



*Disciplina: Amplificadores operacionais e semicondutores
– ET74E - turmas S21 e S22*

Prof. Alceu André Badin

Objetivo:

**Gerar as bases, teóricas e práticas, para que o aluno
compreenda os princípios fundamentais da
Eletrônica Analógica.**

- *Plano de aula: Sistema acadêmico*
- *Moodle: <https://moodle.utfpr.edu.br/course/view.php?id=27863>*



Diodos semicondutores

Prof. Alceu André Badin

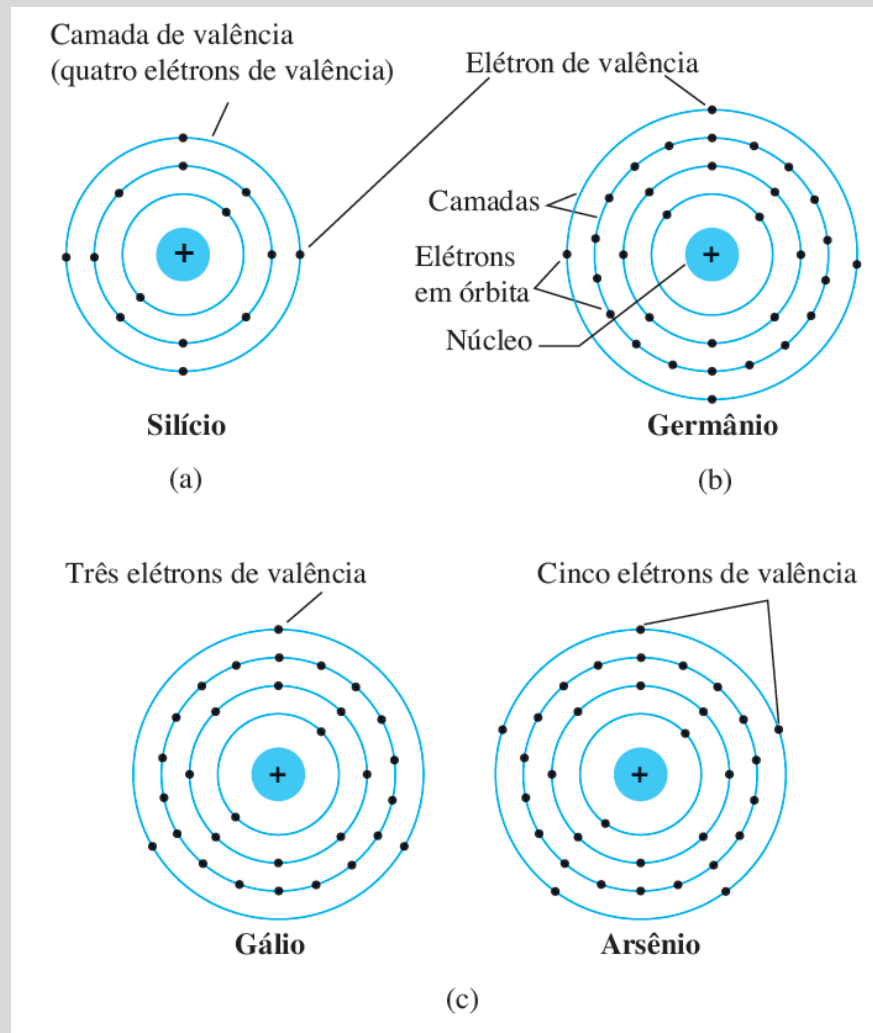
Objetivos da aula

- **Estudo das características dos materiais construtivos do diodo**
- **Análise da operação do diodo semicondutor**
- **Apresentação das não idealidades do componente**

Materiais semicondutores

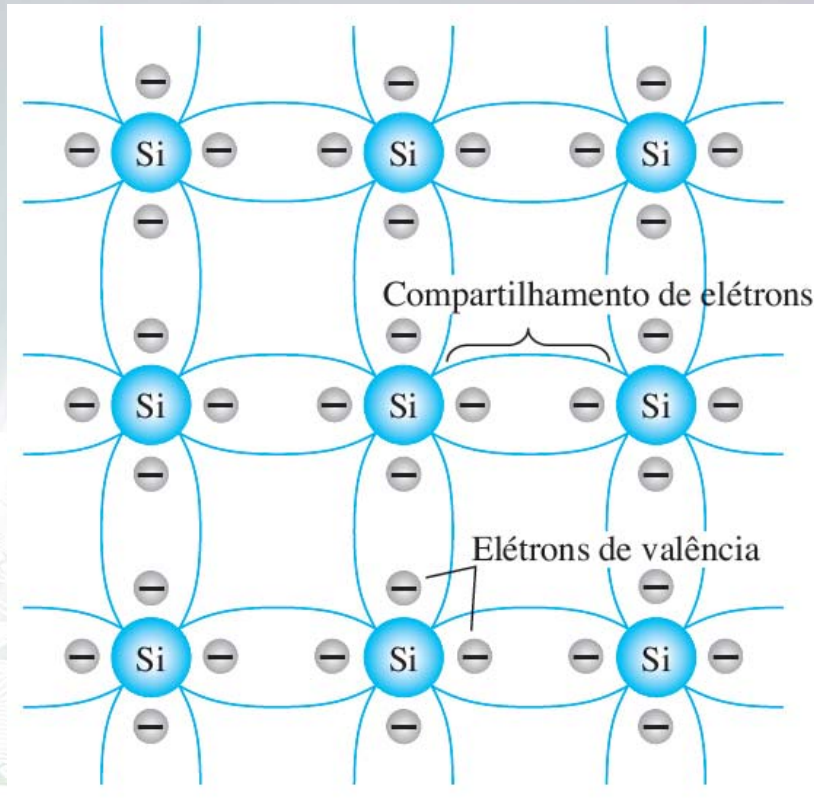
Materiais com condutividade entre um isolante e um condutor. (determinado pelo número de portadores de cargas livre)

