,56	0,51	0,49	0,37
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77	5,00	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,59	0,53	0,51	0,39

Fonte: Philips.

Fator de utilização (GE)

Luminária		Teto	75%			50%			
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						
⑪		↑	J	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21
			I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26
			H	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30
		0	G	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34
		—	F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,38	0,36
		50	E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40
			D	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42
			C	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44
			B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46
			A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47

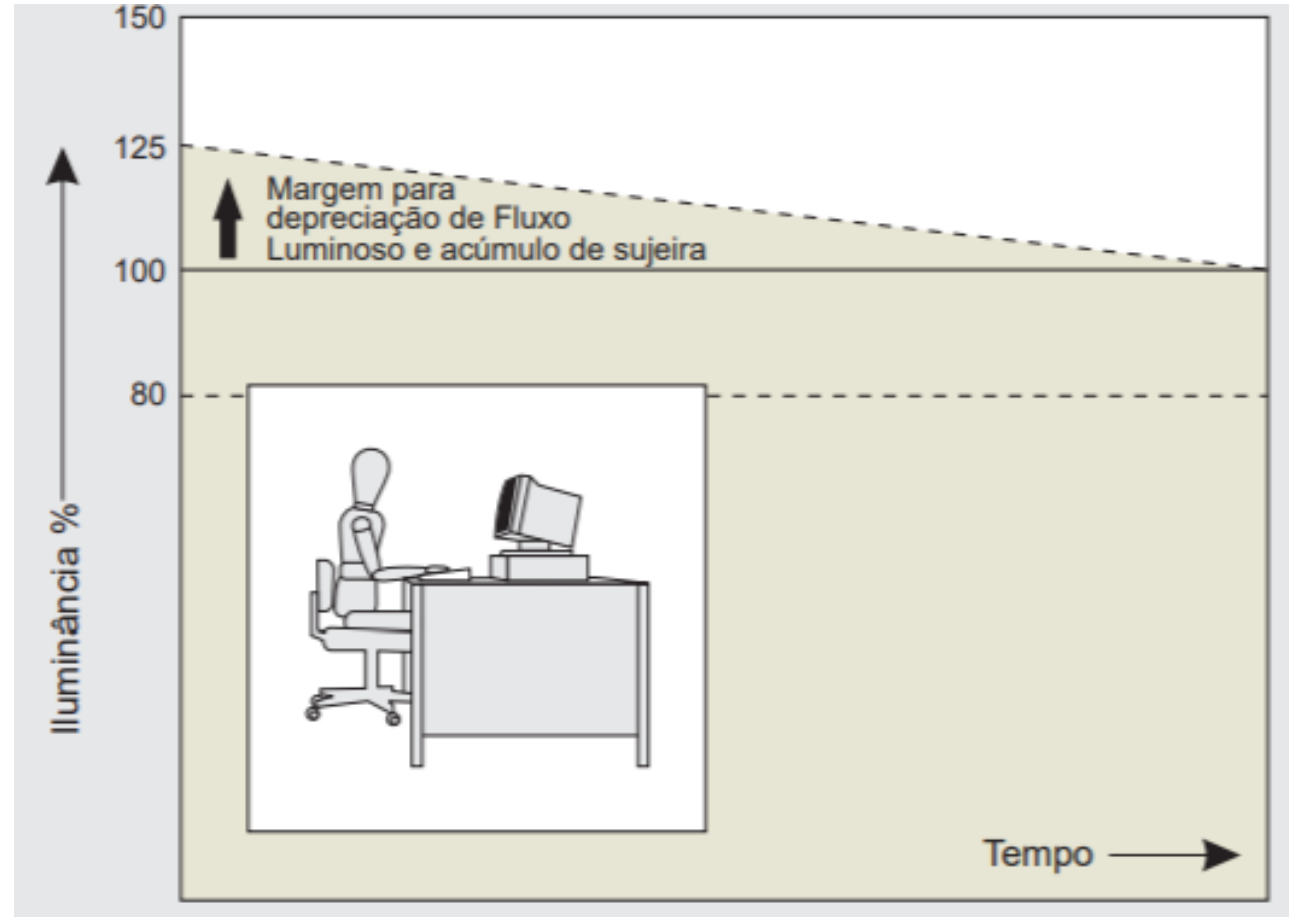
$d = 0,75$

Luminária		Teto	75%			50%			
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						
⑫		↑	J	0,29	0,24	0,21	0,28	0,24	0,21
			I	0,35	0,31	0,27	0,34	0,30	0,27
			H	0,39	0,35	0,32	0,38	0,35	0,32
		0	G	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36
		—	F	0,46	0,42	0,39	0,45	0,42	0,39
		55	E	0,49	0,46	0,43	0,48	0,46	0,43
			D	0,51	0,48	0,46	0,50	0,48	0,46
			C	0,52	0,50	0,48	0,52	0,50	0,48
			B	0,54	0,52	0,51	0,54	0,52	0,50
			A	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52

$d = 0,70$

Fonte: Niskier, J. e Macintyre A. “Instalações elétricas”. 7ed. Editora LTC. 2021.

Fator de depreciação



Fonte: Osram. Manual Luminotécnico Prático.

Fator de depreciação


- ❑ O fluxo emitido por um aparelho de iluminação decresce com o uso.

- ❑ Este fato tem três causas:
 - Diminuição do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, ao longo da vida útil.
