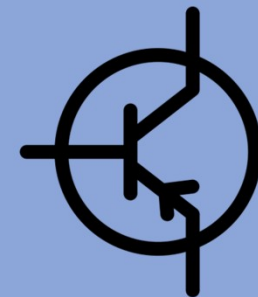
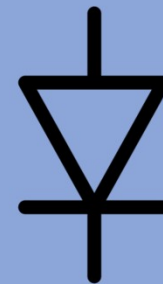


# Aula 1- Introdução da disciplina e Semicondutores

Disciplina: Eletrônica Analógica e Digital

Professor: Daniel Gueter



# Apresentação

Daniel Dalla Vecchia Gueter

Graduado em Engenharia Elétrica pelo Instituto Mauá de Tecnologia

Mestrado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Cursando pós-graduação em Política e Relações Internacionais pela Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP)

Gerente de Projetos no Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados (NSEE) do Instituto Mauá de Tecnologia

Trabalho em projetos na área aeroespacial, astrofísica, ciência de dados e inteligência artificial

# Disciplina: Eletrônica Analógica e Digital

Assuntos a serem abordados:

- Física dos Semicondutores
- Diodos
- Retificadores
- Transistores
- Optoeletrônica
- Osciladores
- Amplificadores Operacionais
- Conversores Analógicos-Digitais
- Conversores Digitais-Analógicos

# Disciplina: Eletrônica Analógica e Digital

## Bibliografias Básicas:

1. MALVINO, Albert P.; BATES, David J. **Eletrônica – v1 e v2. 8. ed.** Porto Alegre: McGraw-Hill/Bookman, 2016.
2. MALVINO, Albert P.; BATES, David J. **Eletrônica: diodos, transistores e amplificadores. 7. ed.** Porto Alegre: McGraw-Hill/Bookman, 2011.
3. SILVA, Fabricio S.; LENZ, Maikon L.; BEZERRA, Erick C.; FREITAS, Pedro Henrique C. **Eletrônica I.** Porto Alegre: SAGAH, 2018.

Bibliografias Complementares disponíveis na ementa da matéria.

# Metodologia e Avaliações

As aulas serão compostas por apresentações em Power Point, exercícios, vídeos, simulações e atividades.

Os critérios de avaliação e a sua respectiva composição na média final são:

Avaliação	Pontos na Média
Prova física e presencial	6
Prova virtual – AVA	2
Trabalho	1
Provinha física e presencial	1

# Cronograma

- **18/02 – Aula 1 - Introdução da disciplina e Semicondutores**
- 25/02 – Aula 2
- 04/03 – Feriado – Carnaval
- 11/03 – Aula 3
- 18/03 – Aula 4
- 25/03 – Aula 5
- 01/04 – Aula 6 (Semana de Oficina)
- 08/04 – Aula 7
- 15/04 – Prova
- 22/04 – Prova substitutiva

# Semicondutores

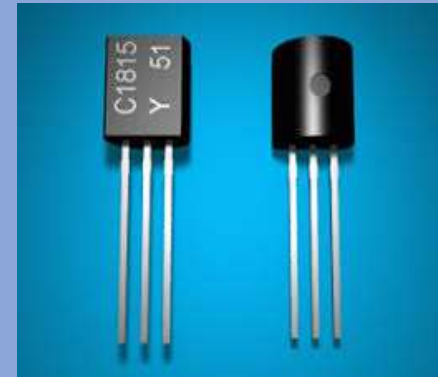
# Semicondutores – O que são?



