



LUMINOTÉCNICA E LÂMPADAS ELÉTRICAS



- OBJETIVOS:

1) LUMINOTÉCNICA

- CONCEITOS BÁSICOS DE FOTOMETRIA E DA AÇÃO DA LUZ SOBRE O OLHO
- PRINCIPAIS GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS
- PROJETO DE ILUMINAÇÃO

2) LÂMPADAS

- LÂMPADAS INCANDESCENTES
- LÂMPADAS À DESCARGA

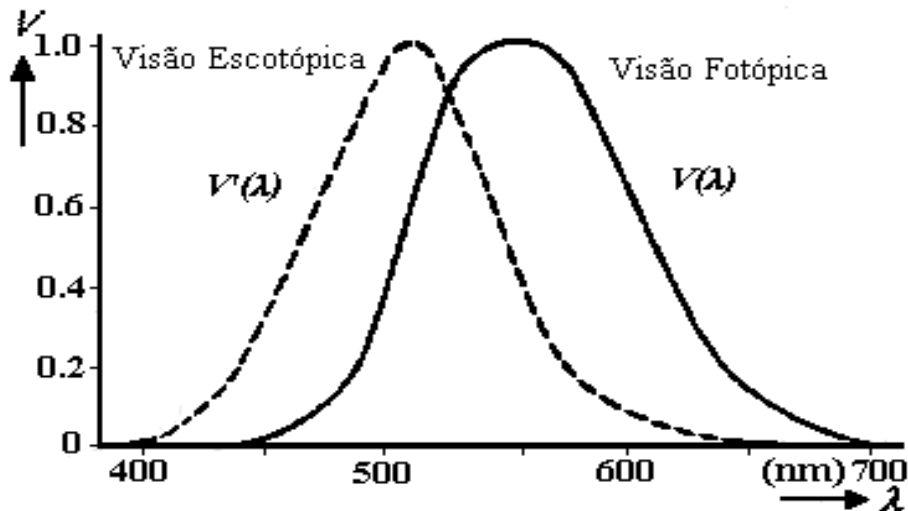


1) CONCEITOS BÁSICOS DE FOTOMETRIA E DA AÇÃO DA LUZ SOBRE O OLHO

LUZ ==> Radiação eletromagnética que produz uma sensação de claridade.

LÂMPADAS ELÉTRICAS ==> Transformam energia elétrica em luminosa.

CURVA DE SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO



visão Escotópica = noturna

visão Fotópica = diurna



Radiações Eletromagnéticas

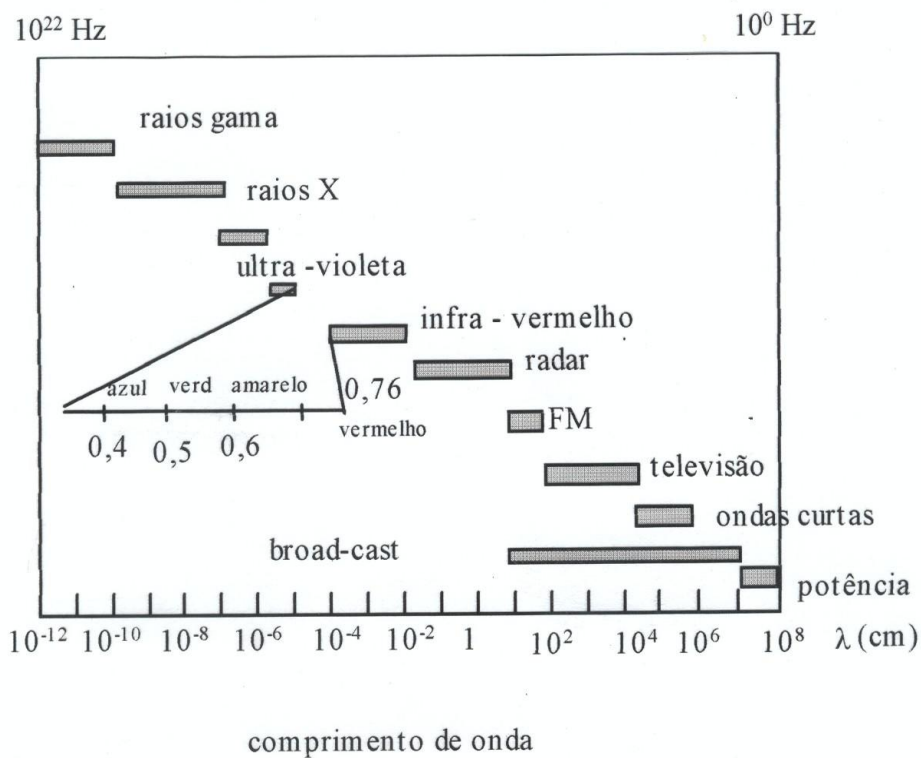
- Equação da Propagação

$$c = f \cdot \lambda$$

c - Velocidade de Propagação

f - Frequência da Radiação

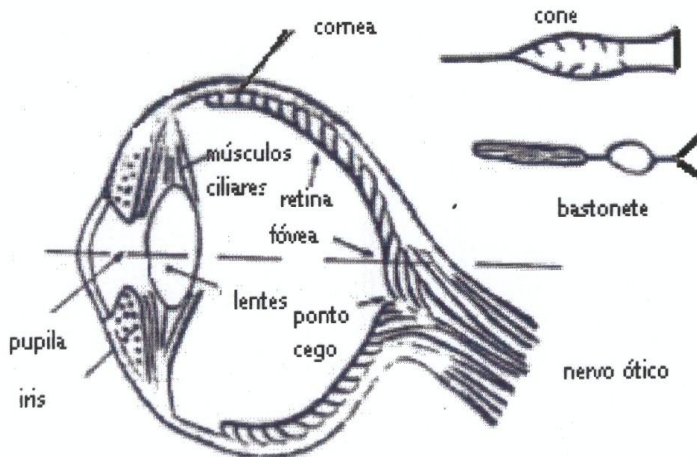
λ - Comprimento de Onda da Radiação





3

Olho Humano



Fóvea - Grande concentração de cones
(sensíveis à cor)

Bastonete - distribuem-se pela retina (insensíveis à cor). Vários para cada terminação nervosa

Íris - Controla intensidade de luz que incide na retina ("Adaptação")



5

Definições

- Luz Emitida

$J_E(\lambda)$ - Energia irradiada com comprimento de onda

$J_E(\lambda) d\lambda$ - Energia total $\lambda \rightarrow \lambda + \Delta\lambda$

$$Q_E = \int_0^{+\infty} J_E(\lambda) d\lambda$$

Q_E - Energia irradiada

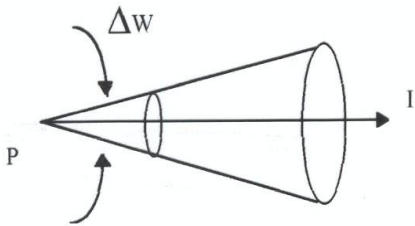


6

Fluxo Luminoso - (Φ)

$$\Phi = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Intensidade Luminosa de fonte puntiforme



$$I = \frac{d\Phi}{dw} = \lim_{\Delta w \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta w}$$

Densidade superficial de fluxo

- Iluminação (luz recebida)



$$E = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta s} = \frac{d\Phi}{ds}$$

- Emitância (luz emitida)

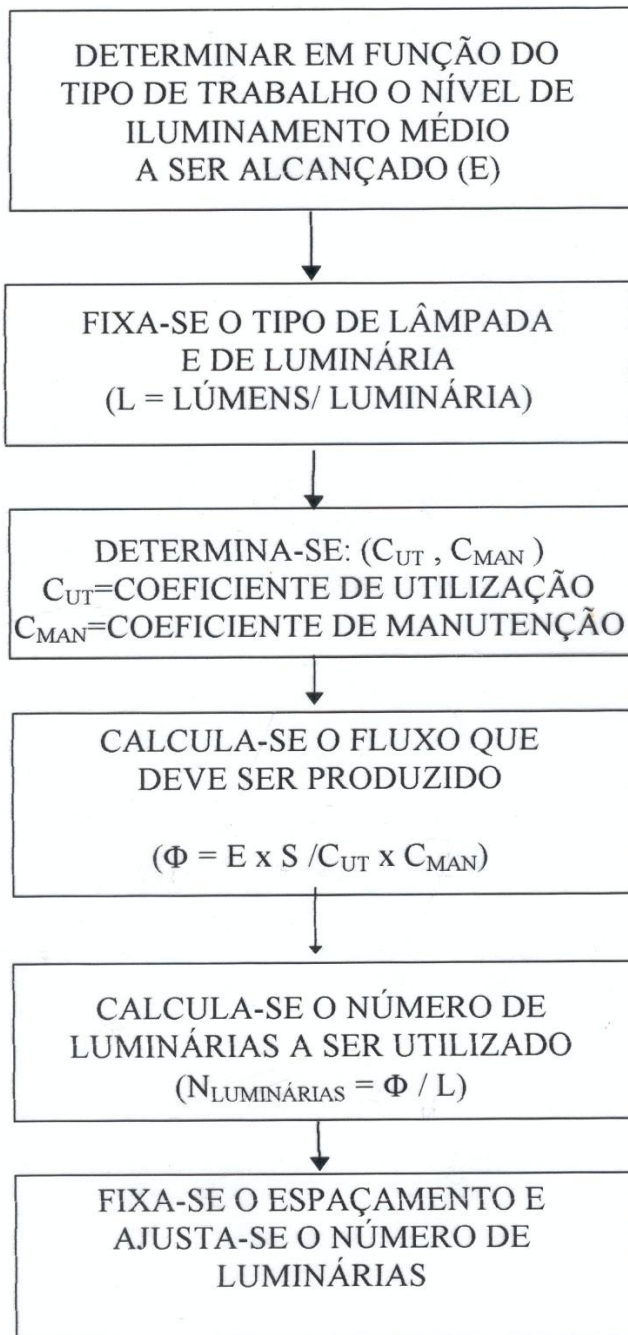
$\Delta\Phi$

$$H = \lim \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{d\Phi}{dt}$$



14

CÁLCULO DE ILUMINAMENTO (MÉTODO DOS LÚMENS)





