

Eletrônica Básica

Semicondutores

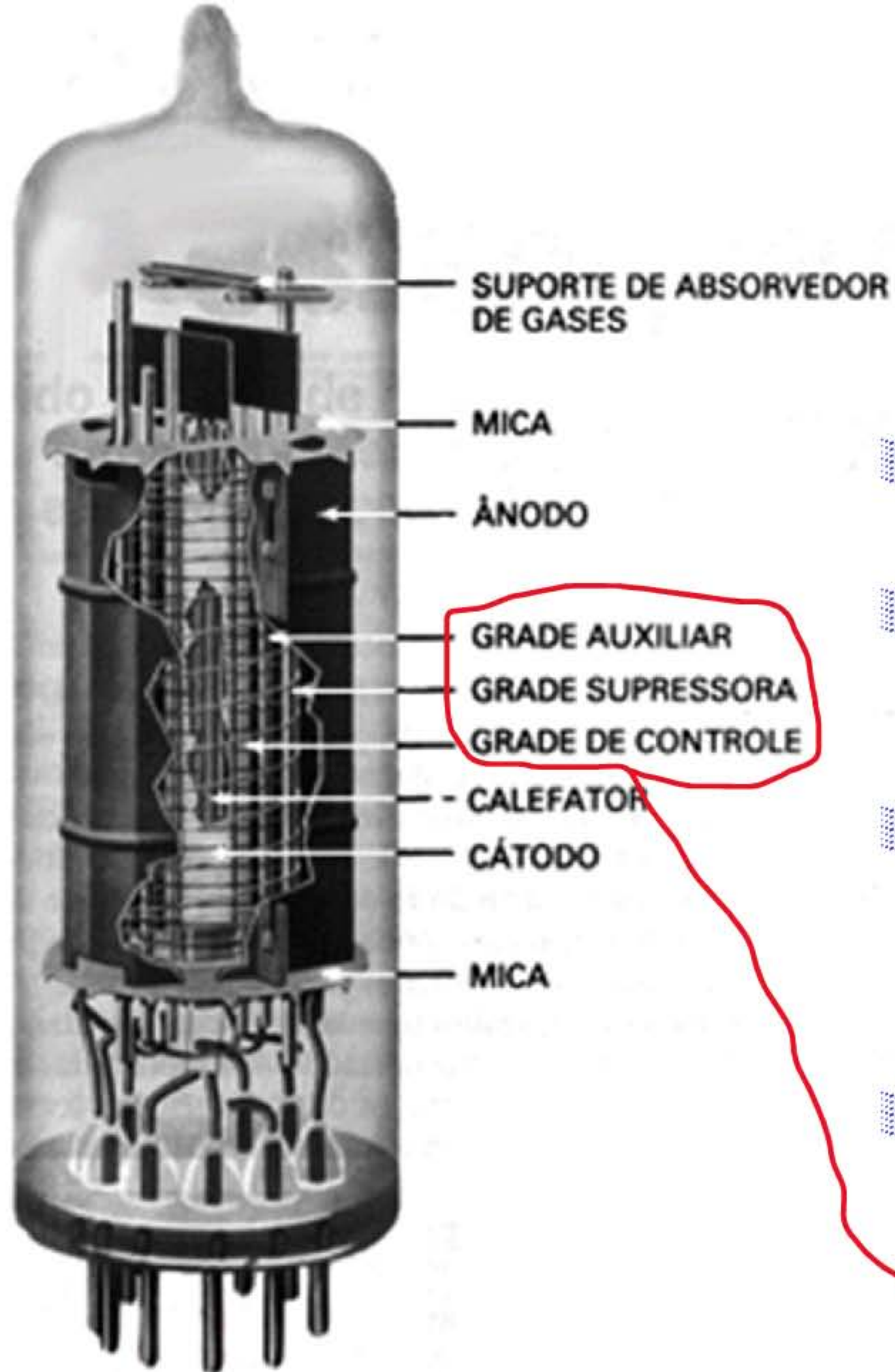
Parte I

© Prof. Engº esp Luiz Antonio Vargas Pinto
www.vargasp.com
Rev. 12/2022



A válvula termoiônica

- ▣ Desenvolvida por John Ambrose Fleming em 1906
- ▣ Permite controlar o fluxo de elétrons pela temperatura
 - ❑ Razão do termo TERMOIÔNICA
- ▣ A eletrônica foi alavancada com essa descoberta e muitos avanços foram alcançados



Análise

- ❏ O problema mais difícil de resolver estava na própria tecnologia.
- ❏ Para obter calor é necessário trabalhar com correntes elevadas e estas exigem transformadores pesados e grandes
- ❏ A fragilidade do invólucro de vidro – considere que na época (1906) era necessário o uso de vácuo para ter os elétrons livres obtidos pela temperatura.
- ❏ Evitando detalhes, o fluxo podia ser controlado pela tensão aplicada em sua grade.

Uma escalada de tempo

- ❏ Parando o tempo, recuando alguns anos atrás, a válvula inventada por John Ambrose Fleming (1849-1945) passou a ser aplicada para **retificação de corrente alternada** (LUZ; ALVÁRES, 2006, p.299).
- ❏ Entretanto, o **diodo de junção** foi criado pelo cientista Russell Shoemaker Ohl (1898-1987) em **1940**, algumas décadas depois do diodo de Fleming (Válvula).
- ❏ De um modo ou de outro, o destino final, sem sobra de dúvida seriam os componentes em **estado sólido** (ou Solid State).



Solid State



Marketing para
informar o uso de
componentes
eletrônicos de estado
sólido – leves e
inquebráveis

O princípio do semicondutor

- 📖 Agora o caminho está traçado. Os semicondutores são a razão de ordem do dia.
- 📖 De modo estranho, considerando que o efeito do semicondutor é permitir fluxo de elétrons em um único sentido, não se trata de uma propriedade geral de qualquer material.
- 📖 "No ano de 1869, Dimitri Mendeleev iniciou os estudos a respeito da organização da tabela periódica dos elementos através de um livro sobre os cerca de 60 elementos conhecidos na época, cujas propriedades ele havia anotado em fichas separadas"

(<https://www.infoescola.com/quimica/tabela-periodica/>)

Da tabela periódica

- Os elementos das colunas **IIB** até **VIIA** são os que intrigaram os cientistas por suas propriedades.
- Dentre estes, o **Si** e o **Ge** presentes na coluna **IVA**
- Pode parecer coincidência, mas não é. Ambos tem **4 elétrons** na última camada.