Estruturas atômicas



Materiais semicondutores

Ligações covalentes do Si



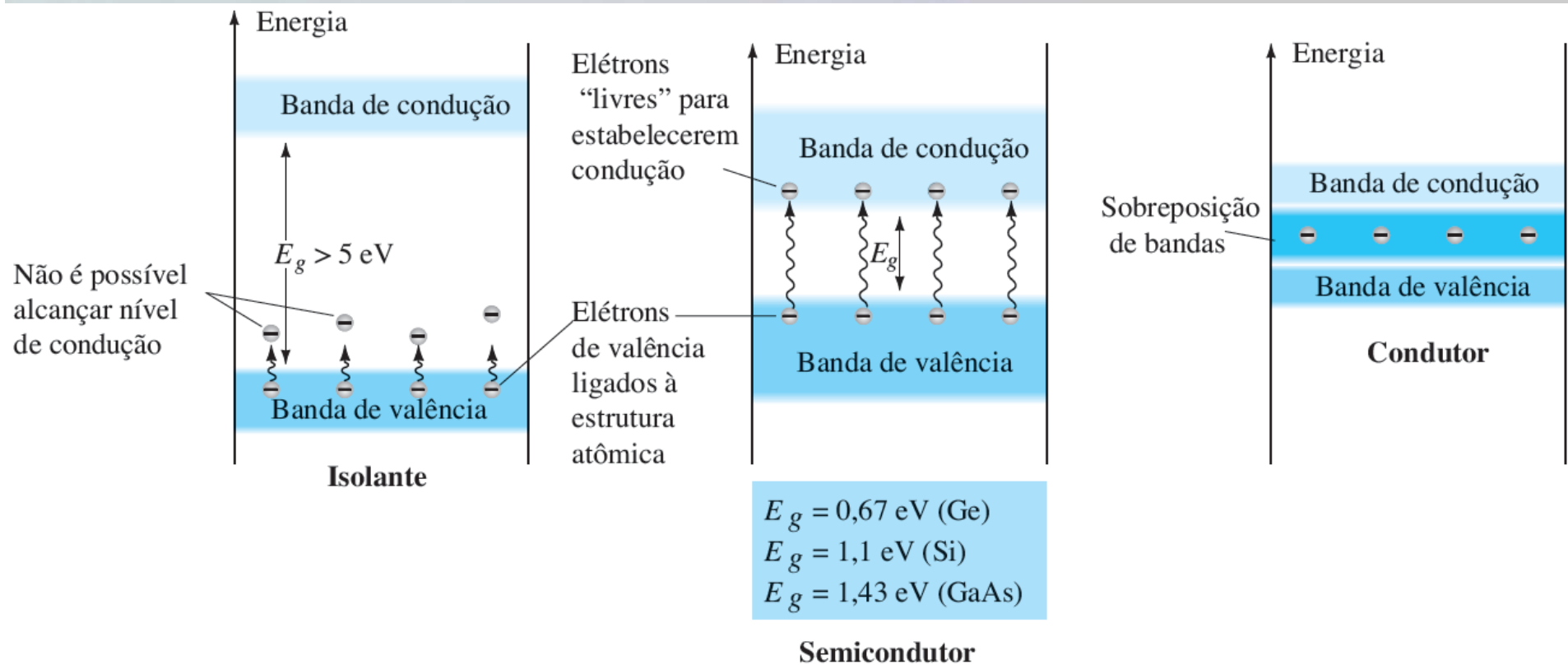
Material intrínseco é o material puro.

Aumento da temperatura aumenta o número de cargas livres.

Silício e Germânio apresentam coeficiente negativo de temperatura.

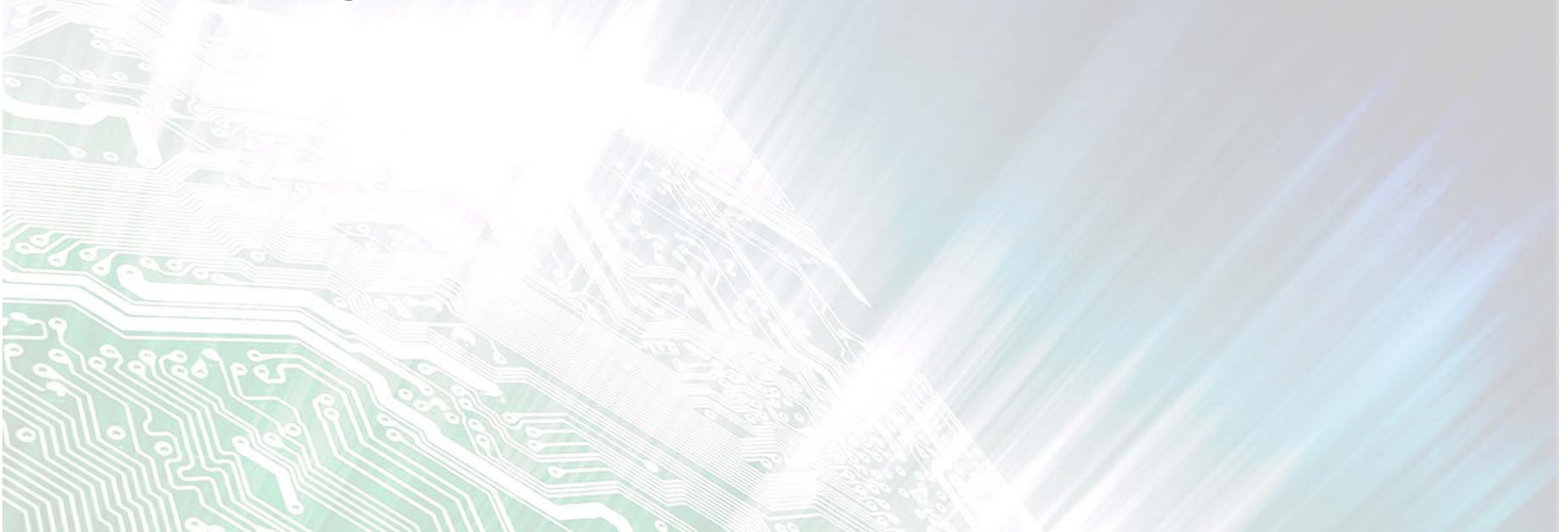
Materiais semicondutores

Quanto mais longe o elétron estiver no núcleo maior será o estado de energia.