 - Poeira e a sujeira que se depositam sobre os aparelhos e lâmpadas quando expostas;
 - A diminuição do poder refletor das paredes e do teto, em consequência de seu escurecimento progressivo.

4.3.1 Iluminâncias recomendadas na área de tarefa

Os valores dados na Seção 5 são as iluminâncias mantidas sobre a área da tarefa no plano de referência que pode ser horizontal, vertical ou inclinado. A iluminância média para cada tarefa não pode estar abaixo dos valores dados na Seção 5, independentemente da idade e condições da instalação. Os valores são válidos para uma condição visual normal e são levados em conta os seguintes fatores:

Fator de depreciação

Luminária		Teto	75%			50%			
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Fator de depreciação	Tipo	Índice do local	Coeficientes de utilização						
⑪		↑	J	0,27	0,23	0,21	0,27	0,23	0,21
			I	0,32	0,29	0,26	0,32	0,28	0,26
			H	0,36	0,33	0,30	0,35	0,32	0,30
		0	G	0,39	0,36	0,34	0,38	0,36	0,34
		—	F	0,42	0,39	0,37	0,41	0,38	0,36
		50	E	0,44	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40
			D	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42
			C	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45	0,44
			B	0,49	0,48	0,46	0,48	0,47	0,46
			A	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47

GE

$d = 0,75$

Philips

AMBIENTE	PERÍODO DE MANUTENÇÃO		
	2.500 hs	5.000 hs	7500 hs
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Exemplo

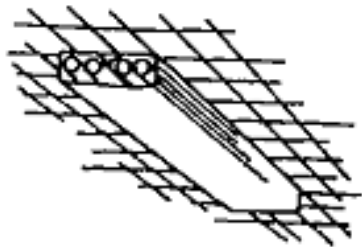
- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 1 → determinar a iluminância recomendada por norma.

22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	

Exemplo

- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 2 → Escolher Lâmpada e luminária

Lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W (2700 lúmens), IRC 85 e uma luminária simples para 4 lâmpadas com difusor plástico.