IIIA		IVA		VA		VIA		VIIA			
5	10.811 3	6	12.01115 ±4,2	7	14.0067 ±3,5,4,2	8	15.9994 -2	9	18.9984 -1		
(2030)	B	4800 3727g 2,26	C	-195,8 -210 0,81	N	-183 -218,8 1,14	O	-188,2 -219,6 1,505	F		
$1s^2 2s^2 2p^1$	Boro	$1s^2 2s^2 2p^2$	Carbono	$1s^2 2s^2 2p^3$	Nitrogênio	$1s^2 2s^2 2p^4$	Oxigênio	$1s^2 2s^2 2p^5$	Fluor		
13	26.9815 3	14	28.086 4	15	30.9738 ±3,5,4	16	32.064 ±2,4,6	17	35.453 ±1,3,5,7		
2480 660 2,70	Al	2880 1410 2,33	Si	280w 44,2w 1,82w	P	444,6 119,0 2,07	S	-34,7 -101,0 1,56	Cl		
$[Ne]3s^2 3p^1$	Alumínio	$[Ne]3s^2 3p^2$	Silício	$[Ne]3s^2 3p^3$	Fósforo	$[Ne]3s^2 3p^4$	Enxofre	$[Ne]3s^2 3p^5$	Cloro		
30	65.37 2	31	69.72 3	32	72.58 4	33	74.922 ±3,5	34	78.96 ±2,4,6	35	79.908 ±1,5
906 419,5 7,14	Zn	2237 19,8 5,91	Ga	2830 937,4 5,32	Ge	613 817 5,72	As	686 217 4,79	Se	58 -7,2 3,12	Br
$[Ar]3d^{10} 4s^2$	Zinco	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^1$	Gálio	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^2$	Germânio	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$	Arsênio	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^4$	Selênio	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^5$	Bromo
48	112.40 2	49	114.82 3	50	118.69 4,2	51	121.75 ±3,5	52	127.60 ±2,4,6	53	126.904 ±1,5,7
765 320,9 8,65	Cd	2000 156,2 7,31	In	2270 231,9 7,30	Sn	1380 630,5 8,62	Sb	989,8 449,5 6,24	Te	183 113,7 4,94	I
$[Kr]4d^{10} 5s^2$	Cádmio	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^1$	Índio	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^2$	Estanho	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^3$	Antimônio	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^4$	Telúrio	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^5$	Iodo
80	200.59 2,1	81	204.37 3,1	82	207.19 4,2	83	208.980 3,5	84	(210) 2,4	85	(210) ±1,3,5,7
357 -38,4 13,0	Hg	1467 303 11,85	Tl	1725 327,4 11,4	Pb	1580 271,3 9,8	Bi	-254 (9,2)	Po	(302)	At
$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Mercúrio	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Tálio	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Chumbo	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Bismuto	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Polônio	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	Astato

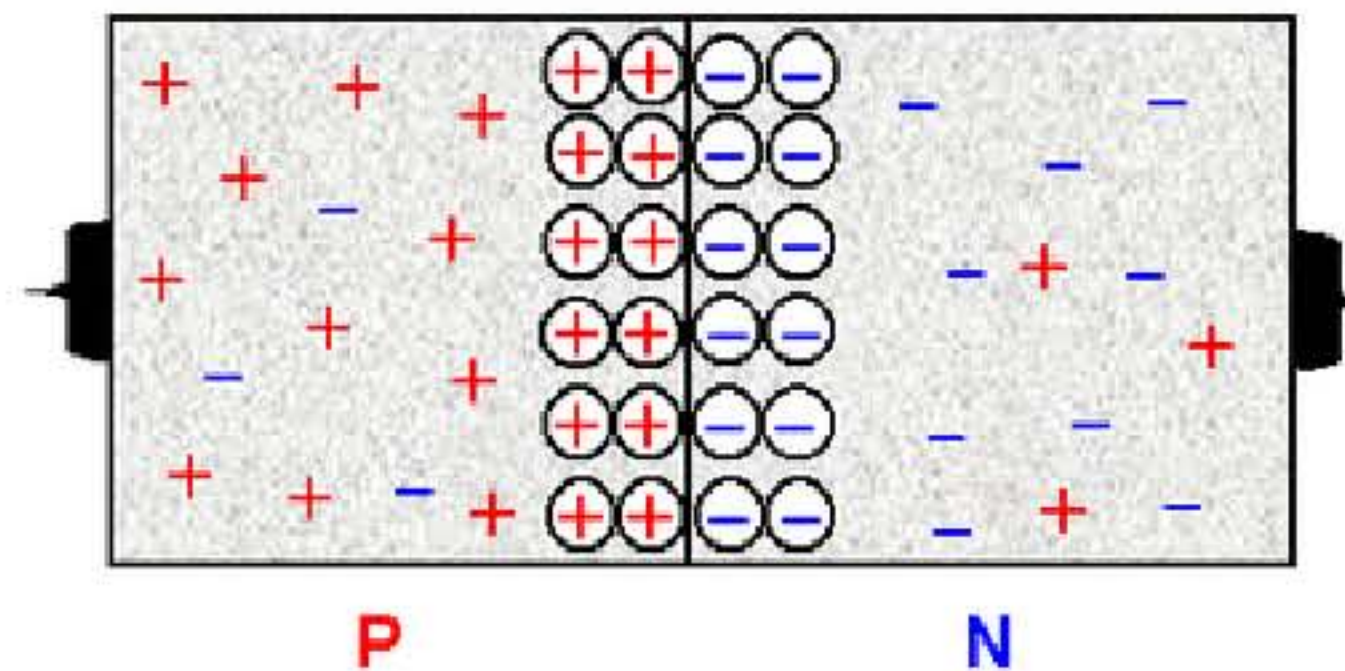


Dopagem

- Este comportamento foi quimicamente produzido e mesmo assim, não deixou de assombrar os cientistas.
- Usando basicamente Ge e algum outro elemento como impureza em quantidade menor, geralmente Índio ou Fósforo, que chamamos de dopagem.
- "A dopagem de semicondutores foi desenvolvida originalmente por John Robert Woodyard, a serviço da Sperry Gyroscope Company, durante a 2ª Guerra Mundial. Seu deslocamento para a área de radares impediu Woodyard de prosseguir na pesquisa de dopagem de semicondutores. Entretanto, após o fim da guerra, sua patente foi objeto de extenso litígio com Sperry Rand"