15

TIPOS DE LUMINÁRIAS

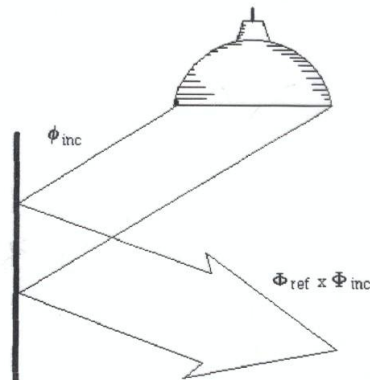
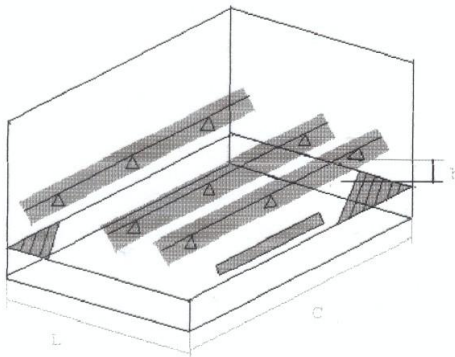
DIRETA	SEMI-DIRETA	DIFUSA	SEMI-INDIRETA	INDIRETA
100% a 90%	90% a 60%	60% a 40%	40% a 10%	10% a 0%



COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO

-ÍNDICE DE LOCAL

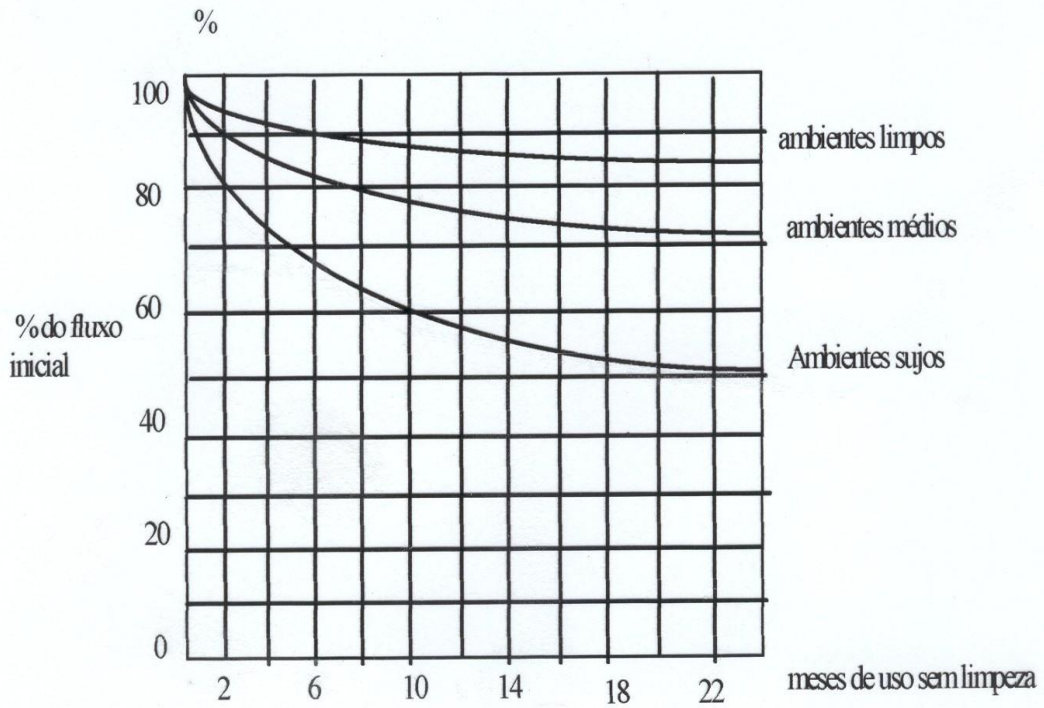
$$K = \frac{C \times L}{H \times (C + L)}$$





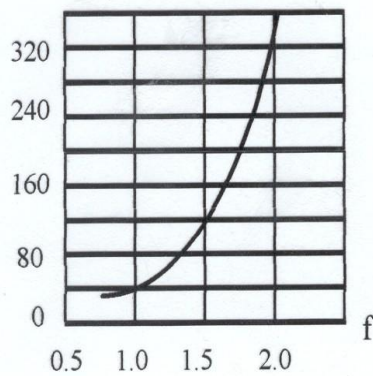
16

COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO



DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

ABERTURA DO FACHO (°)



$f = \frac{\text{distância entre luminárias}}{\text{altura útil}}$



16-A

Faixa	Iluminância (Lux)	Tipo de Atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20	Áreas públicas com arredores escuros
	30	
	50	
	50	Orientação simples para permanência curta
	75	
	100	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
	100	
150		
	200	
B Iluminação geral para área de trabalho	200	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinária, auditórios
	300	
	500	
	500	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinária, escritórios
	750	
	1000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
	1000	
1500		
	2000	
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	3000	
	5000	
	5000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica
	7500	
	10000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia
	10000	
15000		
	20000	

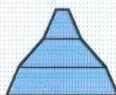


FATOR DE REFLEXÃO



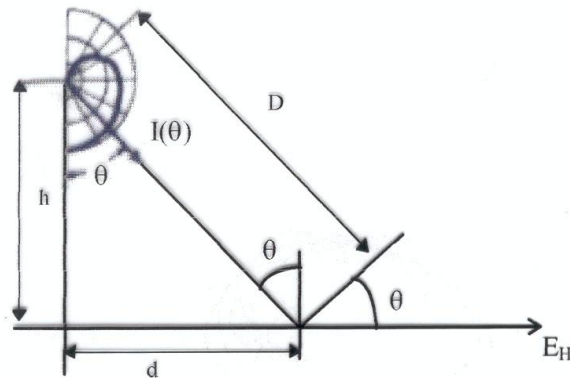
<i>COR</i>	<i>TETO</i>	<i>PAREDE</i>
<i>BRANCA</i>	70 %	50 %
<i>CLARA</i>	50 %	30 %
<i>MÉDIA</i>	30 %	10 %

COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO

LUMINARIA	TETO (%)	70		
	PAREDE (%)	50	30	10
	K	FATOR UTILIZAÇÃO		
 DIRETA TIPOS DE LÂMPADAS: -INCANDESCENTE -VAPOR HG ALTA PRESSÃO -MISTA	0.5	0.27	0.22	0.18
	1.0	0.31	0.26	0.22
	1.5	0.52	0.47	0.44
	2.0	0.57	0.53	0.50
	2.5	0.61	0.58	0.55
	3.0	0.63	0.61	0.58
	4.0	0.67	0.65	0.63
	5.0	0.69	0.68	0.66
	10.0	0.71	0.71	0.70



MÉTODO PONTO A PONTO



$$E_P = \frac{I(\theta)}{D^2} \cdot \cos \theta$$

$$h = D \cdot \cos \theta$$

$$d = D \cdot \sin \theta$$

$$E_{PH} = \frac{I(\theta)}{h^2} \cdot \cos^3 \theta$$

$$E_{PV} = \frac{I(\theta)}{D^2} \cdot \sin^3 \theta$$

$$E_{PH} = \sum_{I=1}^N E_{PHI}$$

$$E_{PV} = \sum_{I=1}^N E_{PVI}$$

N - número de luminárias



19

Exemplo de Projeto

Garagem

C=50m L=30m
H=3.6m(pé direito)

Teto e paredes brancos - Altura do plano de trabalho 0.8m

a)Nível de iluminância fixado em:

E=80 lux

b)Luminária e tipo de lâmpada

**Iluminação Direta
luminária para 1 lâmpada
fluorescente de 40W**



20

c) Determinação do coeficiente de utilização :

· índice do local:

$$K = \frac{C \times L}{h \times (C + L)} = \frac{50 \times 30}{28(50 + 30)} \cong 67$$

· fatores de reflexão: teto - 70%
paredes - 30%

· coeficiente de utilização:

$$\mu = 0.77$$

d) Determinação do coeficiente de manutenção :