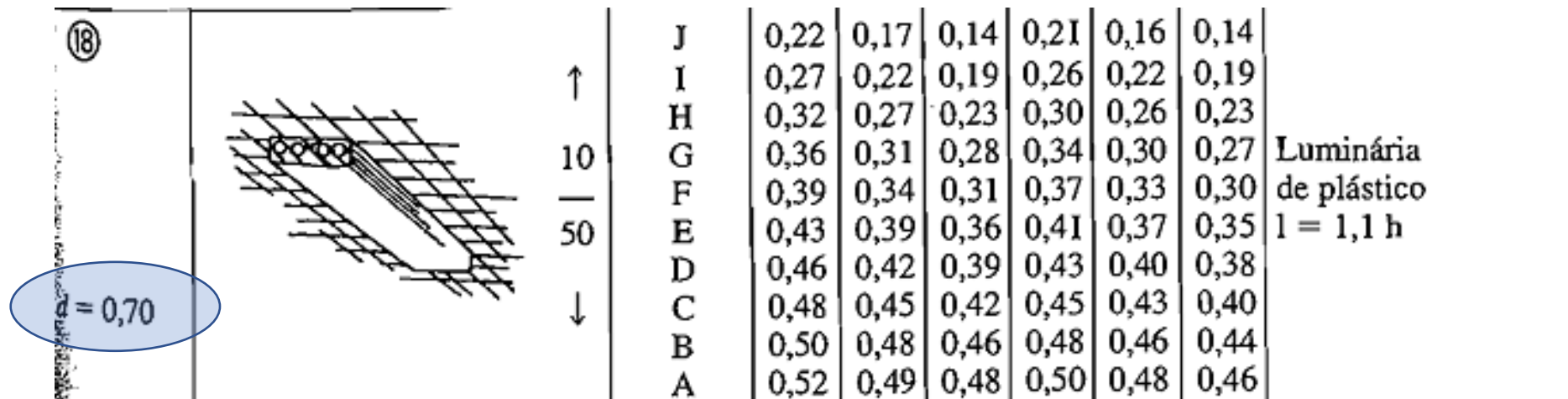


Exemplo

□ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.

✓ Passo 3 → Fator de depreciação

Lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W (2700 lúmens) e uma luminária simples para 4 lâmpadas com difusor plástico.



Exemplo

- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 4 → Índice de local

Altura do teto em metros												
Para iluminação indireta e semi-indireta		2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30		
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
		2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30		
Distância do chão ao foco luminoso em metros												
Para iluminação direta e semidireta		2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local										
	9,00-13,00	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J	
	13,00-18,30	C	C	D	D	F	F	H	H	I	J	
9,00 (8,25-10,00)	18,30-27,50	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J	J
	27,50-43,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	43,00-55,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	55,00 ou mais	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J

Exemplo

- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 5 → Refletâncias

Teto branco – 75 %;

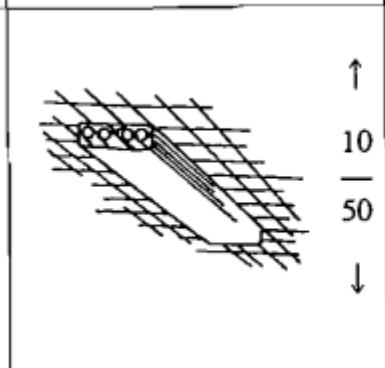
Paredes claras – 30 %.

Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes medianamente claras	10%

Exemplo

❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.

✓ Passo 6 → Fator de utilização



	Teto	75%			50%			Descrição
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Índice do local	Coeficientes de utilização							
	J	0,22	0,17	0,14	0,21	0,16	0,14	Luminária de plástico l = 1,1 h
	I	0,27	0,22	0,19	0,26	0,22	0,19	
	H	0,32	0,27	0,23	0,30	0,26	0,23	
↑	G	0,36	0,31	0,28	0,34	0,30	0,27	
10	F	0,39	0,34	0,31	0,37	0,33	0,30	
—	E	0,43	0,39	0,36	0,41	0,37	0,35	
50	D	0,46	0,42	0,39	0,43	0,40	0,38	
↓	C	0,48	0,45	0,42	0,45	0,43	0,40	
	B	0,50	0,48	0,46	0,48	0,46	0,44	
	A	0,52	0,49	0,48	0,50	0,48	0,46	

Exemplo

- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 7 → Cálculo do fluxo luminoso total

$$\varphi = \frac{500 \times 14 \times 9}{0,42 \times 0,70} = 214286 \text{ lm}$$