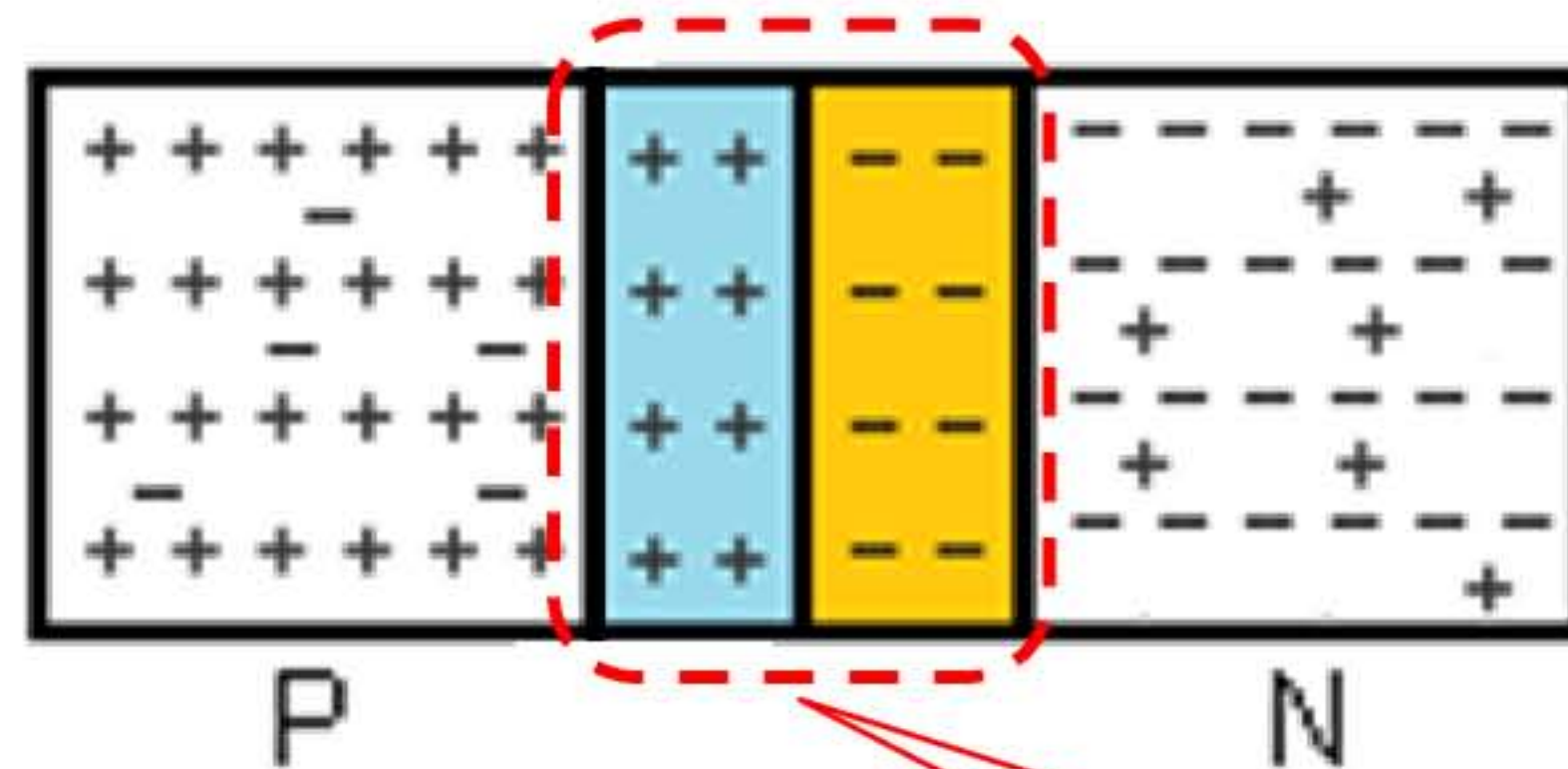
Processo

- Em uma simples explicação, criamos dois tipos de materiais. Um de característica **POSITIVA**, outro de característica **NEGATIVA**.
- Procedendo um processo de dopagem correto, o material **P** e o material **N** ainda possuem propriedades do Ge mas são carregados positivamente ou negativamente. Em outras palavras, temos Ge^+ e Ge^- .
- Fundindo as partes \oplus e \ominus acontece um fenômeno natural: os elétrons livres em Ge^- e as lacunas em Ge^+ são atraídas na divisa do material.



A zona de depleção

Aqui vemos que surge uma região onde as cargas se atraem, mas procedendo a dopagem corretamente, estas não tem força para migrarem naturalmente de um lado ao outro e temos o surgimento de uma **DDP** na emenda (ou mais conhecida como **junção**)



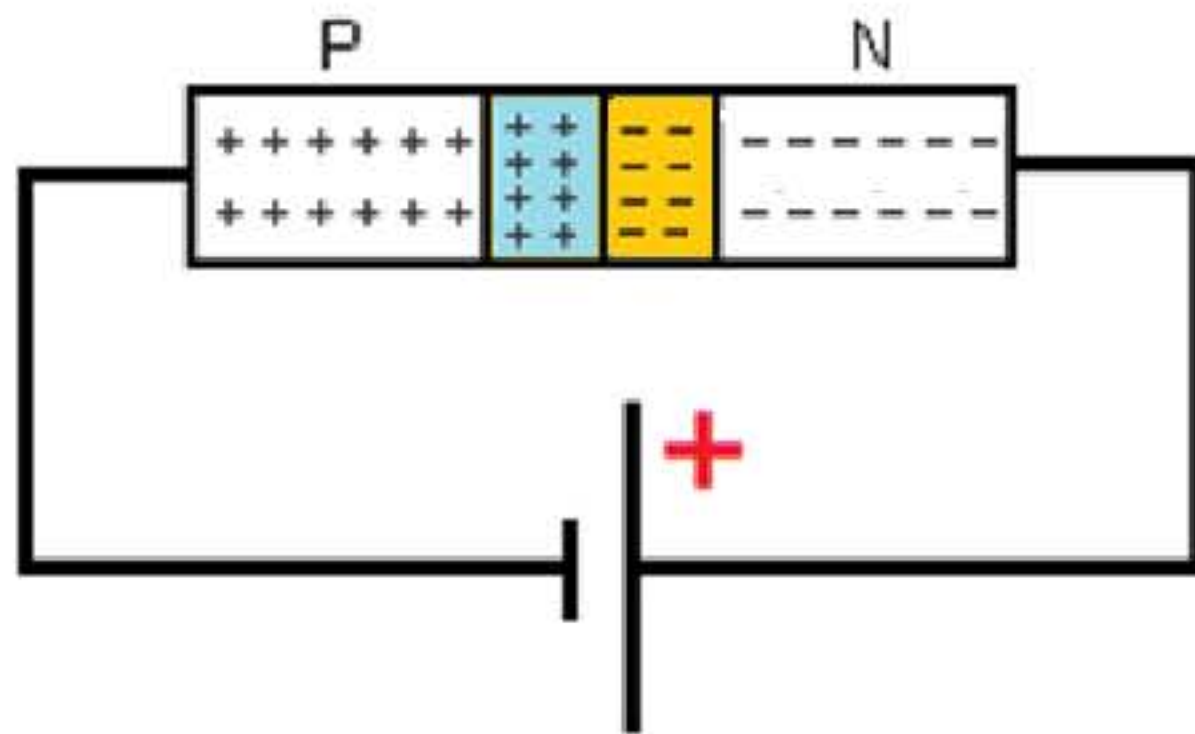
Chamada **Zona de Depleção**.
No diodo de Ge $\cong 0.32V$ e
no Si $\cong 0.65V$