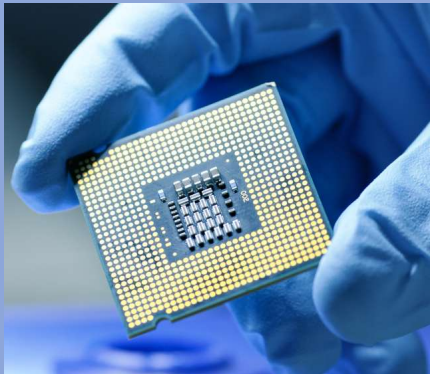
*Diodo*



*Fita de LED*



*Transistores*



*Chip*



*LEDs*



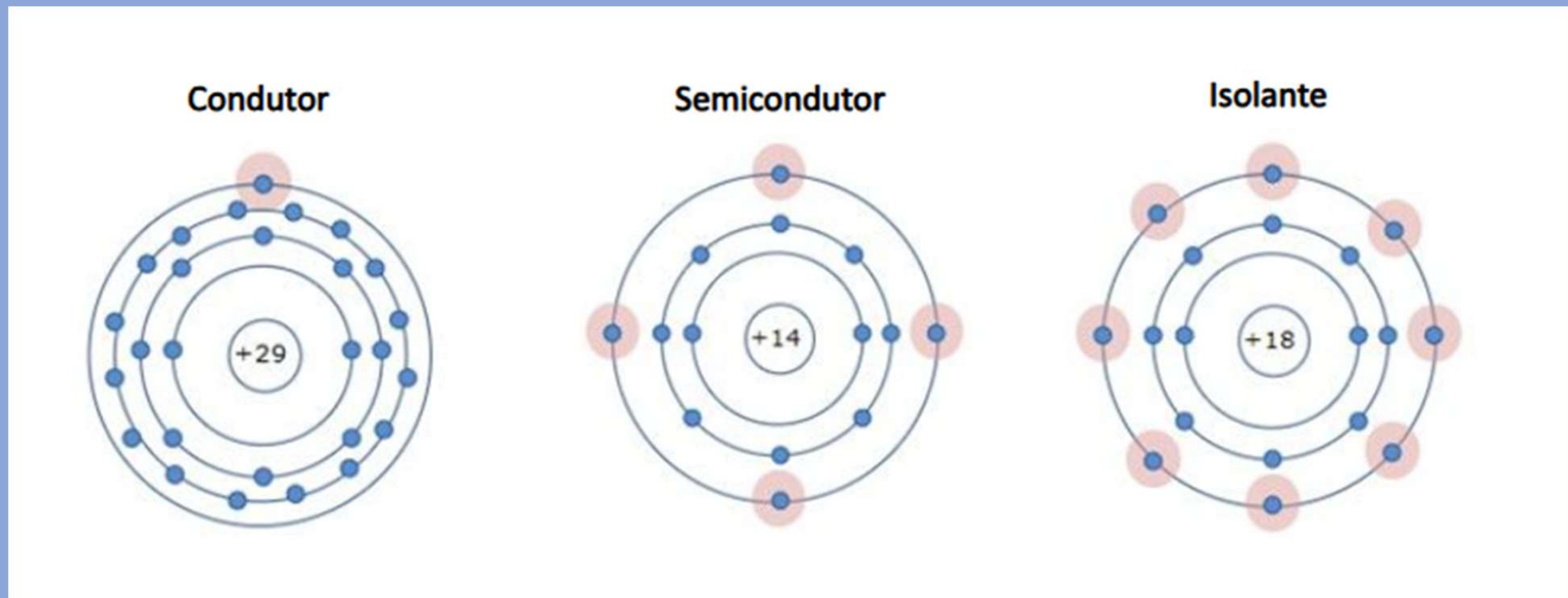
*IGBT (Alta potência)*



# Semicondutores – O que são?

- Podemos classificar materiais eletricamente como:
  - **Condutores:** Cobre, prata, alumínio, ouro.
  - **Isolantes:** Borracha, madeira, plástico, ar.
  - **Semicondutores:** Silício, Germânio.
- Fisicamente, a diferença entre eles é atômica, variando o **número de elétrons na camada de valência e o quão propenso os elétrons estão para mudar de camada.**
- Vale ressaltar que a corrente elétrica nada mais é que o fluxo de elétrons.