Exemplo

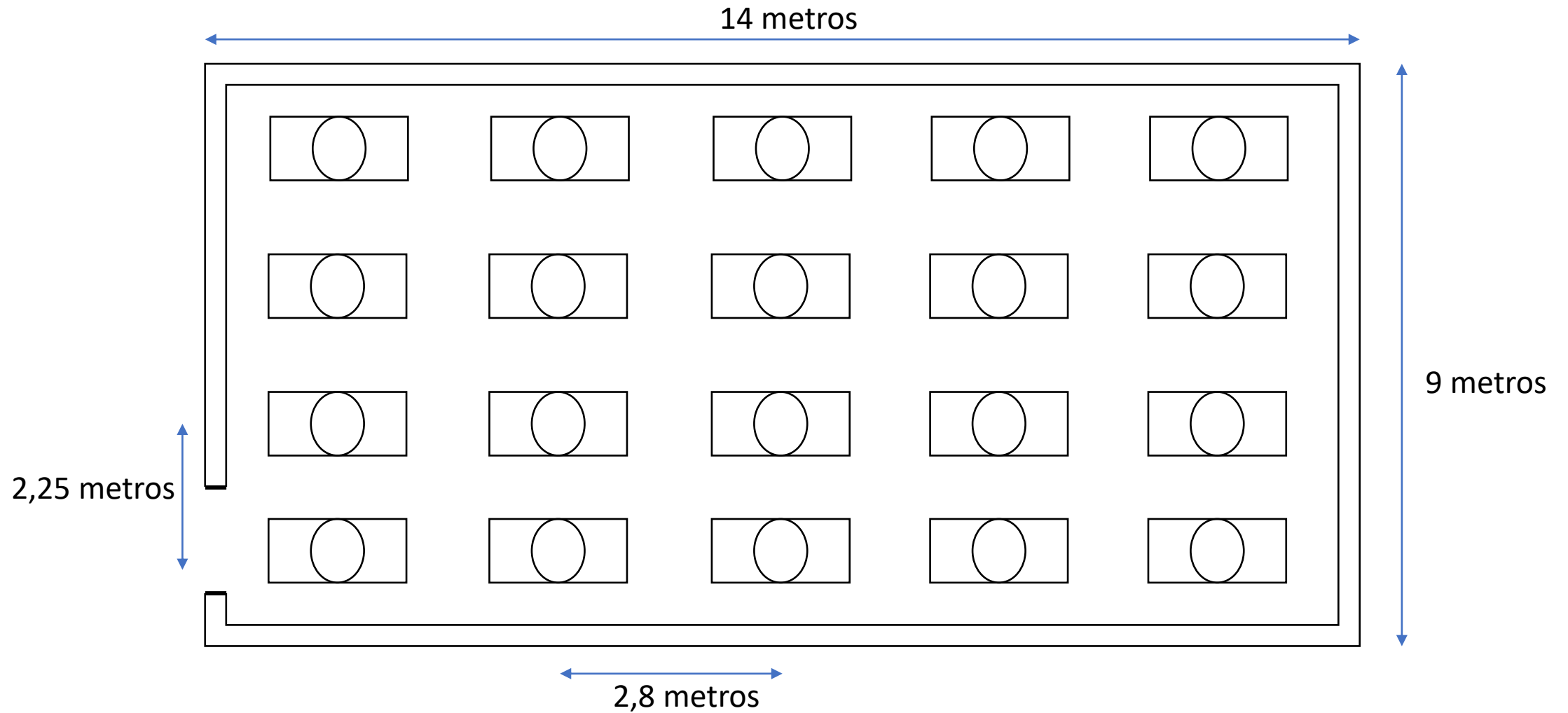
- ❑ Projetar a iluminação de uma sala de escritório de trabalho comum, com 14 m de comprimento por 9 m de largura e 3,10 m de pé-direito. O teto é branco e as paredes são pintadas de cor creme.
- ✓ Passo 8 → Cálculo do número de lâmpadas

$$N = \left\lceil \frac{\varphi}{\varphi_l} \right\rceil = \left\lceil \frac{214286}{4 \times 2700} \right\rceil = 20 \text{ luminárias}$$