Polarização desfavorável

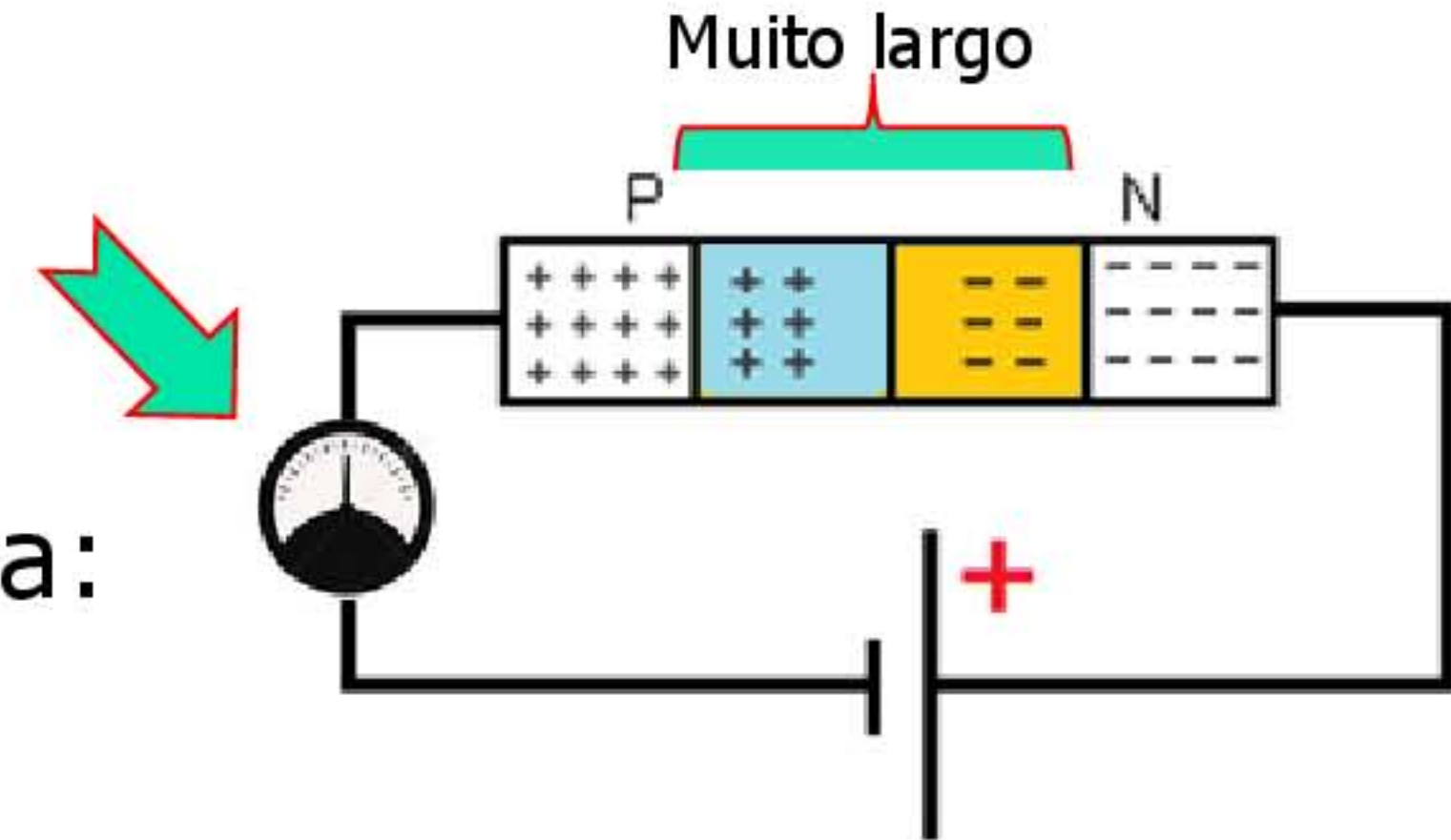
📖 Isto, no entanto, ainda não explica a semicondução.

📖 Vamos então aos fatos:

1. O que acontece se alimentarmos uma carga através de uma bateria da seguinte forma:



📖 Ela distorce as cargas da forma:

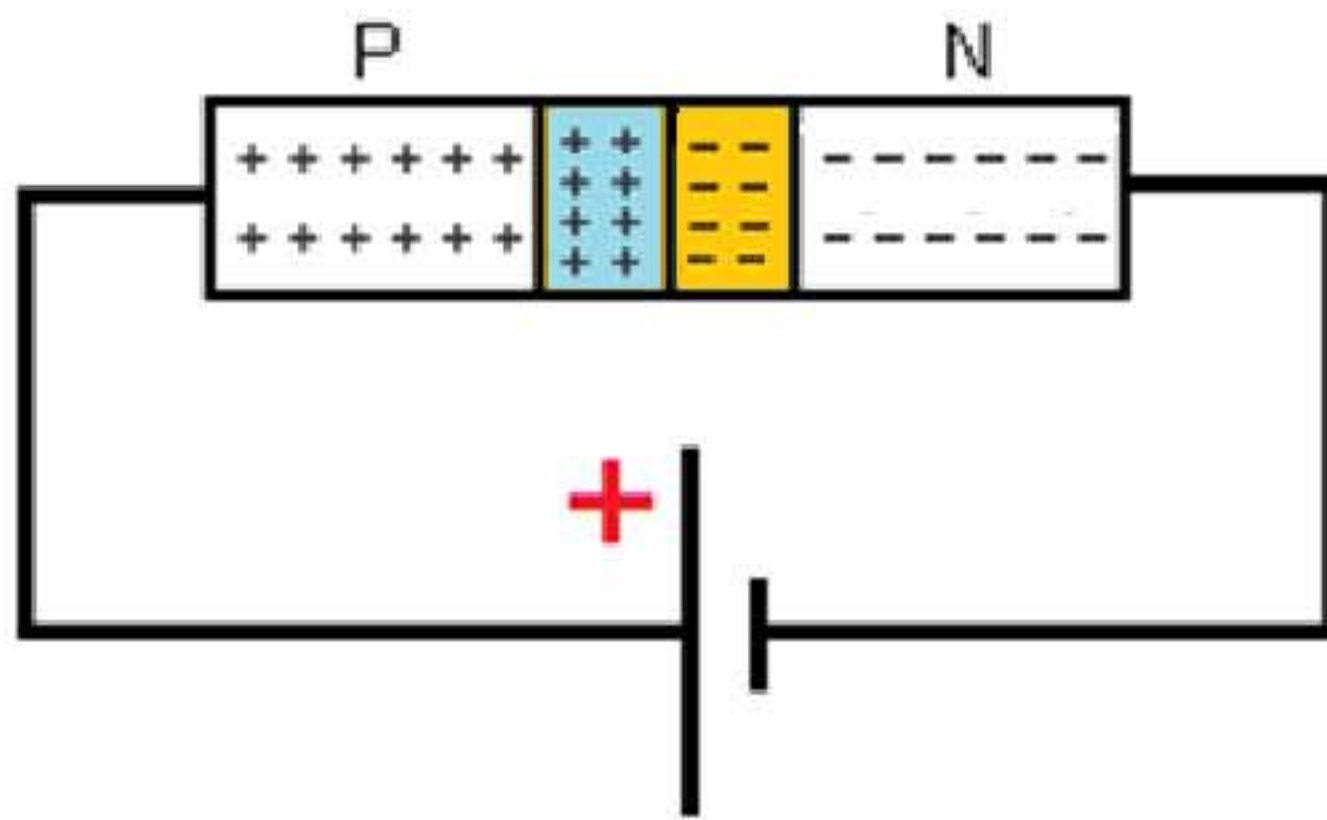


📖 Ela aumenta a região de depleção e afasta os elétrons livres da junção bloqueando a condução.