# Semicondutores – O que são?

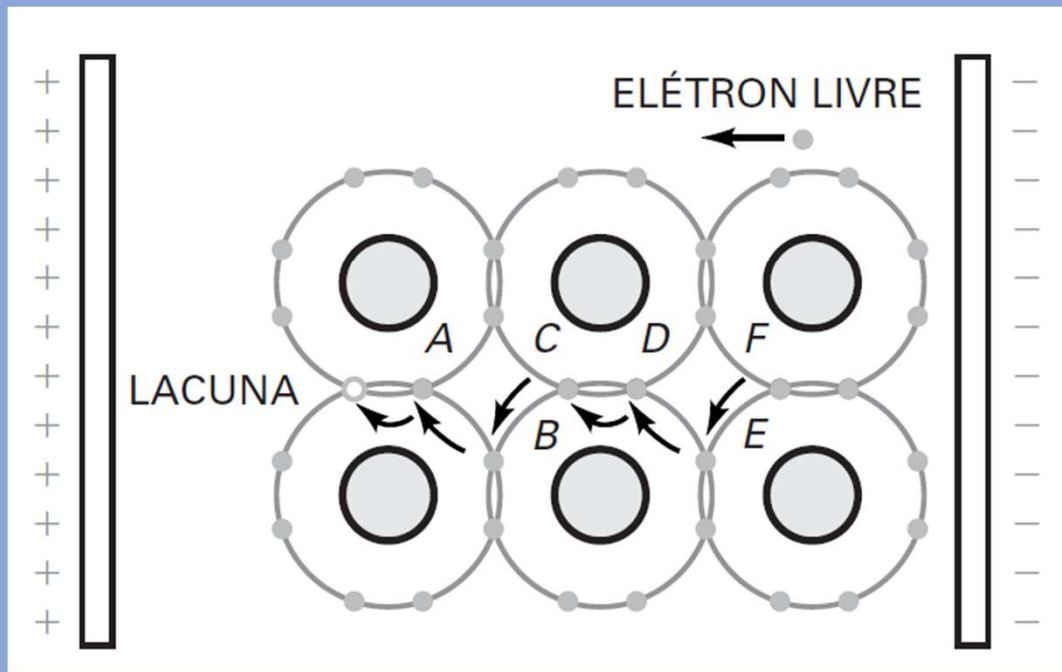


*Camadas de valência de materiais condutores, semicondutores e isolantes.*

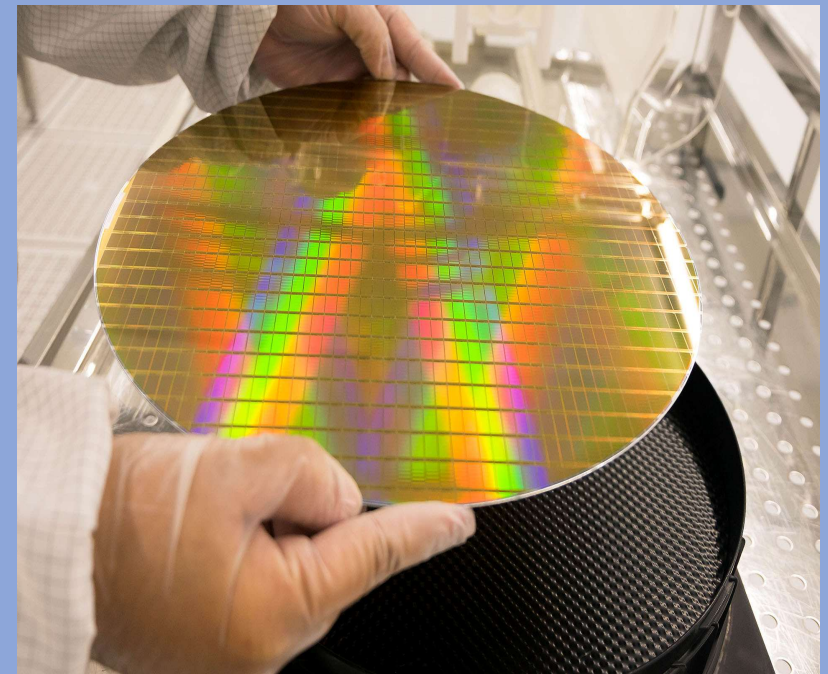
# Semicondutores – Como são feitos?