Disposição luminárias

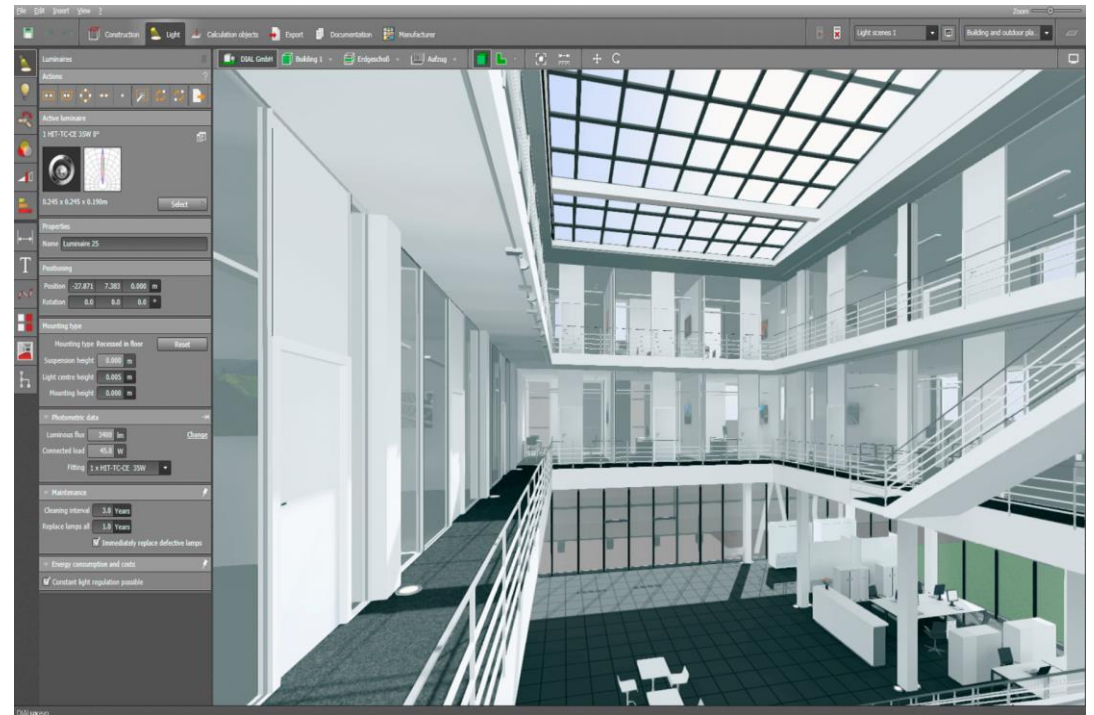
- ❑ Dispostas uniformemente na dependência;
- ❑ Uma regra prática é que a distância da luminária a parede pode ser definida como a metade da distância entre luminárias;
- ❑ Uma distribuição possível seria 5 ao longo do comprimento e 4 ao longo da largura.