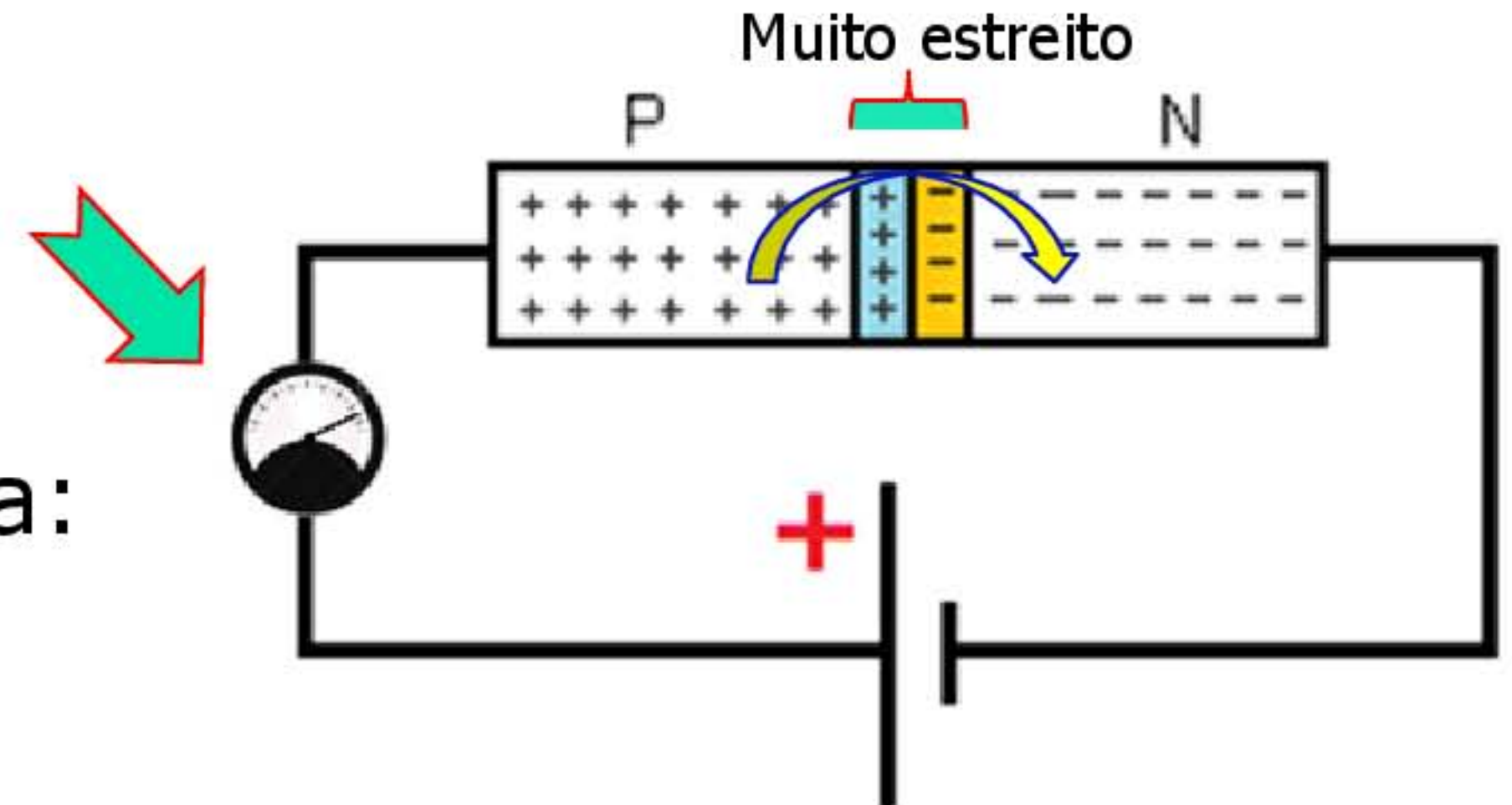
📖 Quanto maior o valor da bateria, maior é o afastamento

Polarização favorável

Vamos então inverter a polaridade da bateria:



que distorce as cargas da forma:

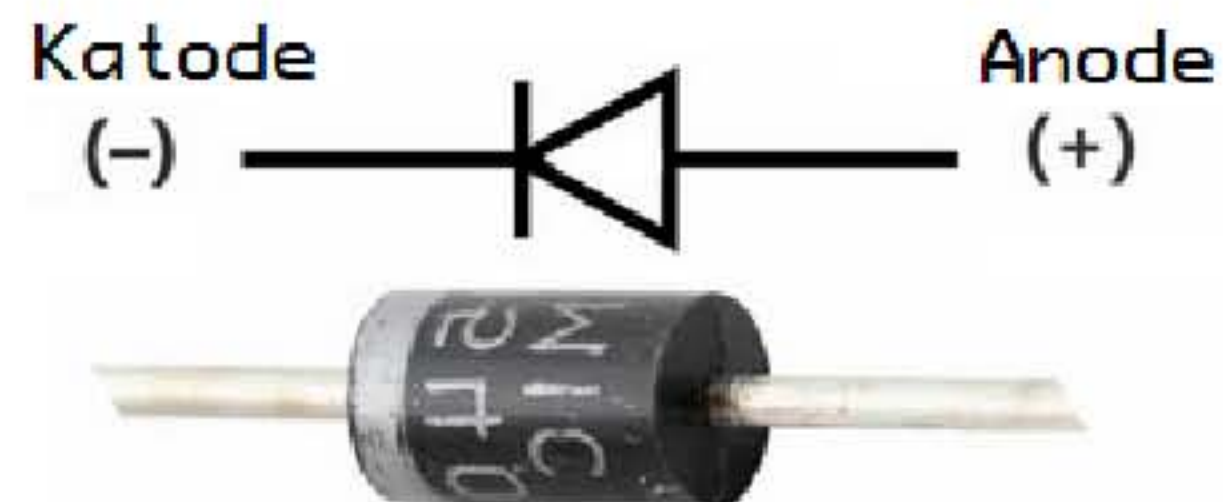


Ela diminui drasticamente a região de depleção forçando o fluxo dos elétrons livres pela junção.