- Na forma física os semicondutores são confeccionados na forma de cristais, os quais são a junção de vários átomos de um material semicondutor.
- Essa junção resulta em **lacunas** e **elétrons livres**, cuja interação caracteriza a operação de um semicondutor.
- Esses cristais podem ser **puros (intrínsecos)**, contendo átomos de **um só material**, mas **geralmente são dopados (extrínsecos)**, contendo **outros matérias que aumentam a sua condutividade**.

# Semicondutores – Como são feitos?



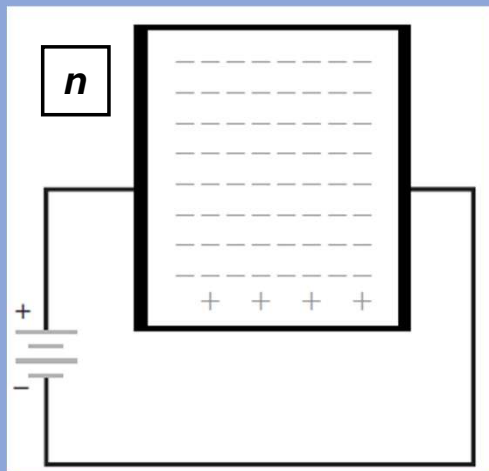
*Lacunas e Elétrons livres de um semicondutor*



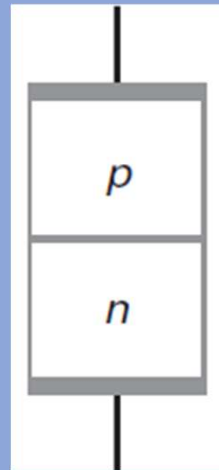
*Wafer de silício*

# Semicondutores – Como são feitos?

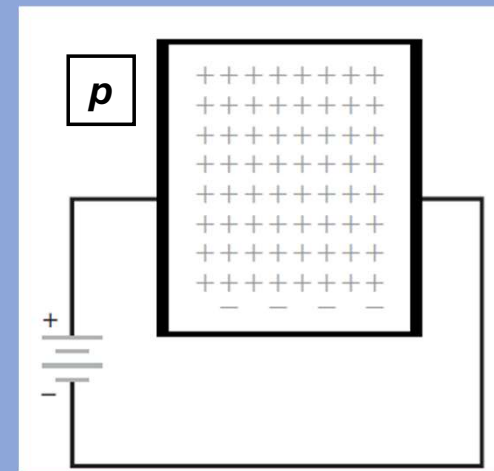
- Durante o processo construtivo, se o semicondutor de silício é dopado com materiais pentavalentes (cinco elétrons na camada de valência), ele é chamado de **semicondutor tipo *n*** (*n* de negativo – muitos elétrons livres). Caso ele seja dopado com materiais trivalentes, ele é chamado de **semicondutor tipo *p*** (*p* de positivo – muitas lacunas).



*Semicondutor tipo n*



*Diodo*



*Semicondutor tipo p*

Sem os Semicondutores, nós  
não teríamos a grande maioria  
dos equipamentos eletrônicos  
de hoje em dia!!!