Materiais semicondutores

- Materiais geralmente utilizados no desenvolvimento de dispositivos semicondutores:
 - **Silício (Si).**
 - **Germânio (Ge).**
 - **Arseneto de gálio (GaAs).**

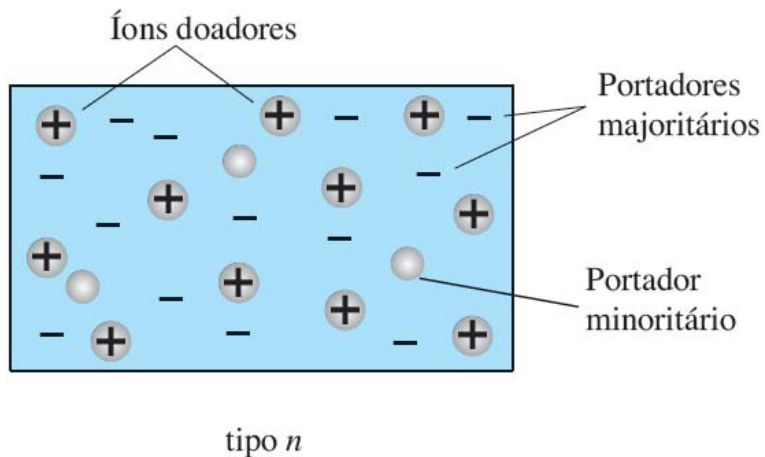


Dopagem

- As características elétricas do silício e do germânio são melhoradas pela adição de materiais em um processo denominado dopagem.
- Há somente dois tipos de materiais semicondutores dopados:

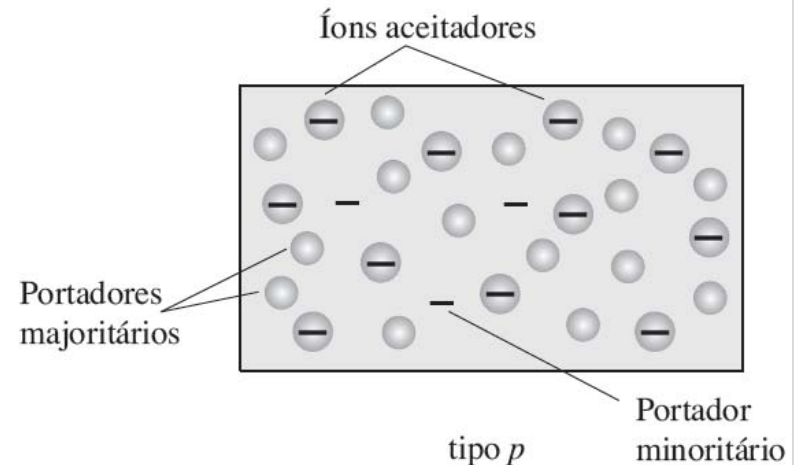
tipo *n*

Materiais do **tipo *n*** contêm excesso de elétrons na banda de condução.



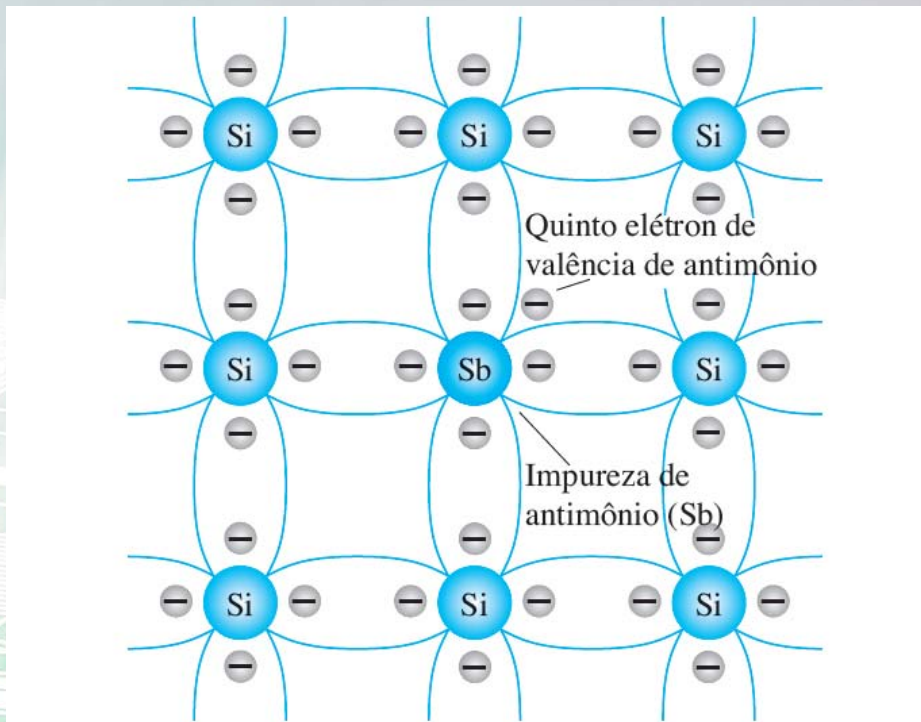
tipo *p*

Materiais do **tipo *p*** contêm um excesso de lacuna na banda de valências.