· ambiente limpo
· manutenção a cada 12 meses

$$\underline{d = 0.9}$$



21

e) Cálculo do fluxo luminoso total

$$\phi_{total} = \frac{E \times S}{\mu \times d} = \frac{80 \times 1500}{0.77 \times 0.9} = 173160 \text{ lm}$$

f) Cálculo do número de luminárias

- lâmpada fluorescente 40W luz do dia
catálogo do fabricante
- ϕ lamp = 2550 lm
- ϕ lumin = 2550 lm
- luminária 1x40W
- número de luminárias

$$N = \frac{\phi_{total}}{\phi_{lu \text{ min}}} = \frac{173160}{2550} = 68$$

68 lâmpadas**ajuste estético: 72 (6x12) lâmpadas**



Verificação pelo método ponto a ponto

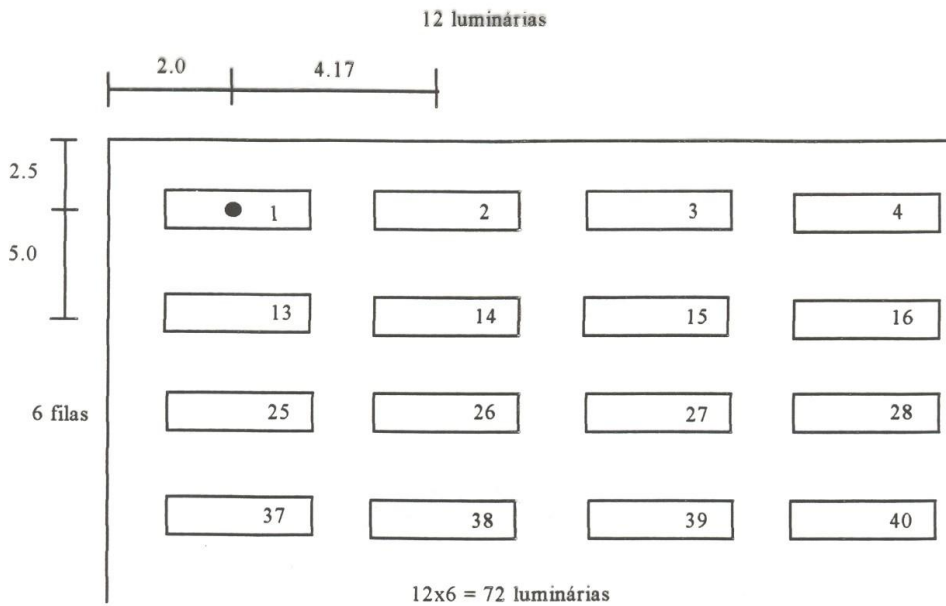
- **Verificar a uniformidade da iluminação determinando-se a iluminância em alguns pontos**
- **Considerar as luminárias que apresentam contribuição significativa no ponto**

a) Contribuição da luminária instalada sobre o ponto A

$$E_{p1} = \frac{I(\theta)}{h^2} \cdot \cos^3 \theta$$

$$\theta = 0 \Rightarrow I(0) = 220cd$$

$$E_{p1} = \left[\frac{220}{(2.8)^2} \cdot \cos^3 0 \right] \cdot \left[\frac{2550}{1000} \right] = 71.6lux$$



b) Contribuição das luminárias posicionadas no sentido longitudinal do ambiente

$$E_{p2} = \left[\frac{100}{(2.8)^2} \cdot \text{COS}^3 56 \right] \times 2.55 = 5.7 \text{ lux}$$

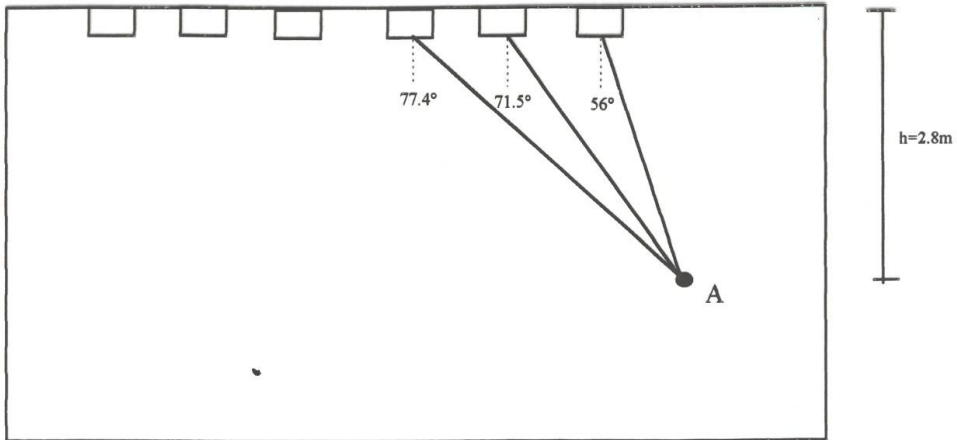
$$E_{p3} = \left[\frac{60}{(2.8)^2} \cdot \text{COS}^3 71.5 \right] \times 2.55 = 0.63 \text{ lux}$$

$$E_{p4} = \left[\frac{40}{(2.8)^2} \cdot \text{COS}^3 77.4 \right] \times 2.55 = 0.13 \text{ lux}$$

Ep5 , Ep6, Ep7 , Ep8 ,...menores que 1lux



24



c) Contribuição das luminárias posicionadas no sentido transversal da garagem.

$$E_{p13} = 3.8 \text{ lux}$$

$$E_{p25} = 0.25 \text{ lux}$$

Demais contribuições desta fileira são desprezíveis.

Contribuição da primeira lâmpada na diagonal:

$$E_{p14} = 1.2 \text{ lux (66 graus)}$$

$$E_{total} = 83 \text{ lux}$$

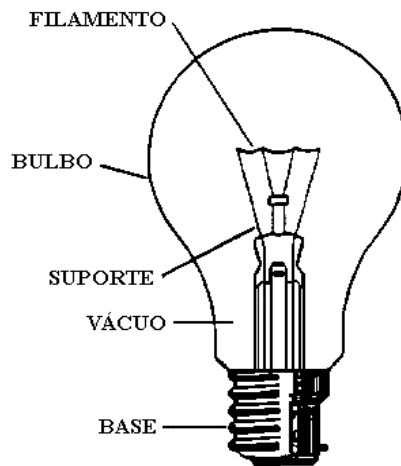


TIPOS DE LÂMPADAS

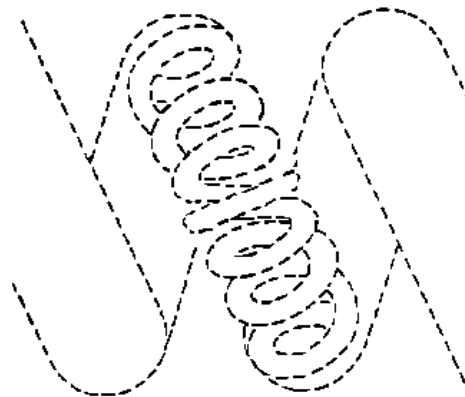
LÂMPADAS INCANDESCENTES

- Emissão de luz por um filamento aquecido (tungstênio).
- O filamento é aquecido ,pela corrente, até que começa a emitir luz no espectro visível.
- A lâmpada possui um bulbo para proteger o filamento.
- Filamento em dupla espiral para aumentar a área radiante.