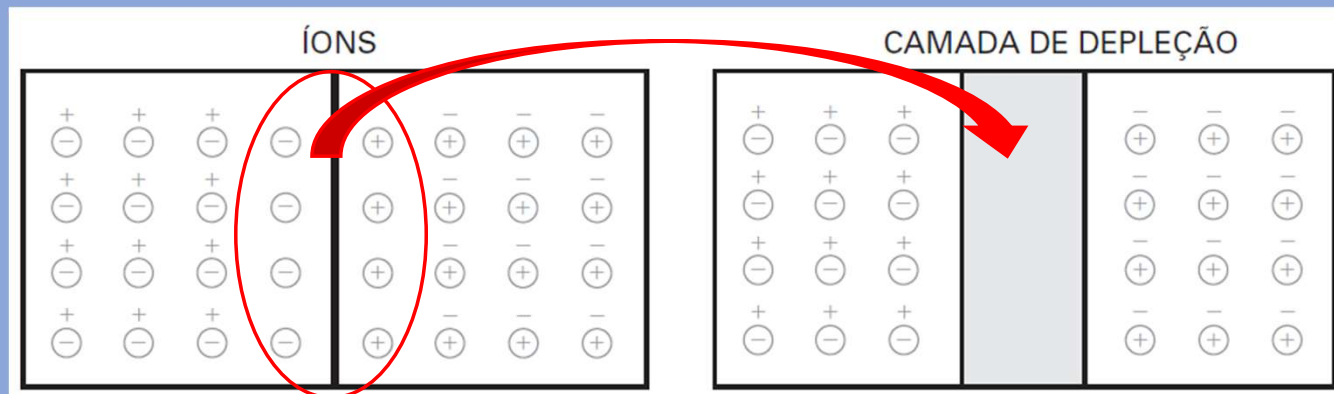
Além disso, atualmente os  
Semicondutores são motivos de  
grandes tensões geopolíticas!

# Diodos



# Diodos – Barreira de potencial

- Uma vez que se junte **um semicondutor  $p$**  com **um semicondutor  $n$** , cria-se um semicondutor do tipo  **$pn$** , mais conhecido como **diodo**.
- Esse tipo de junção resulta ativamente em uma camada de depleção, na prática sendo uma **barreira de potencial, a qual varia com a temperatura**.

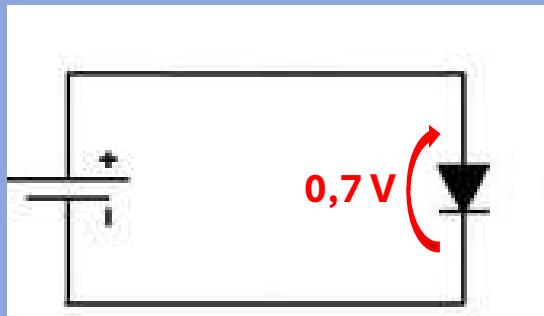


*Estrutura de um diodo, resultando na camada de depleção*

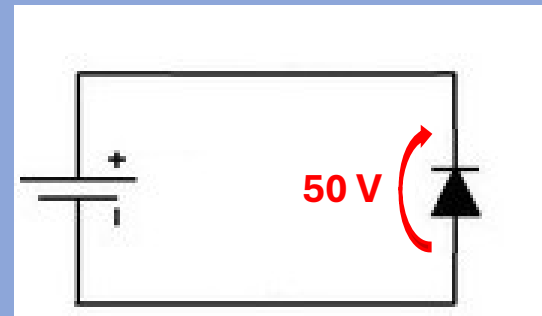


# Diodos – Representação e polarização

- Caso você queira a **polarização direta** de um diodo, deve-se conectar o **terminal positivo de uma bateria no terminal  $p$  do diodo (anodo)**, e o **terminal negativo da bateria no terminal  $n$  do diodo (catodo)**. Isso resulta em uma **barreira de potencial de  $\sim 0,7\text{ V}$  em diodos de silício**.
- No caso da **polarização inversa** de um diodo, a **conexão deve ser ao contrário**. Nesse modo de operação, para haver condução deve-se romper uma **barreira de potencial de ordem muito maior,  $\sim 50\text{ V}$  em diodos de silício**. Esse valor é chamado de **tensão de ruptura**.