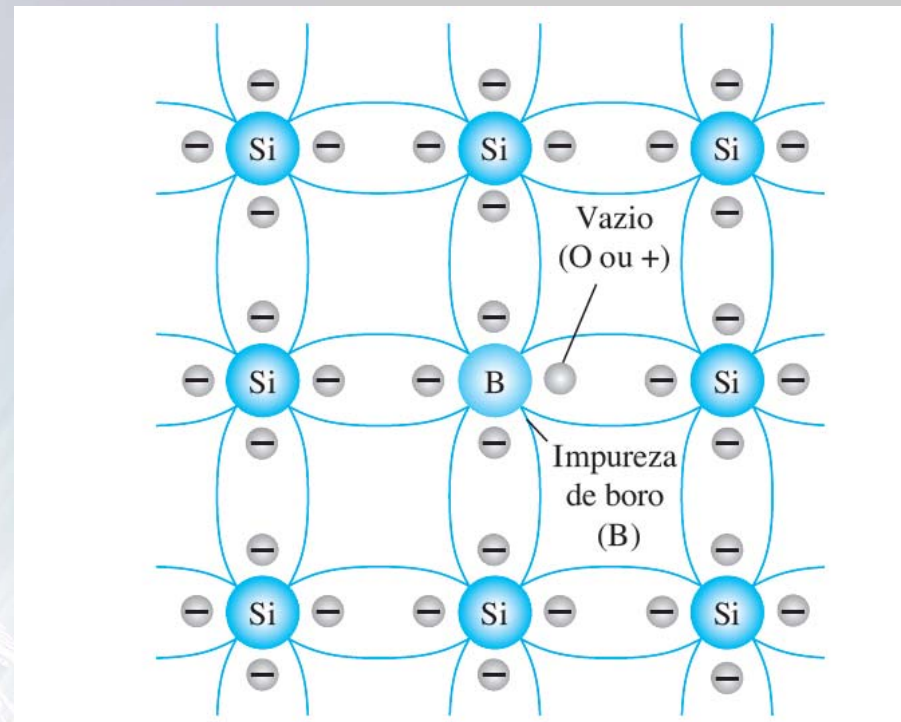


Dopagem

Material tipo n – impureza de antimônio - Sb

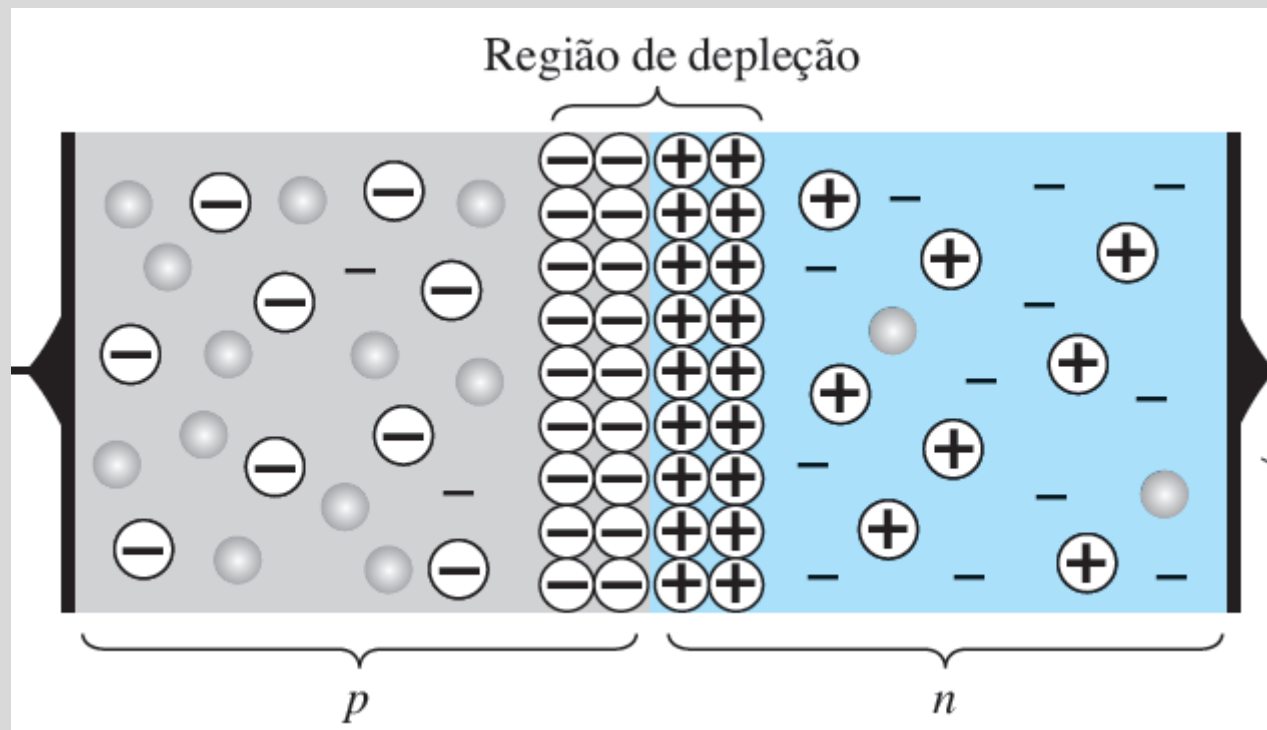


Material tipo p – impureza de boro - B



Junções p - n

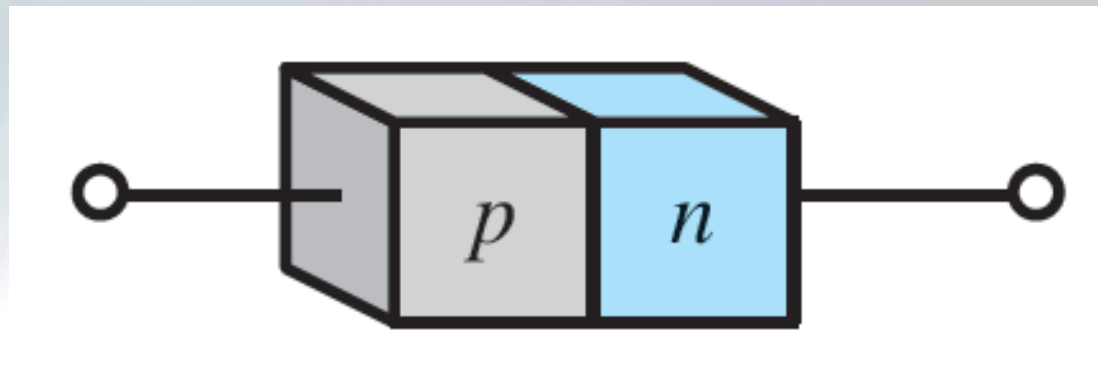
- Uma extremidade de um cristal de semiconductor é dopada como um material do tipo p e a outra extremidade com um material do tipo n .



- O resultado é a formação de uma região de depleção em torno da junção.