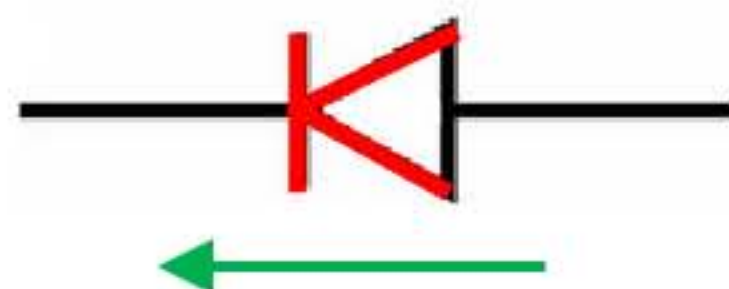
Em outras palavras... a corrente flui

Simbologia e dica

Observe que o símbolo do diodo é uma flecha



E que a ponta da flecha é uma letra **K** de Katode



O qual indica a direção da corrente convencional **i**

Tipos

Existem várias aplicações para o diodo em eletrônica:

- Retificador

- Zener

- LED

- LASER

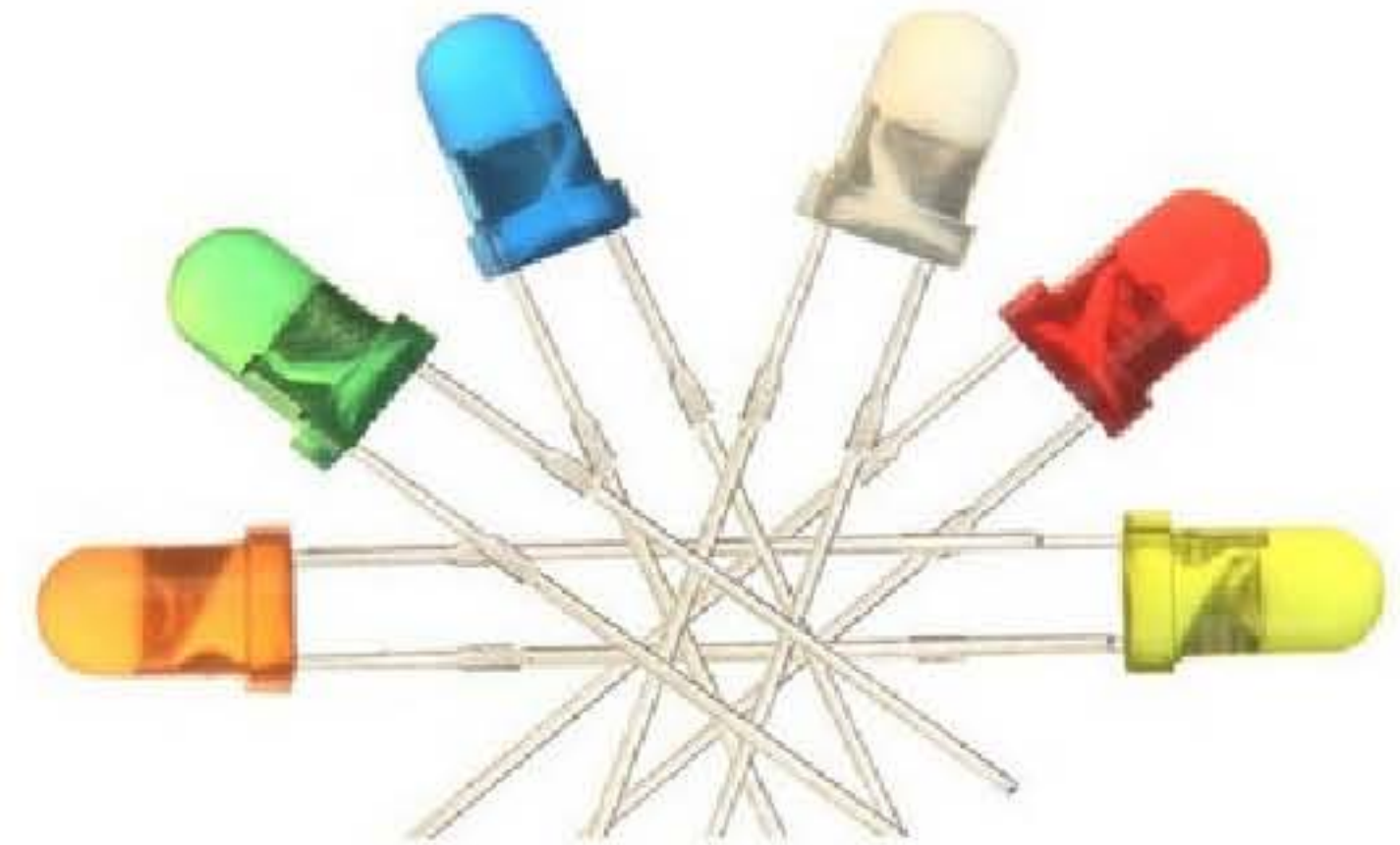
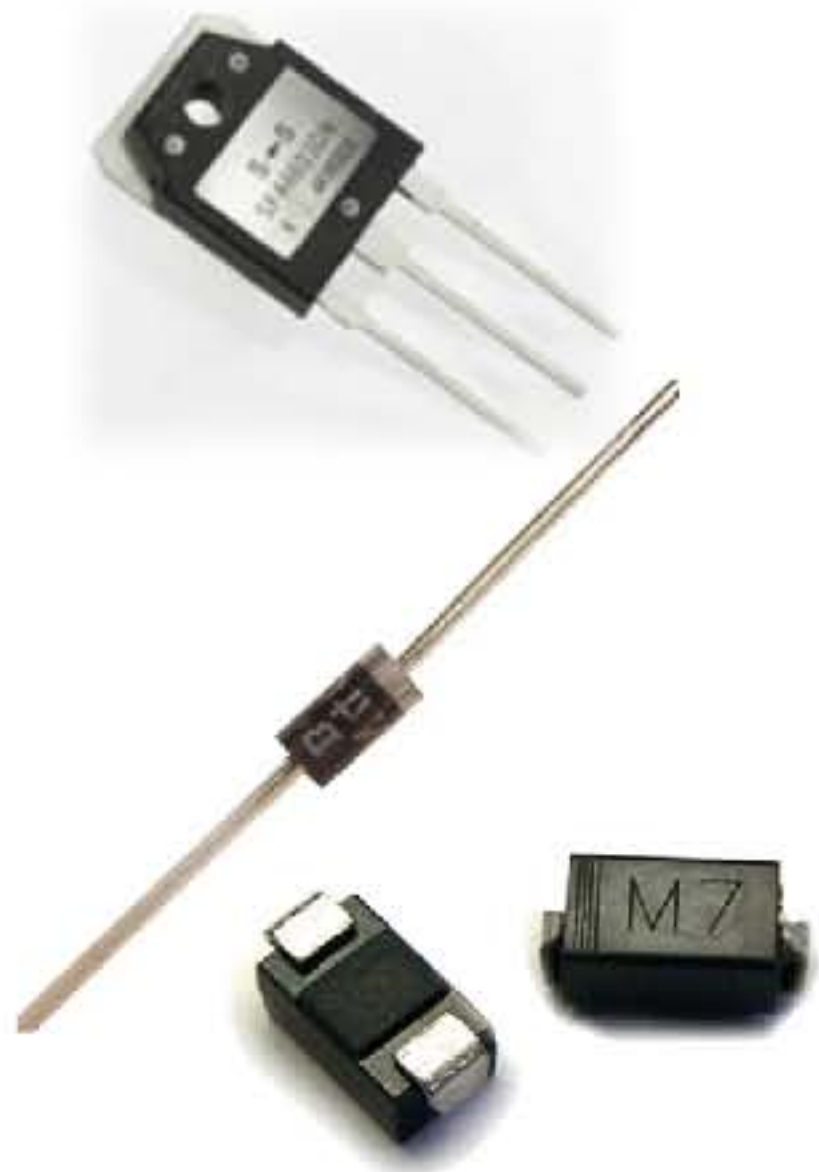
- Tunel

- High Speed

- etc...