LÂMPADA INCANDESCENTE CONVENCIONAL



Estrutura interna de uma lâmpada incandescente convencional

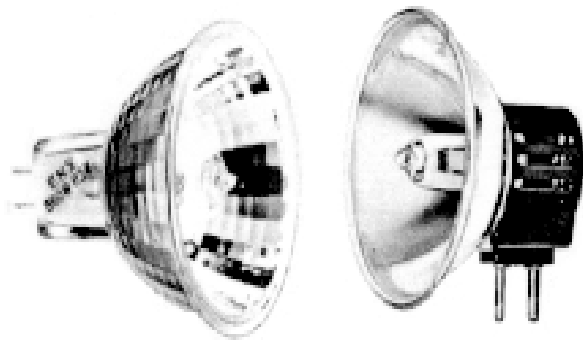


Vista Ampliada do filamento de uma lâmpada incandescente comercial



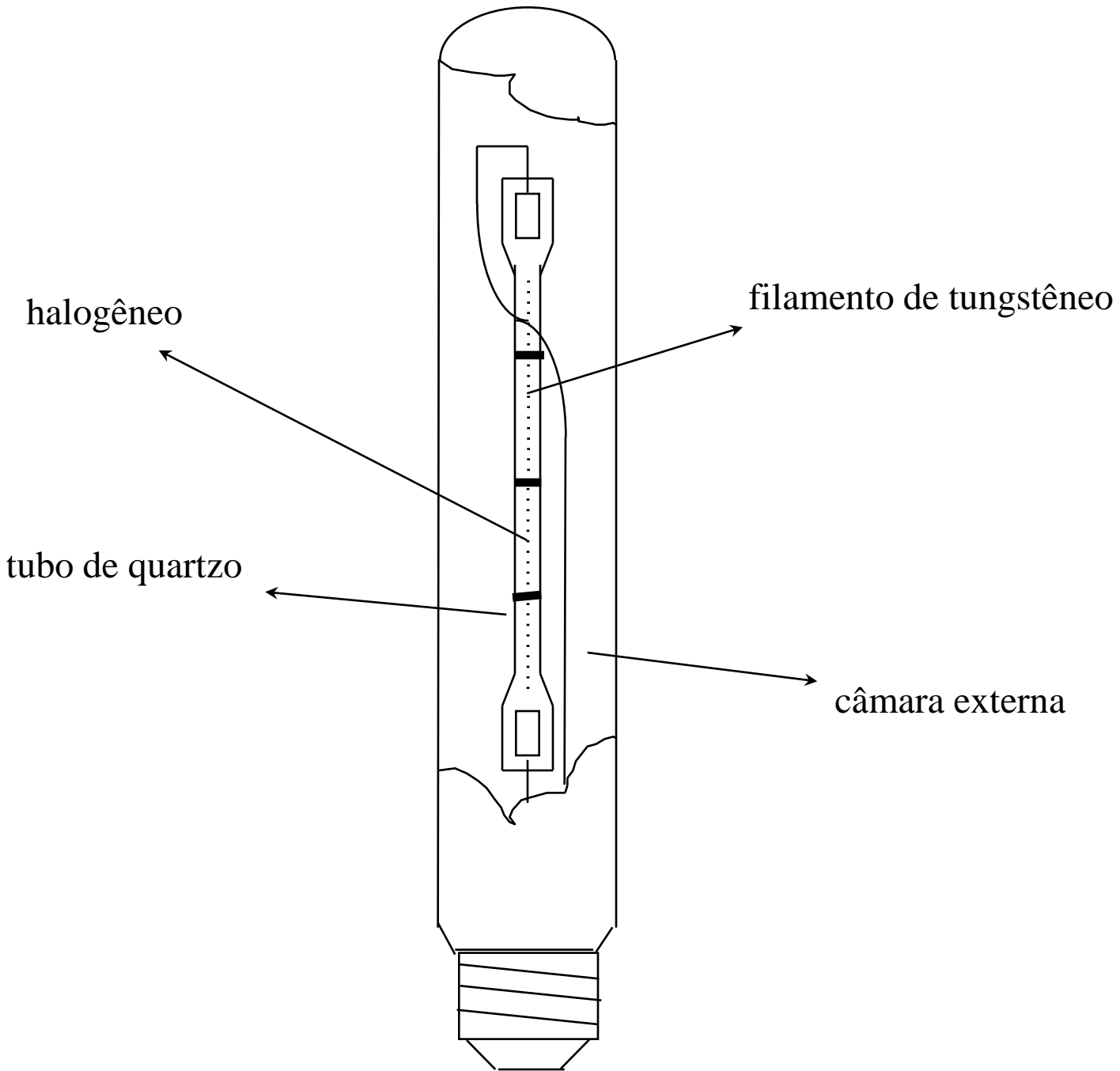
LÂMPADAS INCANDESCENTES HALÓGENAS

É uma lâmpada incandescente à qual se adiciona um elemento halógeno, em geral iodo ou bromo.



Lâmpada incandescente halógena de 50W

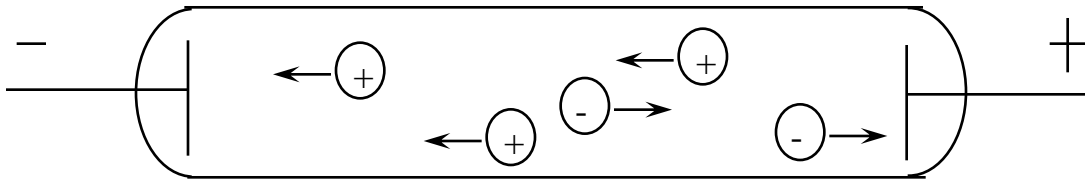
- O elemento halógeno reage com partículas do Tungstênio.
- O bulbo de quartzo não deve ser tocado com a mão para evitar depósito de gordura no vidro e a formação de microfissuras neste.
- A lâmpada incandescente halógena emite mais radiação ultravioleta que as lâmpadas comuns. Portanto deve-se evitar exposições prolongadas de partes sensíveis do corpo à luz direta e concentrada.



ESQUEMA DE LÂMPADA HALÓGENA



LÂMPADAS À DESCARGA



ELÉTRON



ÁTOMO IONIZADO



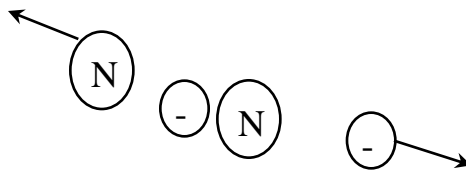
ÁTOMO NEUTRO

E_e - ENERGIA DE PRIMEIRA EXCITAÇÃO

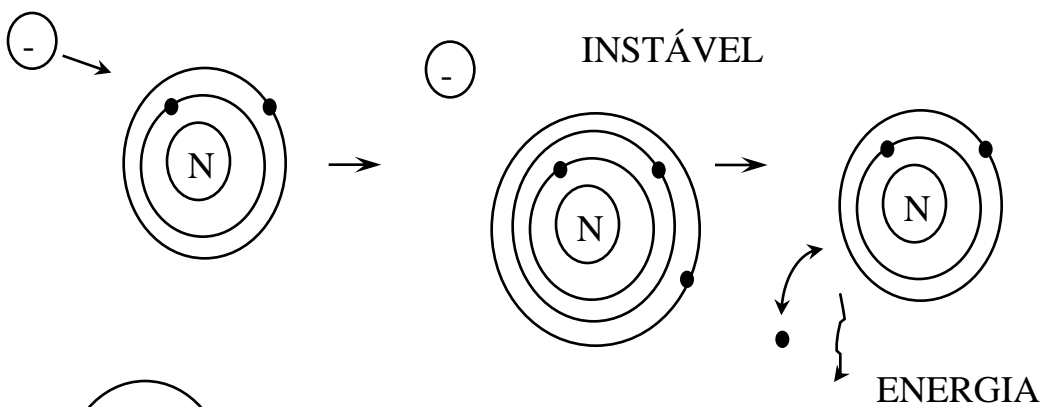
E_i - ENERGIA DE IONIZAÇÃO

PROCESSO

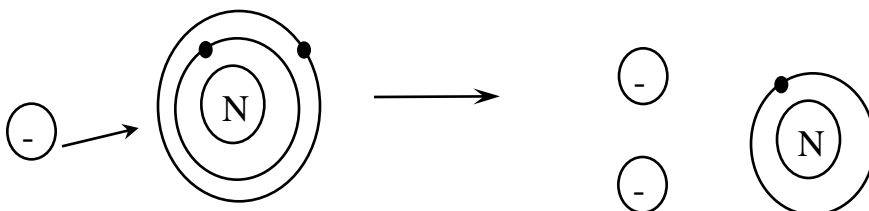
$E < E_e$



$E_e < E < E_i$

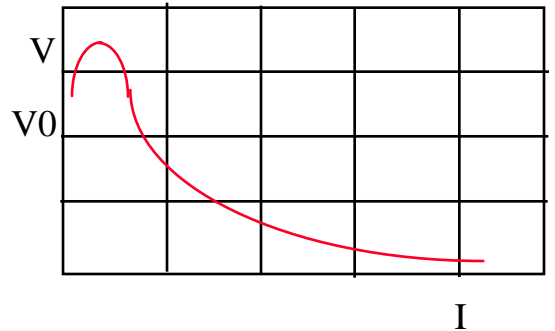
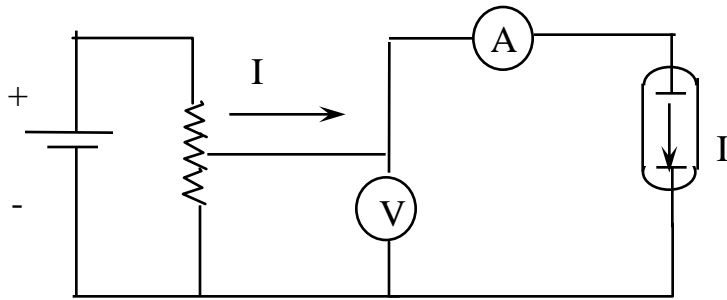


$E > E_i$



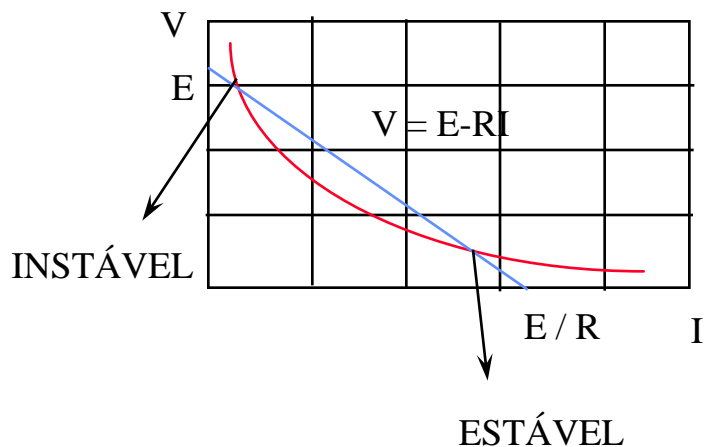
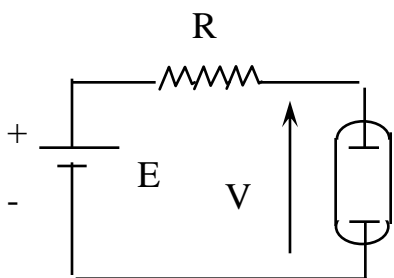
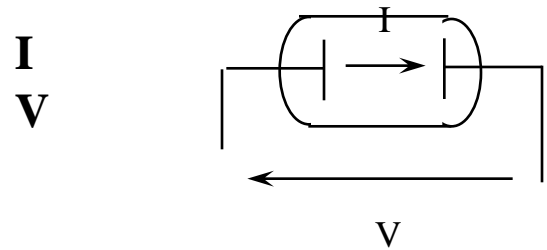


CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DE DESCARGAS EM GASES



DESCARGAS EM GÁS APRESENTAM CARACTERÍSTICA $V = f(I)$ NEGATIVA APÓS O INÍCIO DA CONDUÇÃO

**AUMENTANDO
DIMINUI**

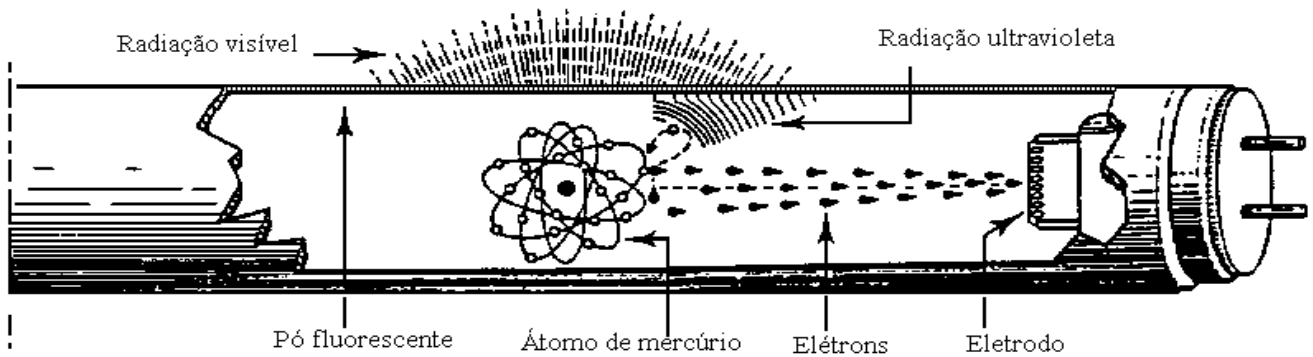




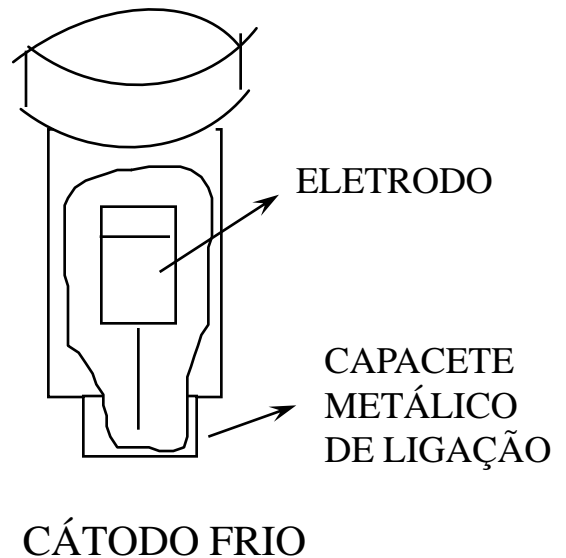
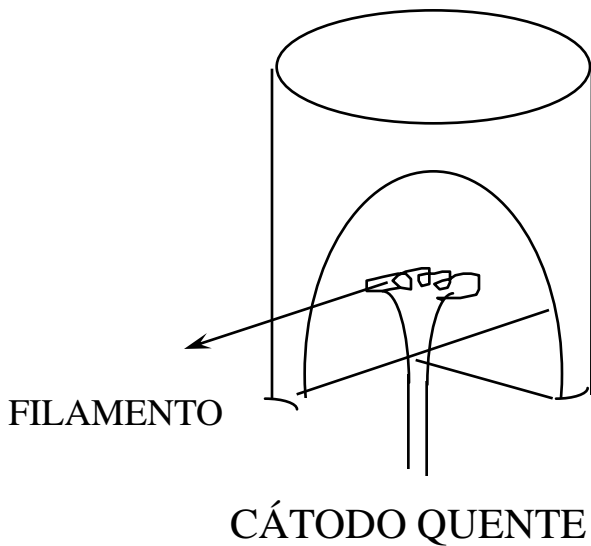
LÂMPADA À DESCARGA DE BAIXA PRESSÃO

- Pressões da ordem de 10^{-3} atm
- Potência de arco de 0.5 a 2 W/cm

Tipo vapor de mercúrio (fluorescente)



Estrutura interna e princípio de funcionamento de uma lâmpada fluorescente tubular

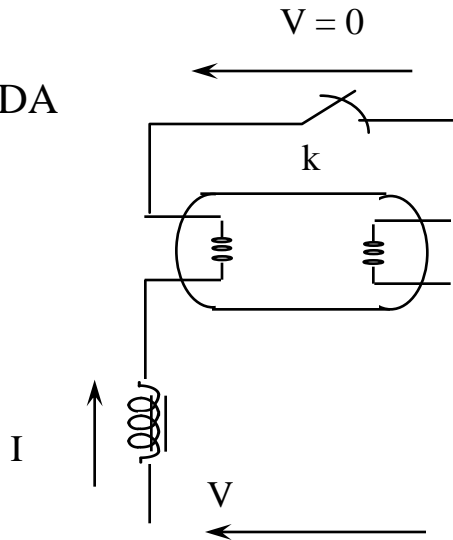




PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO LÂMPADAS FLUORESCENTES - CÁTODO QUENTE

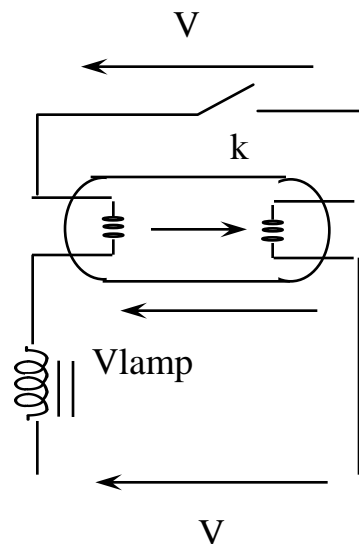
PRIMEIRA FASE : CHAVE K FECHADA

- 1 - CIRCULAÇÃO DE I
- 2 - AQUECIMENTO DO FILAMENTO
- 3 - EMISSÃO DE ELÉTRONS
- 4 - CARGA ESPACIAL
- 5 - NÃO HÁ IGNIÇÃO POIS $V_{lamp} = 0$



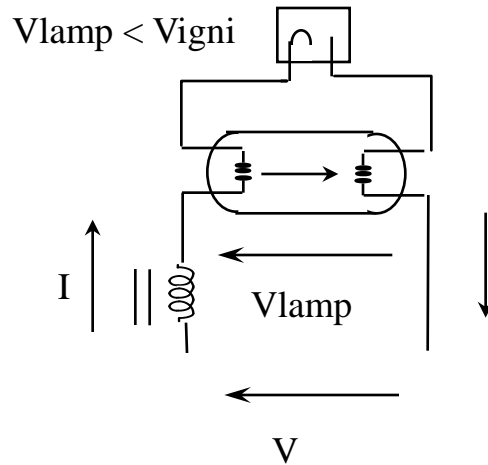
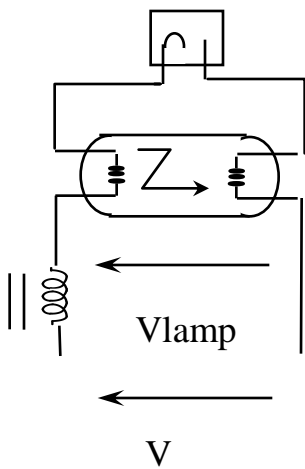
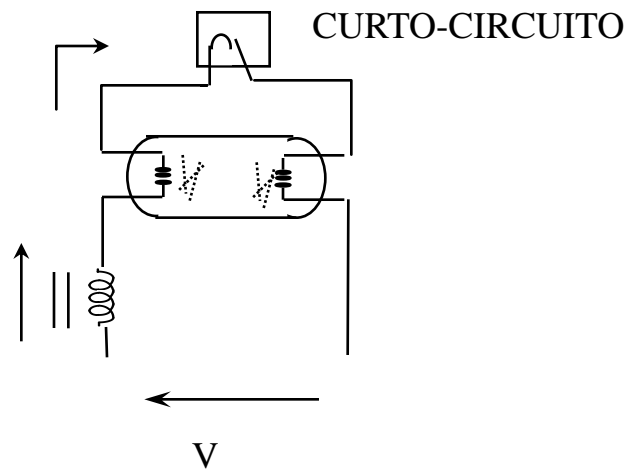
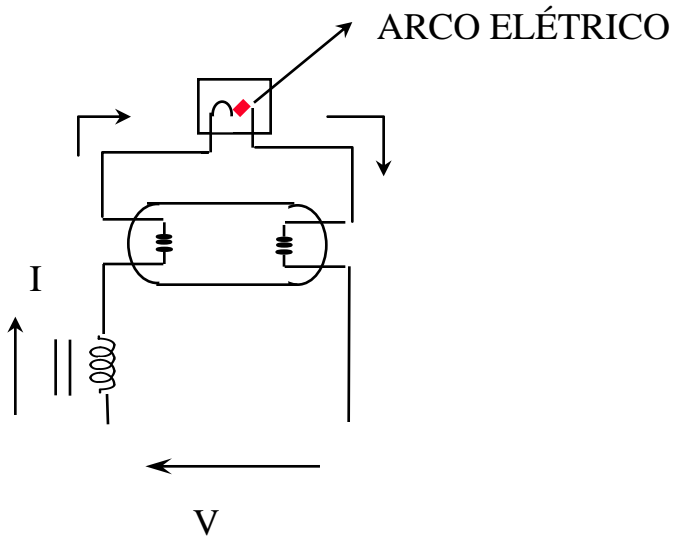
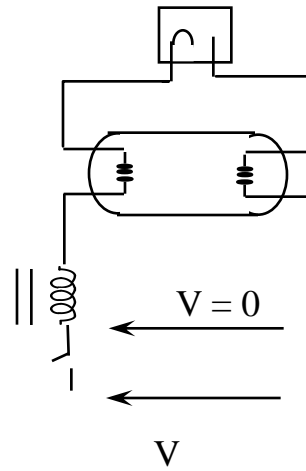
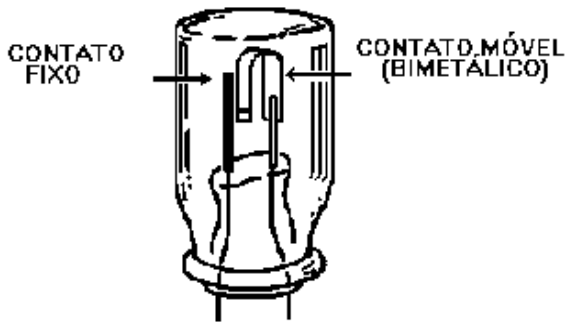
SEGUNDA FASE : CHAVE K ABERTA