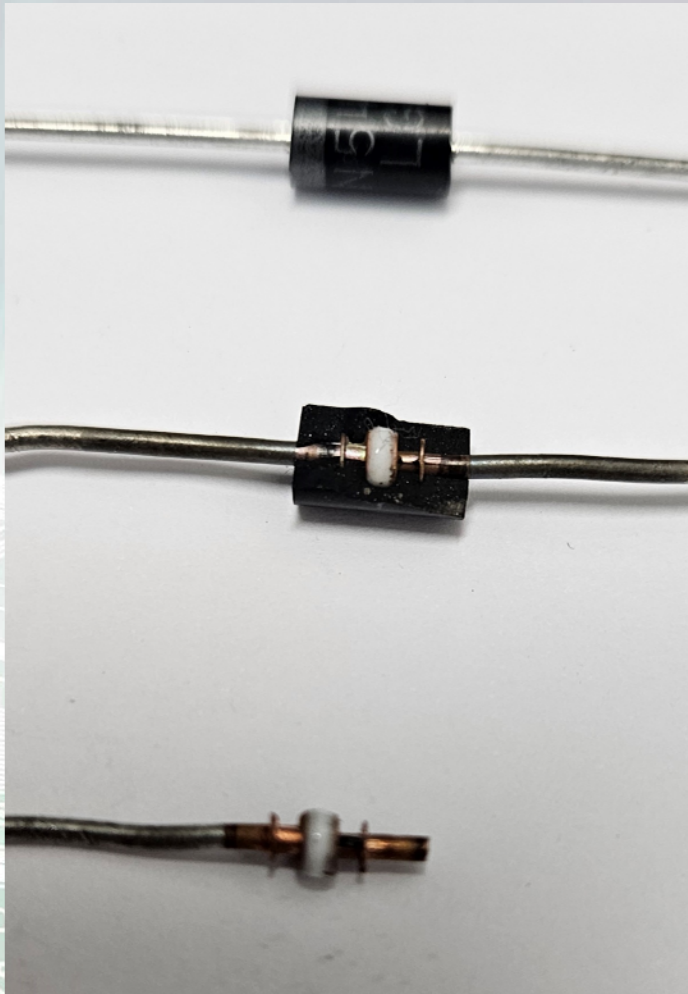
Diodo

Se terminais forem ligados às extremidades de uma junção p-n teremos um dispositivo de dois terminais denominado diodo.

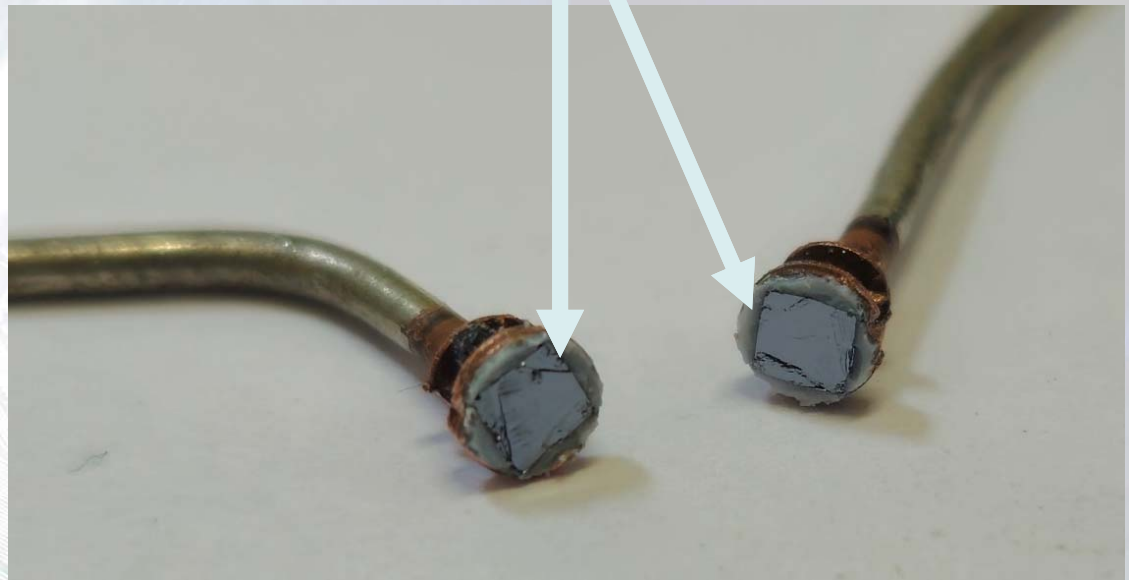


junção de cristais P (ânodo) e N (cátodo) que permite a passagem de corrente elétrica no sentido ânodo-cátodo e apresenta alta impedância no sentido cátodo-ânodo.

Diodo



Cristais



Condições de operação do diodo

- Um diodo tem três condições de operação:
 - Sem polarização.
 - Polarização direta.
 - Polarização reversa.

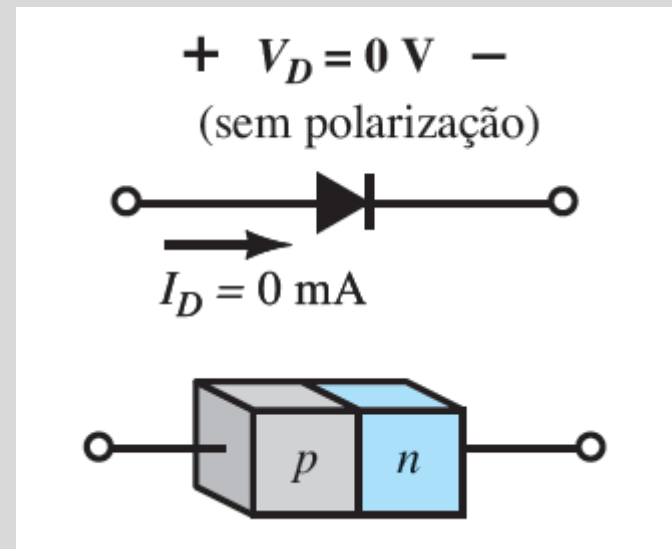
Condições de operação do diodo

- **Ausência de polarização**

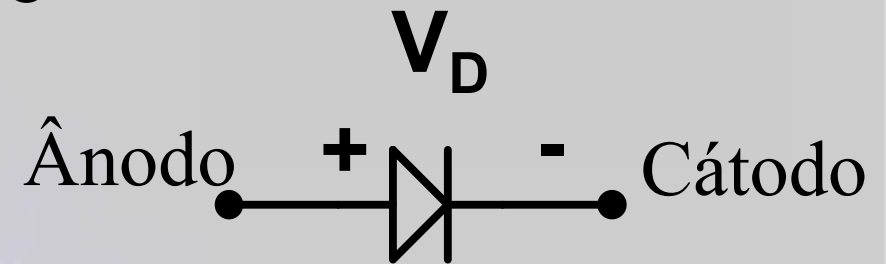
- Nenhuma tensão externa é aplicada: $V_D = 0$ V.

- Não há corrente no diodo: $I_D = 0$ A.

- Só uma modesta depleção.