É claro que cada um tem seu próprio símbolo elétrico

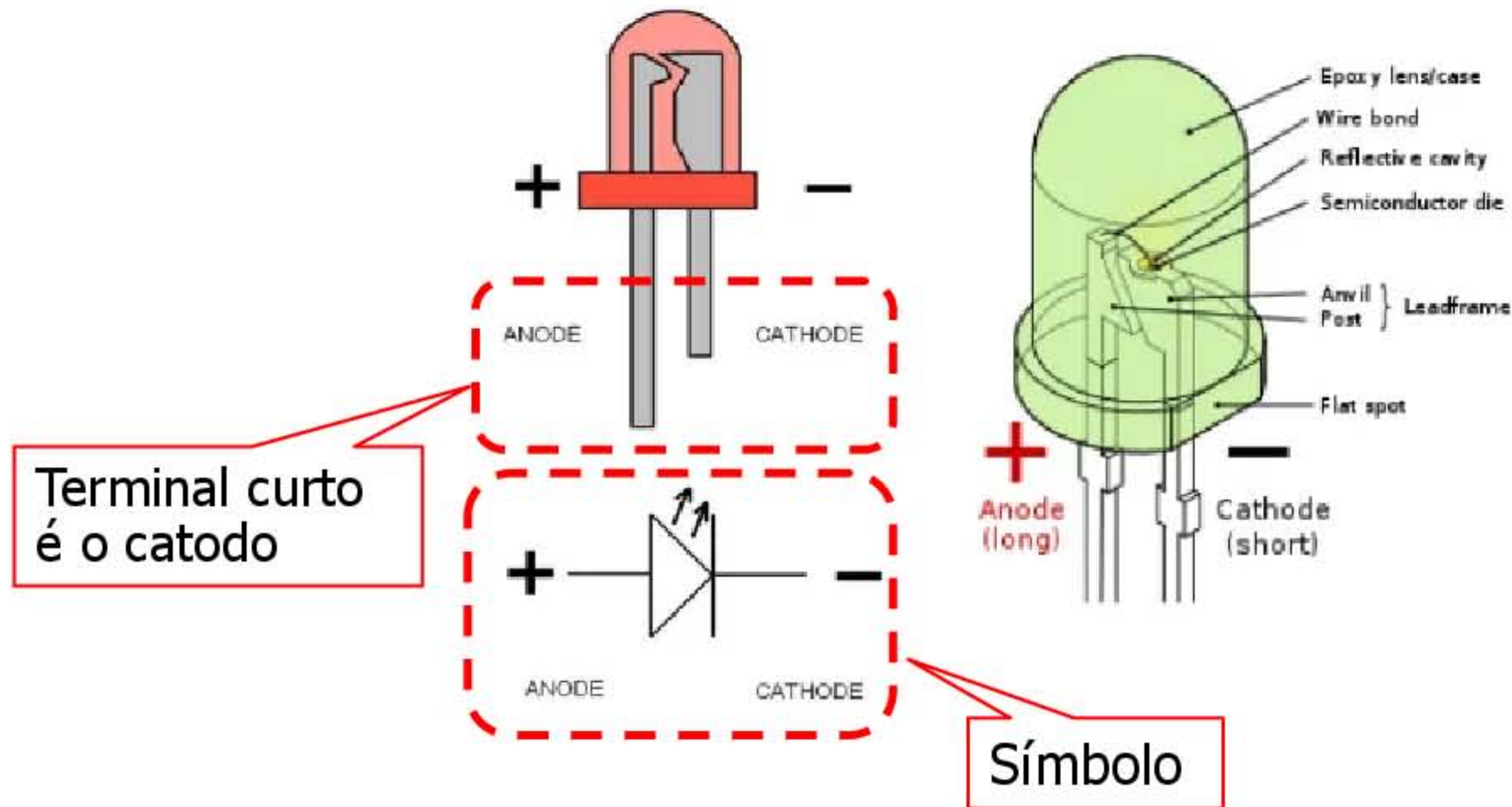
Modelos



LED

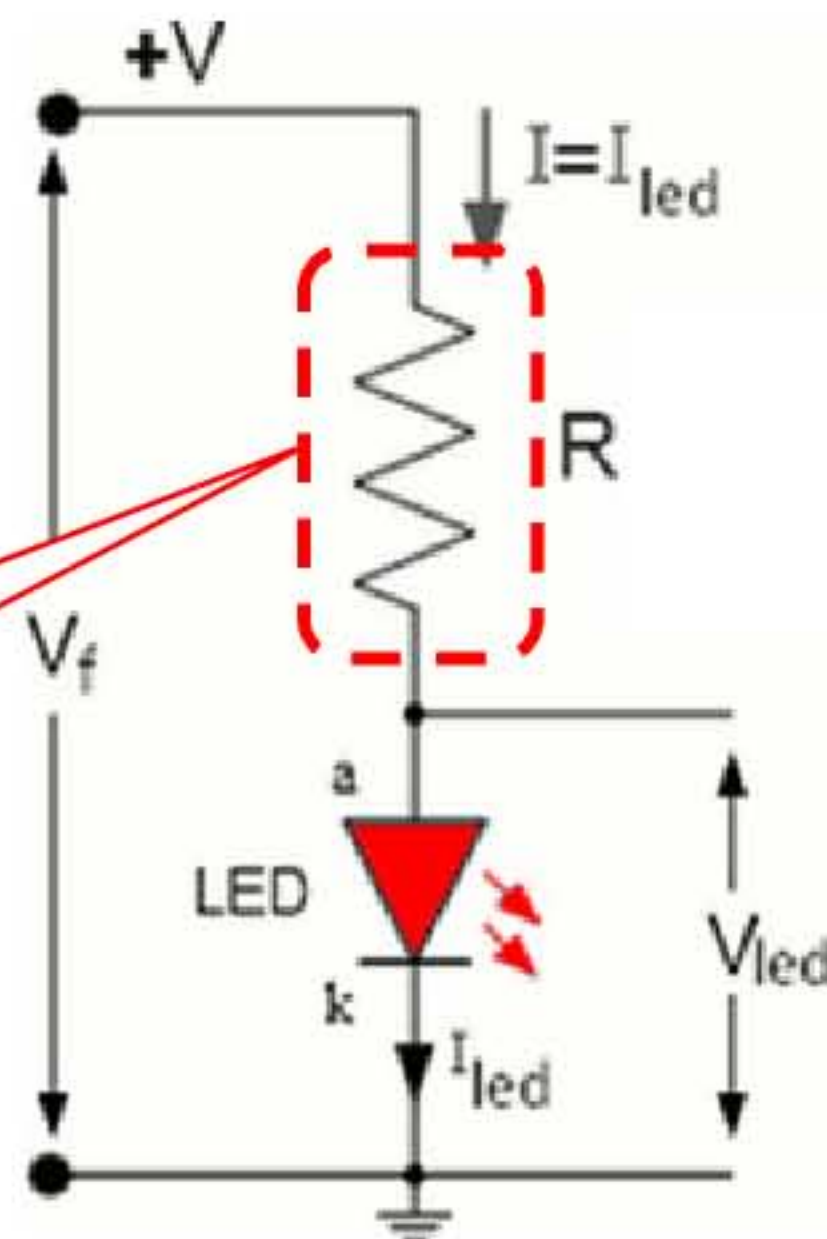
De Light Emitting Diode ou diodo emissor de luz