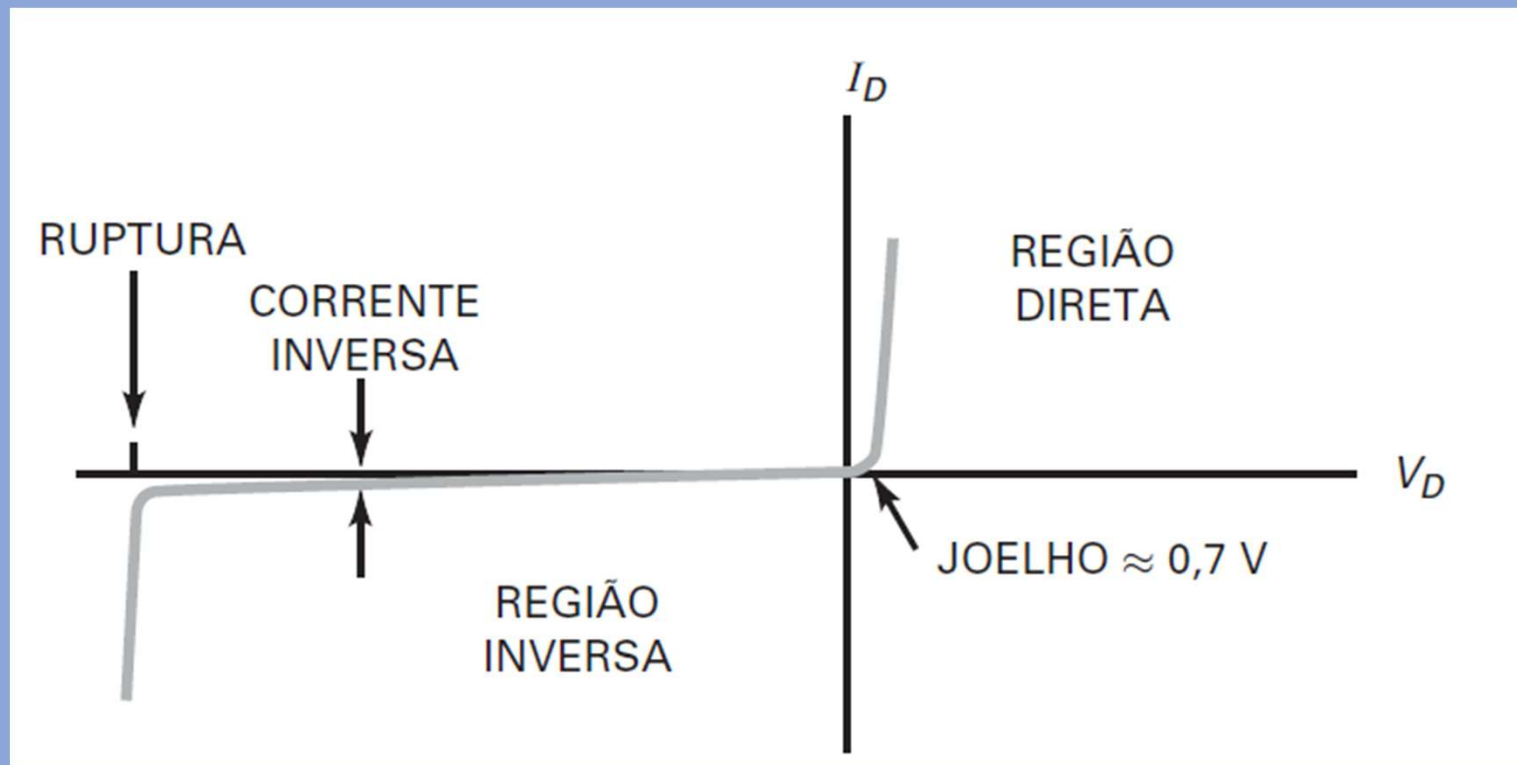


*Diodo de silício diretamente polarizado*



*Diodo de silício inversamente polarizado*


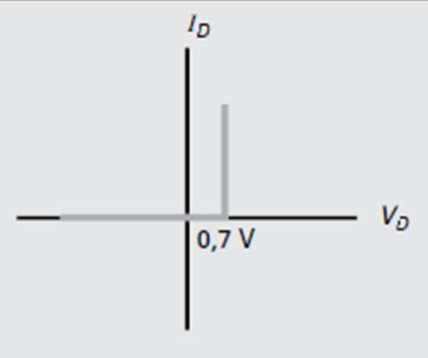
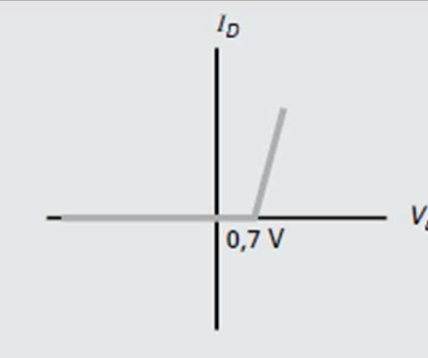
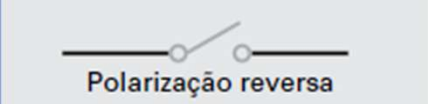
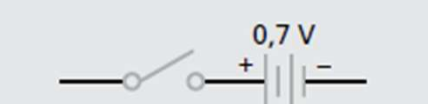
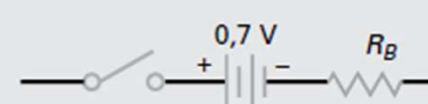
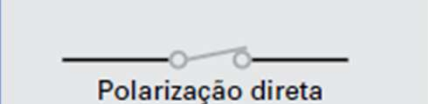
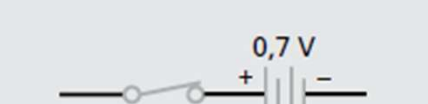
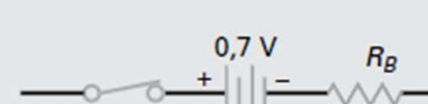
# Diodos – Curva de operação



*Curva de operação de um diodo de silício*

A grande sacada dos semicondutores é que diferente de resistores, capacitores e indutores, que são componentes eletrônicos lineares, semicondutores são componentes eletrônicos não lineares, o que permite que exista o mundo binário, e conseqüentemente o mundo digital!!!

# Diodos – Modelagem de um diodo

<i>Modelo <b>ideal</b> ou <b>chave</b></i>	<i>Modelo <b>prático</b> ou <b>constante</b></i>	<i>Modelo <b>linear</b> (com maior exatidão)</i>
		
 Polarização reversa	 Polarização reversa	 Polarização reversa
 Polarização direta	 Polarização direta	 Polarização direta

*Três modelos de um diodo*

# Diodos – Datasheet

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR®

## 1N4001 - 1N4007 General Purpose Rectifiers

### Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.

*Tensão de ruptura*

*Corrente máxima de condução*



### Absolute Maximum Ratings \* $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	Units
$V_{RRM}$	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
$I_{FSM}$	Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single Half-Sine-Wave	30							A
$I^2t$	Rating for Fusing ( $t < 8.3\text{ms}$ )	3.7							$\text{A}^2\text{sec}$
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
$T_J$	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

May 2009

1N4001 - 1N4007 — General Purpose Rectifiers

*Potência dissipada*

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
$P_D$	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C/W}$

### Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_F$	Forward Voltage @ 1.0A	1.1	V
$I_{rr}$	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30	$\mu\text{A}$
$I_R$	Reverse Current @ Rated $V_R$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0 50	$\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance $V_B = 4.0\text{V}$ , $f = 1.0\text{MHz}$	15	pF

*Queda de tensão direta (barreira de potencial)*

Aula 1 – Introdução da disciplina e Semicondutores

# Exercícios no quadro