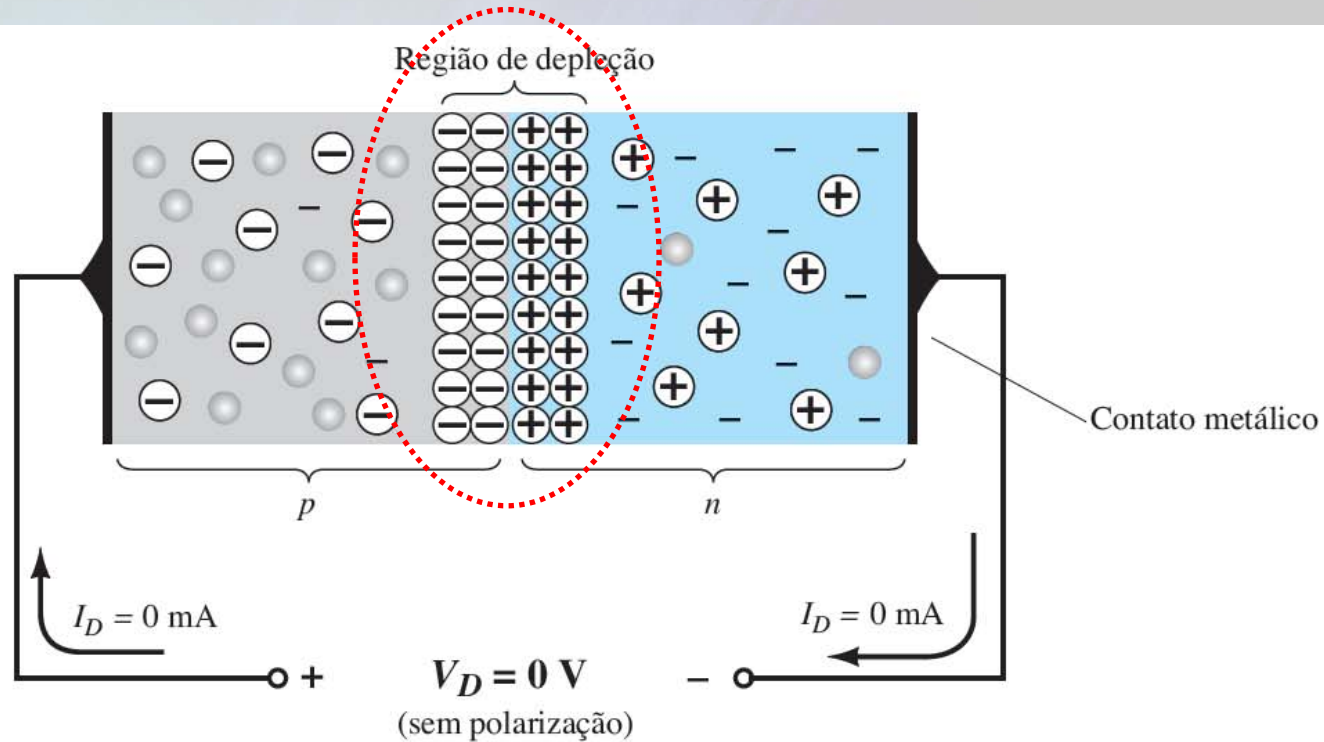


Condições de operação do diodo



Sem polarização

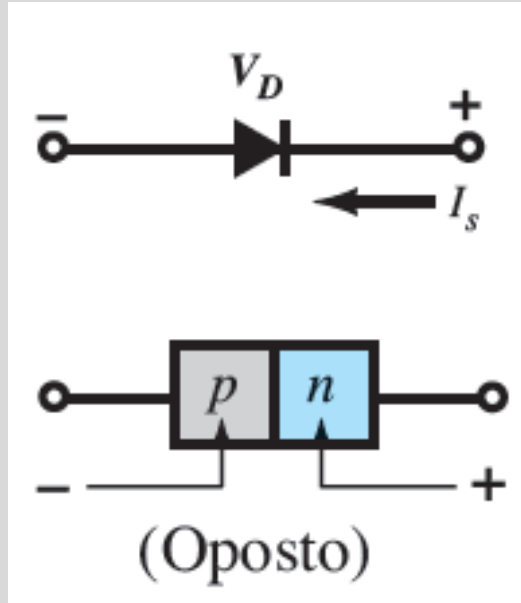
$V_D = 0V$



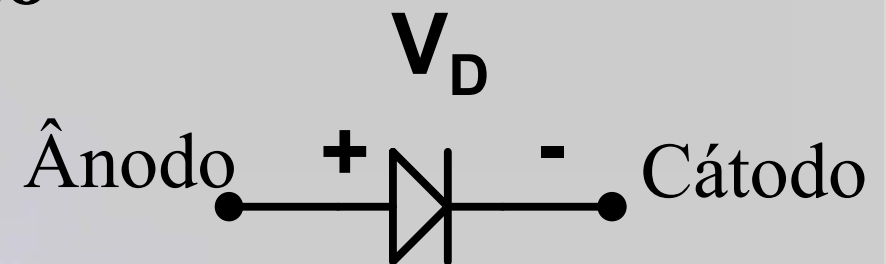
Condições de operação do diodo

- Polarização reversa

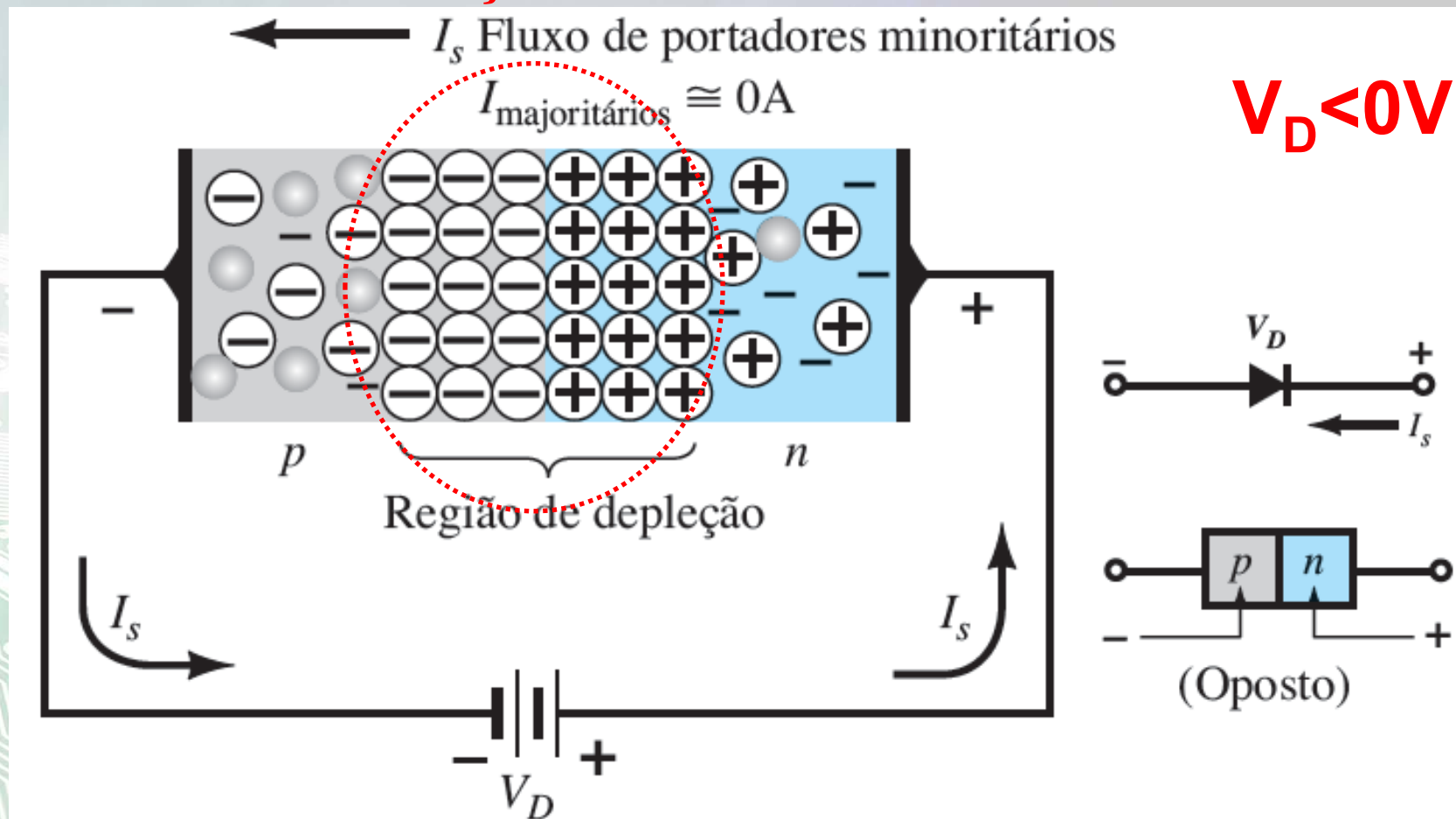
- Uma tensão externa é aplicada ao longo da junção p - n na polaridade oposta dos materiais do tipo p e n .



Condições de operação do diodo