- 1 - ENQUANTO $I = 0$, $V_{lamp} = V$
- 2 - PRODUZ IGNIÇÃO
 $V_{lamp} = V - \Delta V_{reator}$



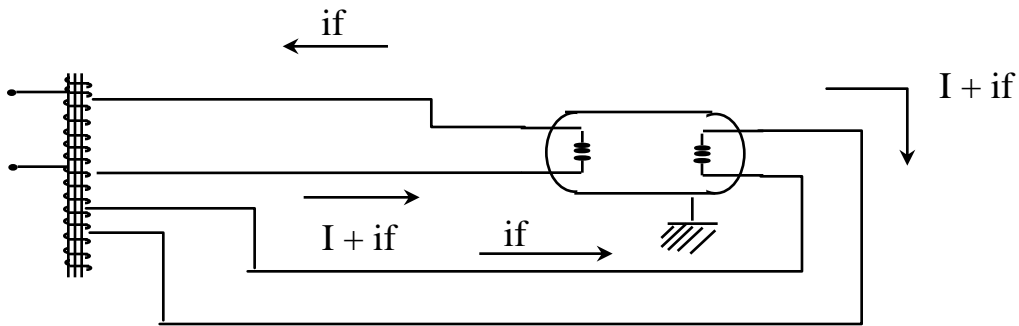


LÂMPADA COM STARTER

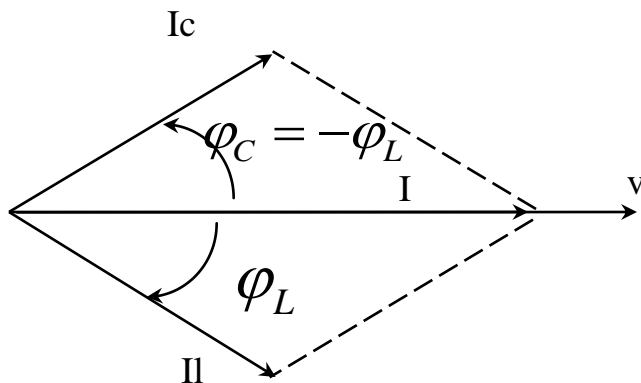
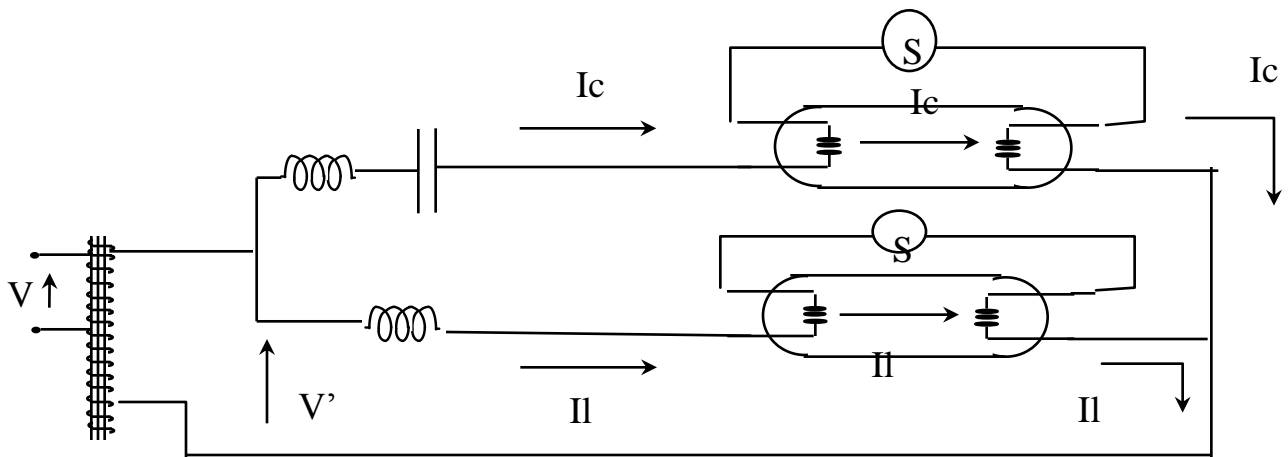




LÂMPADA DE PARTIDA RÁPIDA



MONTAGEM "TWO-LAMPS"





LÂMPADAS FLUORESCENTES

- Revestimento

efeito estroboscópico

Persistência

fluorescência

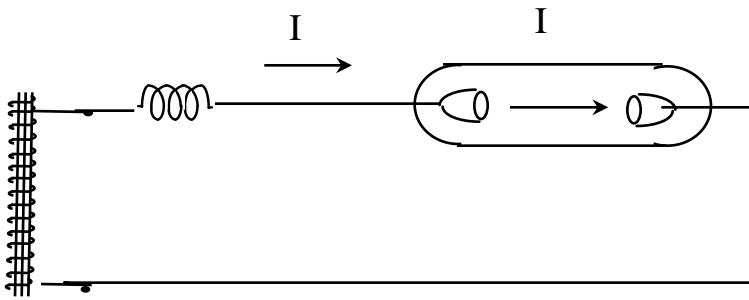
Características

<u>Catodo quente</u>	40W (+10W)	vida = 7500h
Branca	2500lm 50lm/W	Voperação=105V
Luz do dia	2050lm 41lm/W	Viz=200V

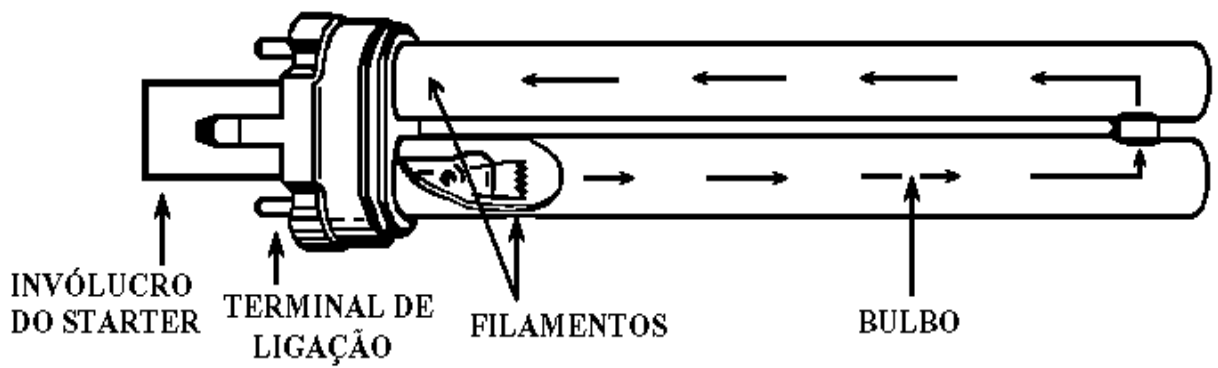
<u>Catodo frio</u>	40W(+6W)	vida = 25000h
Branca	2300lm 52lm/w	Voperação=450V
Luz do dia	2150lm 43lm/W	Viz = 835V



LÂMPADAS DE CATODO FRIO



LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA





Características de algumas lâmpadas fluorescentes e incandescentes

Tipo de Lâmpada	Fluorescente		Incandescente	
	Halofosfato(T12)	Tri-fósforo(T8)		
Potência (W)	40	36	60	100
Fluxo luminoso (lm)	3150	3275	730	1380
Eficácia lum.(lm/W)	78.7	90.9	12	13.8
Vida útil (horas)	8000	8000	1000	1000
Índ. Reprod. Cores	62	82	100	100

Tipo de Lâmpada	Fluorescente compacta				Incandescente			
Potência (W)	7	9	13	18	40	60	75	100
Fluxo luminoso (lm)	400	600	900	1200	430	730	960	1380
Efic. lum. lamp. (lm/W)	57	67	69	67	10.8	12.2	12.8	13.8
Efic.lum.lamp+reat(lm/W)	36	46	60	57	-----	-----	-----	-----
Vida útil (horas)	8000	8000	8000	8000	1000	1000	1000	1000
Índice Reprodução Cor	81	81	81	81	100	100	100	100
Comprimento total (mm)	133	165	188	232	105	105	105	105