Disposição luminárias



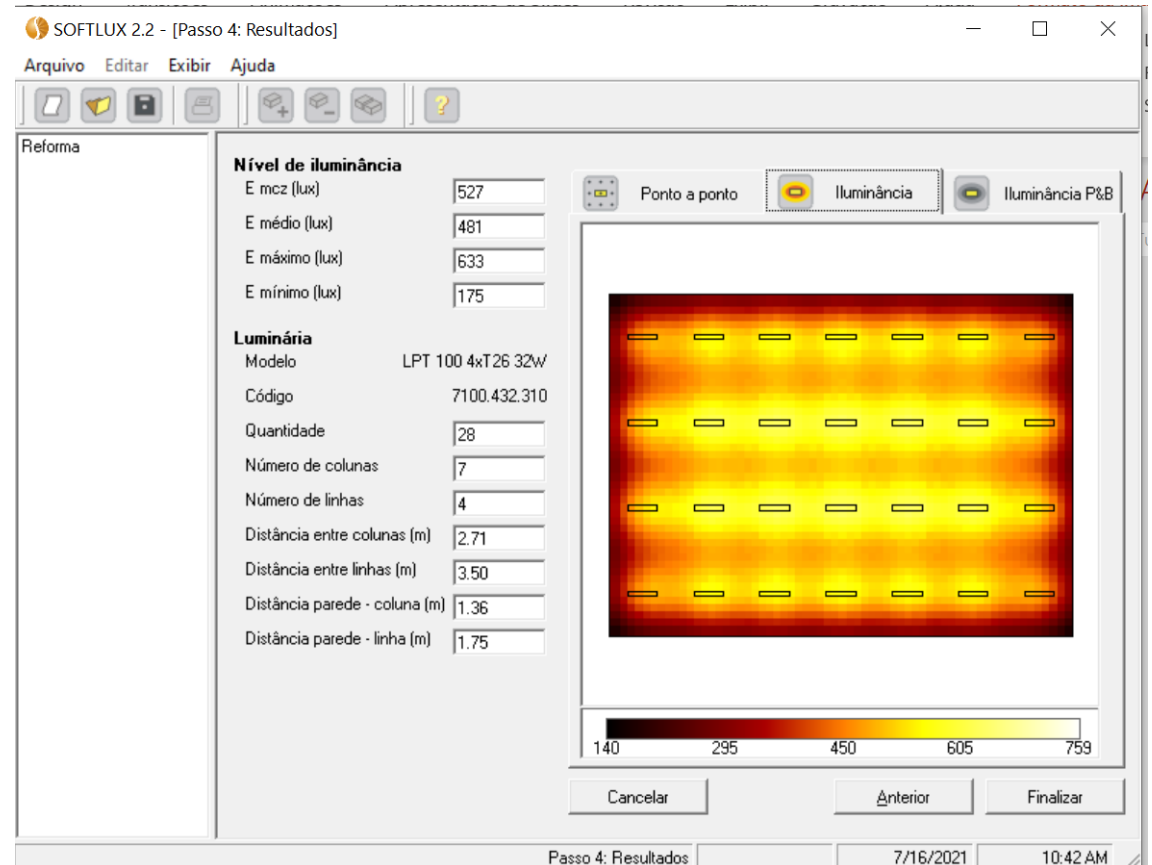
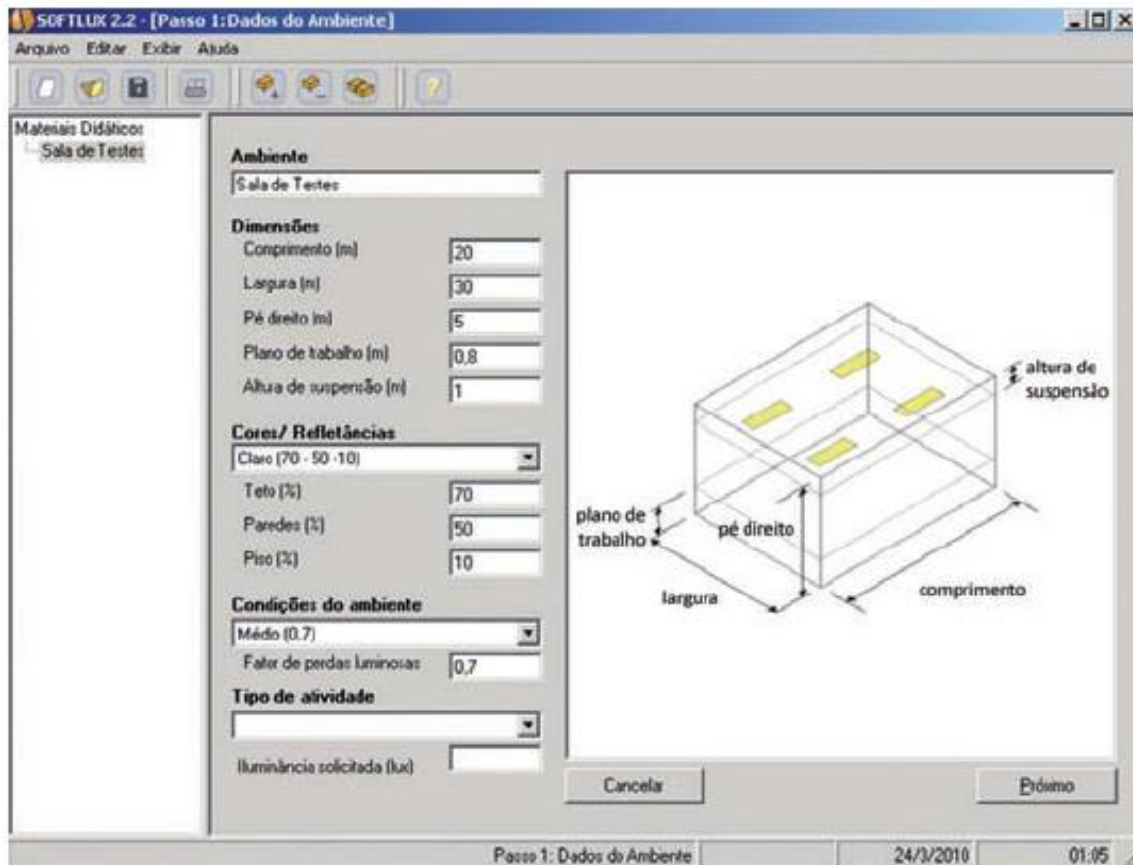
Softwares – Cálculo luminotécnico

□ Dialux: <https://www.dial.de/en/dialux/>



Softwares – Cálculo luminotécnico

☐ Softlux 2.2: <http://www.itaimiluminacao.com.br>;



Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



EStimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“EStimate”