Polarização reversa ou inversa



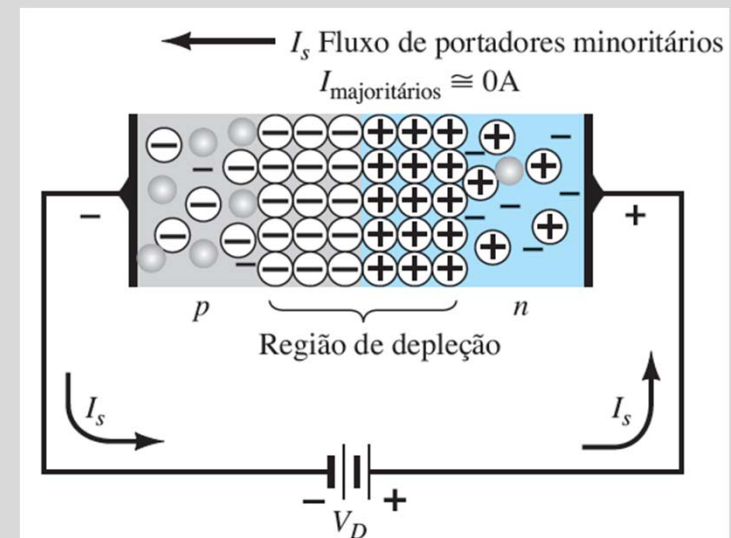
Condições de operação do diodo

- Polarização reversa

- A tensão reversa faz com que a área da região de depleção aumente.

- Os elétrons no material do tipo n são atraídos para perto do terminal positivo da fonte de tensão.

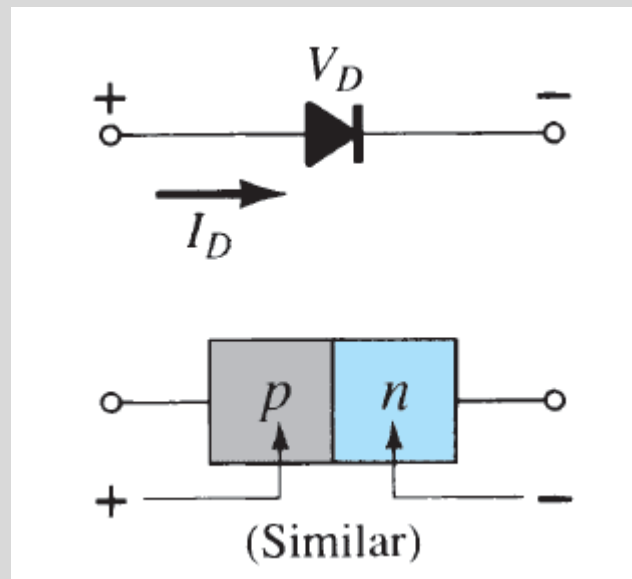
- As lacunas no material do tipo p são atraídos para perto do terminal negativo da fonte de tensão.