REATORES ELETRÔNICOS

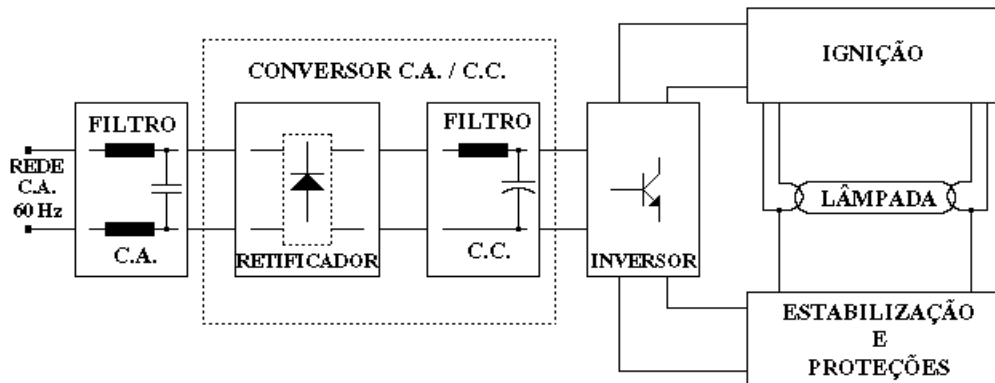


Figura 10 Diagrama de blocos de um reator eletrônico

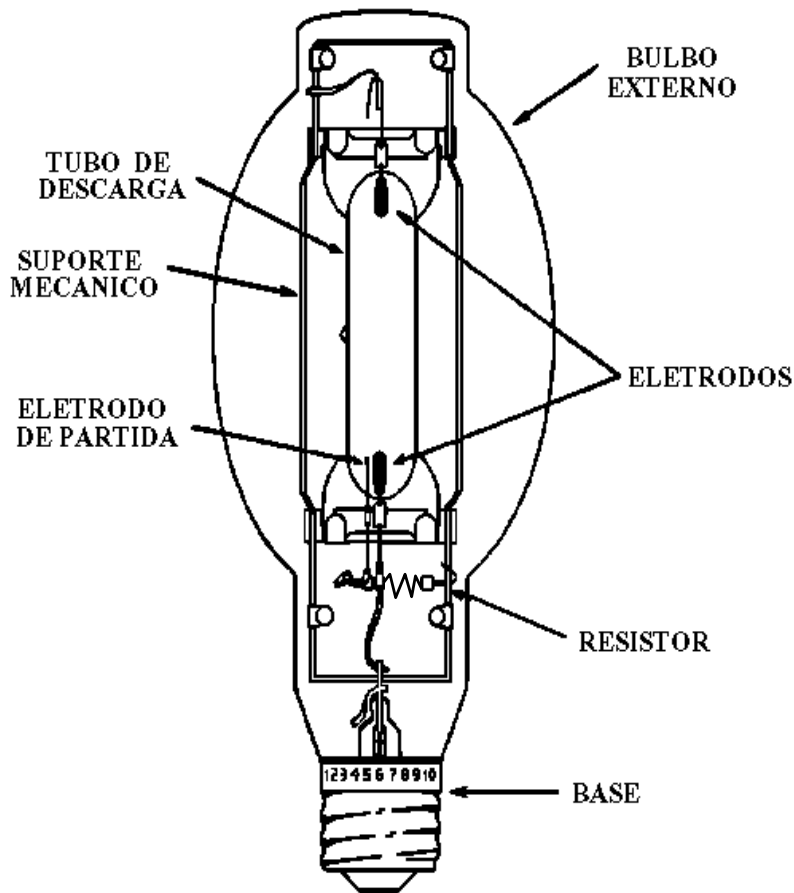
- a) Redução do consumo de energia
- b) Aumento da eficácia luminosa da lâmpada fluorescente tubular
- c) Eliminação do efeito estroboscópico
- d) Fator de potência elevado
- e) Proteções para desligamento do reator em caso de falha
- f) Partida rápida da lâmpada
- g) Redução da carga térmica do sistema de ar condicionado
- h) Redução no peso e dimensões físicas do reator
- i) Alimentação tanto em C.A. com em C.C.
- j) Aumento da vida útil do conjunto reator + lâmpada
- k) Maior custo.



LÂMPADAS À DESCARGA DE ALTA PRESSÃO

(Pressões da ordem de 1 a 10 atm)

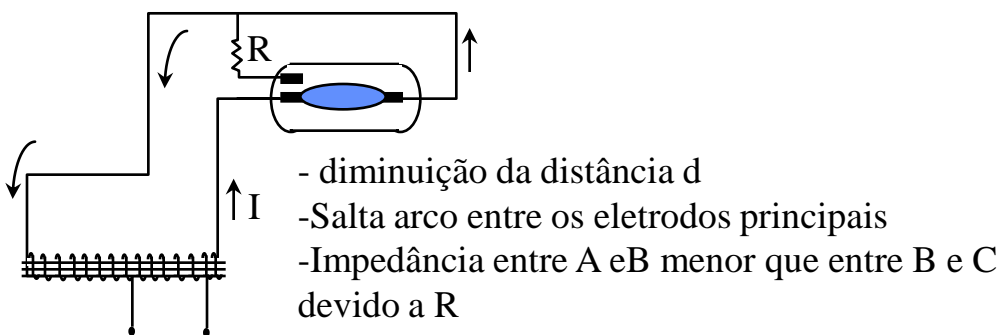
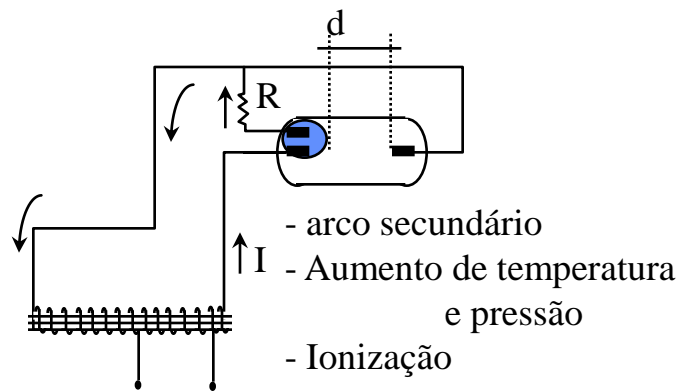
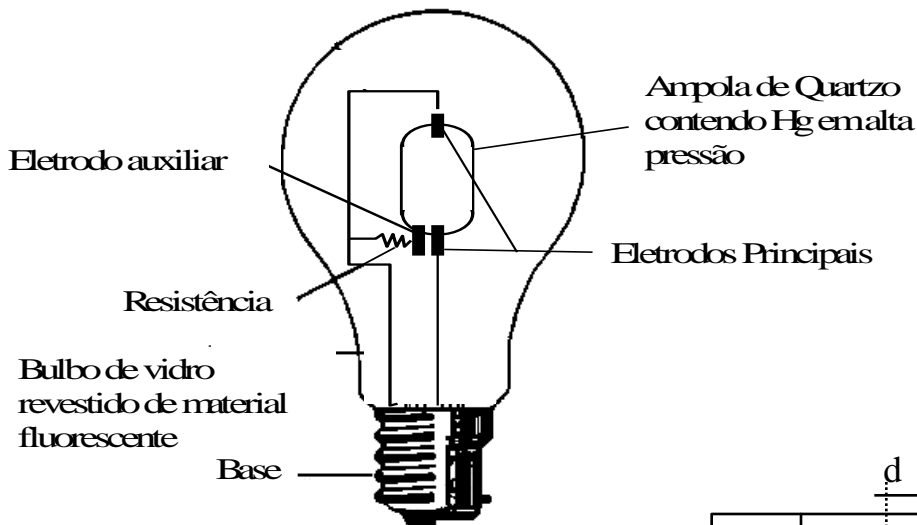
LÂMPADA DE VAPOR DE MERCÚRIO DE ALTA PRESSÃO

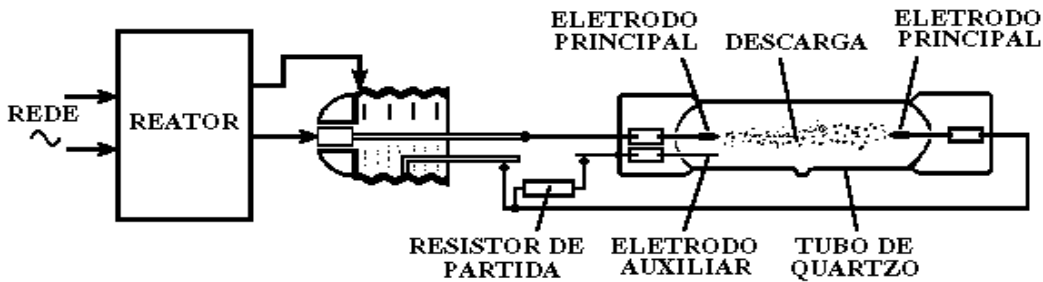


Lâmpada à descarga de mercúrio de alta pressão



LÂMPADAS VAPOR Hg ALTA PRESSÃO





Princípio de funcionamento da lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão

Potência (W)	50	80	125	250	400
Fluxo luminoso (lm)	1800	3700	6300	13000	22000
Eficácia lum(lm/W)	36	46	50	52	55
Vida útil (horas)	16000	16000	16000	16000	16000