Sua principal característica é emitir Luz quando está conduzindo



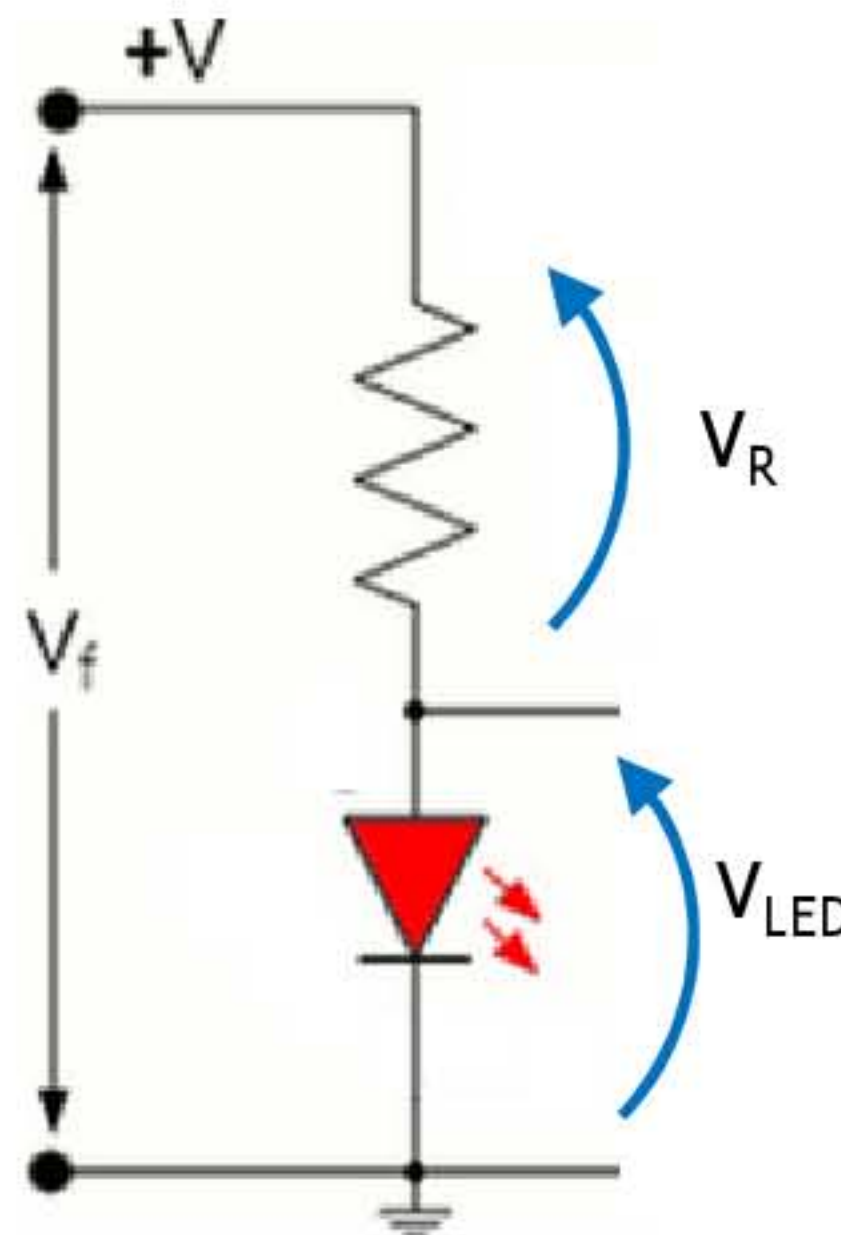
Um LED de uso geral

Este usa corrente baixa, máximo de 20 mA e possui uma queda de tensão constante e cerca de 0.6V . Assim:



Resistor em série para limitar a corrente pelo diodo

<https://www.electronica-pt.com/led>



$$V_f = V_R + V_{LED}$$

$$V_f = R \times I_{LED} + V_{LED}$$

$$V_f = R \times 20 \times 10^{-3} + 0.6$$

$$V_f - 0.6 = R \times 20 \times 10^{-3}$$

$$\frac{V_f - 0.6}{20 \times 10^{-3}} = R$$

Ou seja, o valor de R depende do valor DC aplicado ao LED.
E se passar de 20 mA o LED queima

Exemplo de cálculo

📖 $V_f = 24V$

📖 Qual o valor de R ?

$$R = \frac{V_f - 0.6}{20 \times 10^{-3}}$$

$$R = \frac{24 - 0.6}{20 \times 10^{-3}}$$


$$R = 1170 \Omega$$

📖 Mas não existe um valor comercial de 1170Ω . Os que existem são de 1200Ω ou 1000Ω ... E aí ?

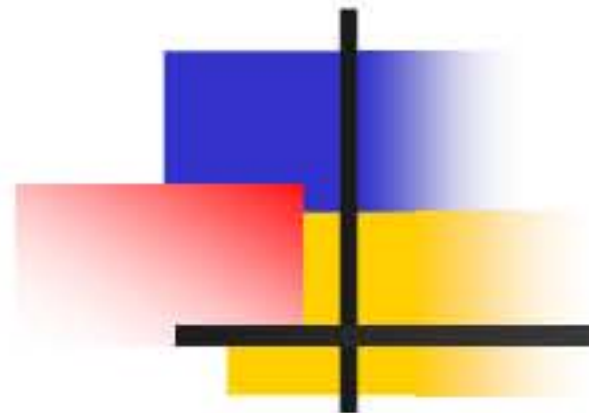
📖 Você deve usar o de 1200Ω . Por quê?

📖 Lembra que não pode ultrapassar 20 mA ? Bem, se usar o de 1000Ω a corrente excederá 20 mA e queimará o LED.

📖 Resumindo use sempre o maior.



Continuaremos mais a
frente com os demais
diócos importantes



Até mais, a gente se vê