Características de alguns modelos de lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão

- Fluxo luminoso e vida útil elevados
- geralmente utilizada para iluminação externa



LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO DE BAIXA PRESSÃO



Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão

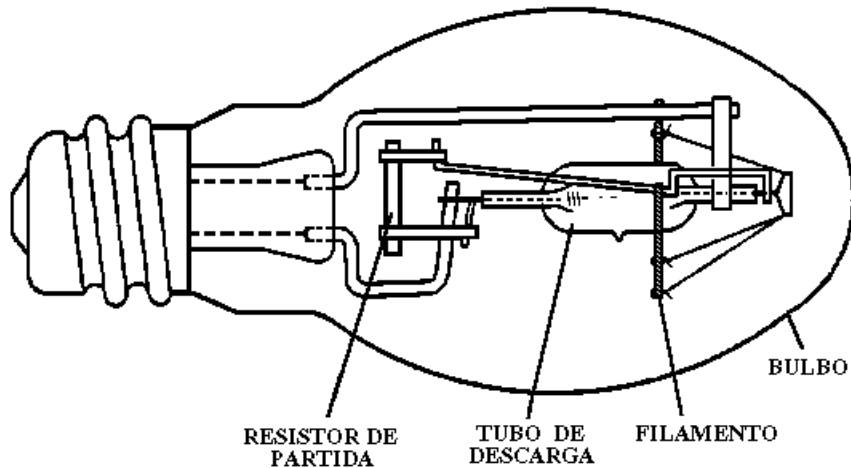
Potência (W)	26	66	91	131
Fluxo luminoso (lm)	3600	10800	17500	26000
Eficácia lum.(lm/W)	138	164	192	198

Características de alguns modelos de lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão



LÂMPADA DE LUZ MISTA

(Dispensa reator, utiliza o próprio filamento incandescente)

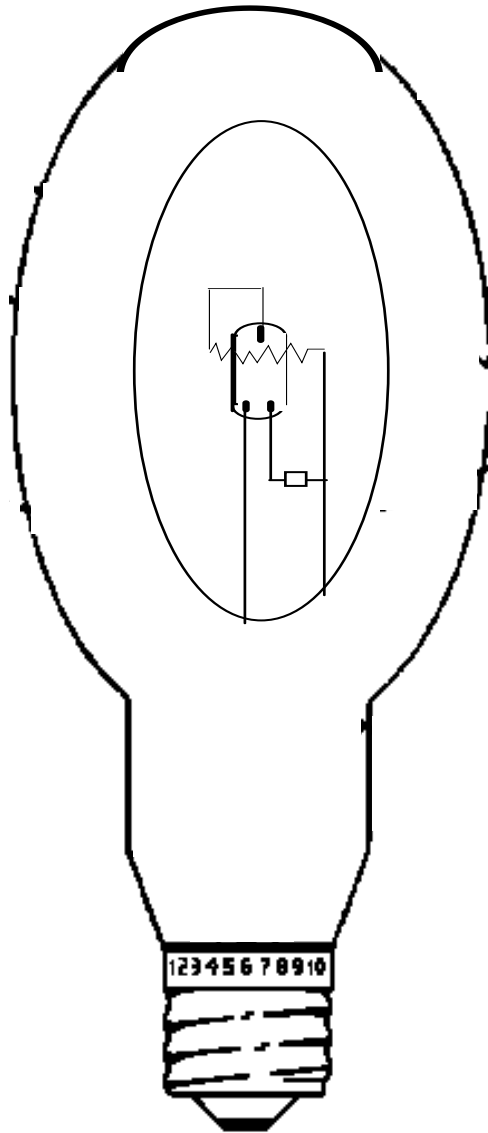


Lâmpada de luz mista

Potência (W)	160	250	500
Fluxo luminoso (lm)	3150	5500	14000
Eficácia lum.(lm/W)	20	22	28

Características de alguns modelos de lâmpadas de luz mista

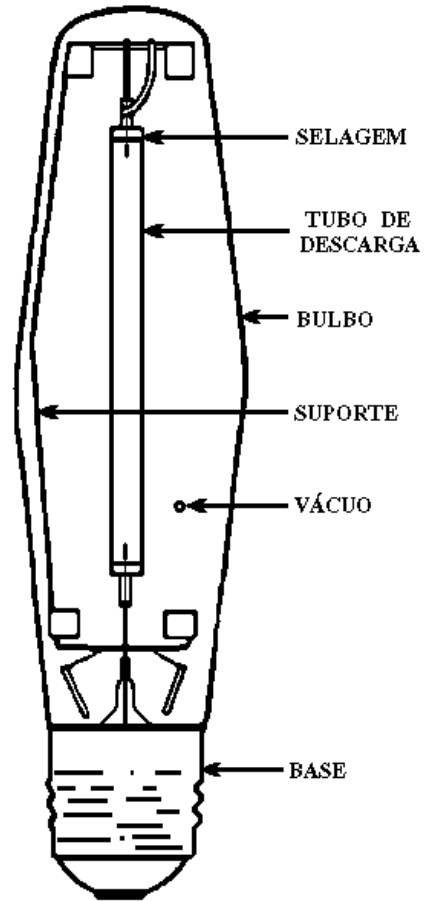
- Vida útil de 6000 a 10000 horas
- uso em iluminação de interiores
- índice de reprodução de cores de Ra=50 a Ra=70



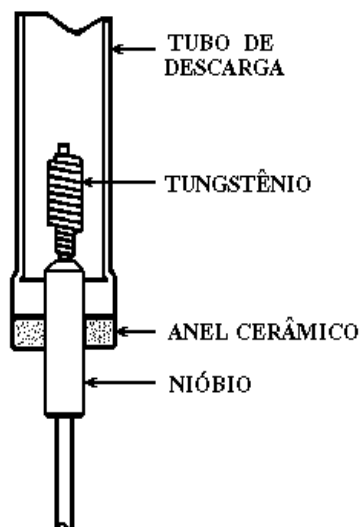


LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO

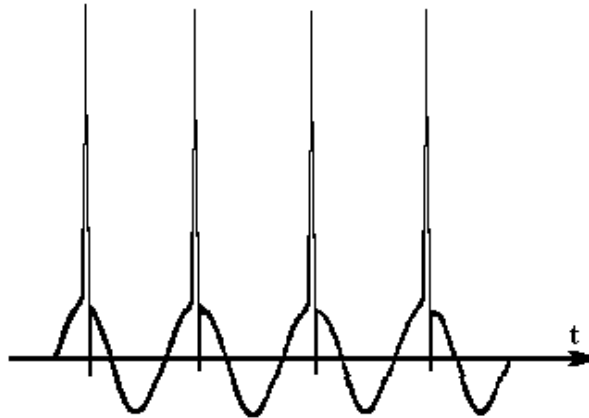
- . Partida com aplicação de tensão elevada(ignitor)
- . Descarga inicial em gás auxiliar
- . Sódio depositado nas paredes se vaporiza levando à descarga principal



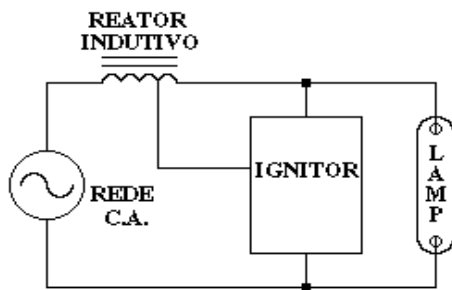
Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão



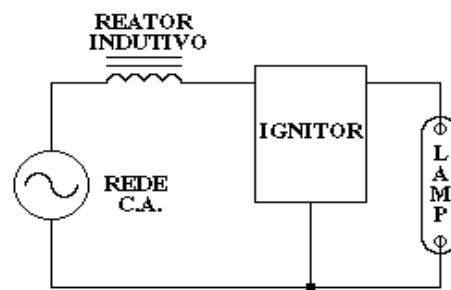
Detalhes do eletrodo de uma lâmpada de vapor sódio de alta pressão



Forma de onda típica da tensão de ignição aplicada nos terminais de lâmpadas HPS



(a) Ignitor conjugado



(b) Ignitor independente

Ignitores para lâmpadas HPS

Potência (W)	70	125	250	400
Fluxo luminoso (lm)	6500	14000	25000	47000
Eficácia lum(lm/W)	93	93	100	117
Vida útil (horas)	24000	24000	24000	24000

Características de alguns modelos de lâmpadas HPS

- Eficácia elevada
- Investimento inicial elevado



LÂMPADAS DE VAPORES METÁLICOS

- Adição de metais na forma de haletos no tubo de descarga.
- Eficácia luminosa 65 a 70 lm/W
- Índice de reprodução de cores $Ra > 80$
- Vida útil 8000 horas
- Valores comerciais 70 a 2000W



ASPECTOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA ILUMINAÇÃO

. Aspectos

- Social (priorização de investimentos)
- Econômico (redução do custo operacional)

. eficiência (lm/W)		Vida média (h)
incandescente	:10 a 20	1000 a 6000
mista	:17 a 25	6000 a 8000
mercúrio:	:44 a 63	7500 a 12000
fluorescente	:43 a 84	12000 a 26000
sódio	:75 a 105	12000 a 16000
multivapor	:69 a 115	1000 a 20000

. Luminária reflexiva 50% 60% → 80%