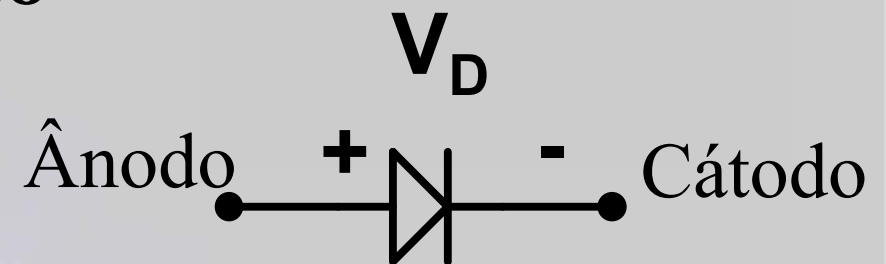
Condições de operação do diodo

- Polarização direta

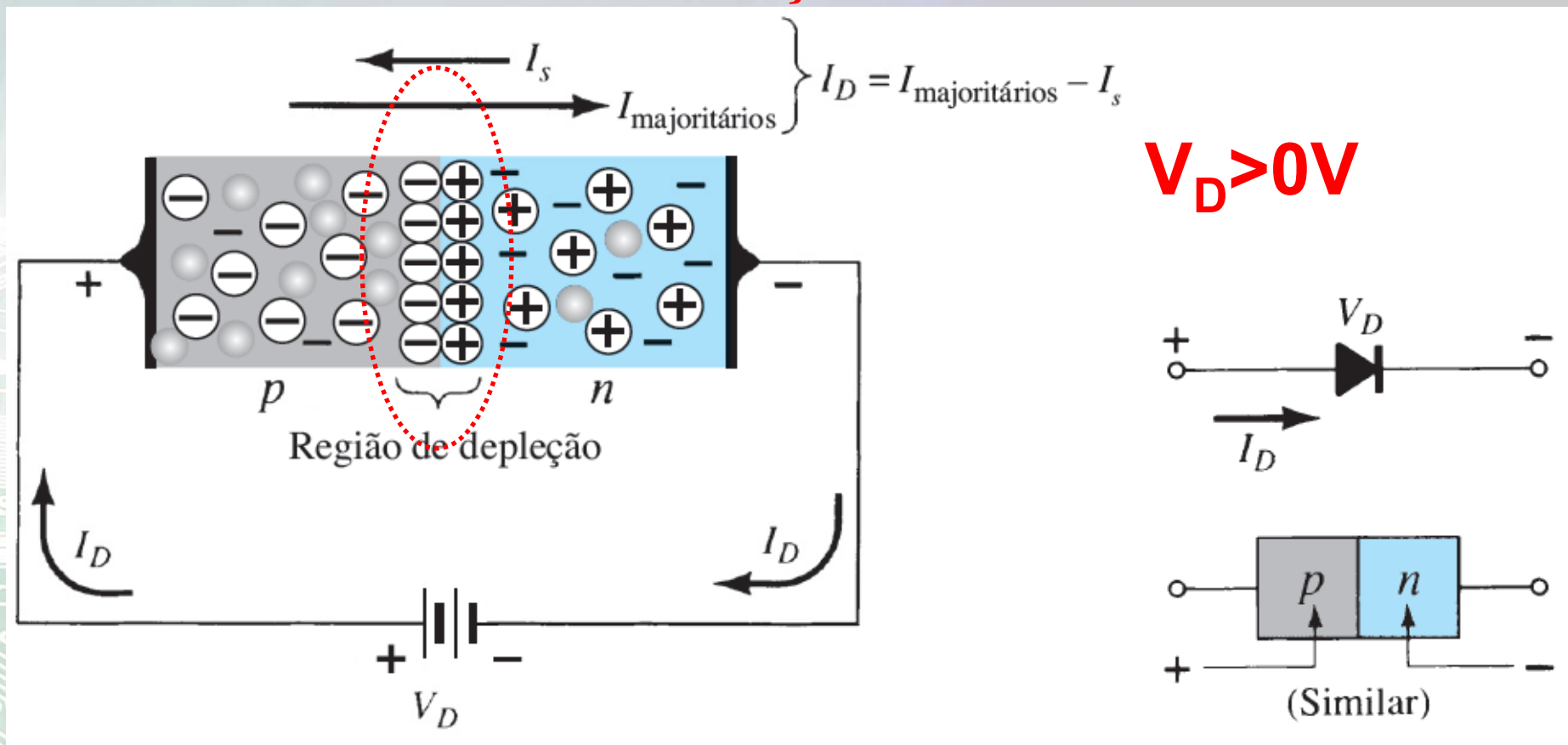
- o Uma tensão externa é aplicada ao longo da junção p - n na mesma polaridade dos materiais do tipo p e n .



Condições de operação do diodo



Polarização direta

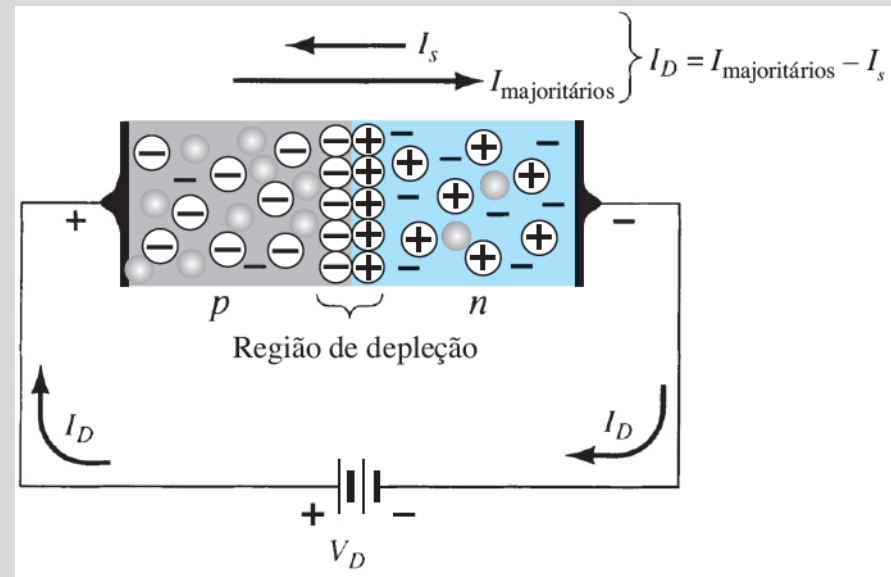


Condições de operação do diodo

- Polarização direta

- A tensão direta faz com que a área da região de depleção diminua.

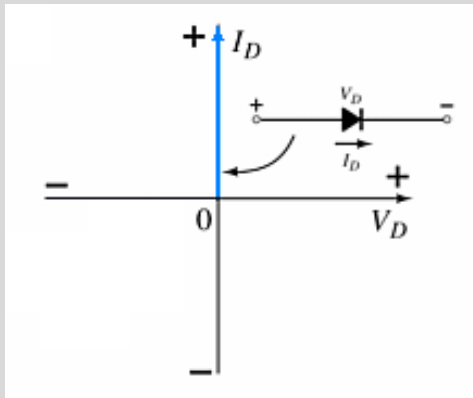
- Os elétrons e lacunas são empurrados em direção à junção p - n .



- Os elétrons e lacunas têm energia suficiente para cruzar a junção p - n .

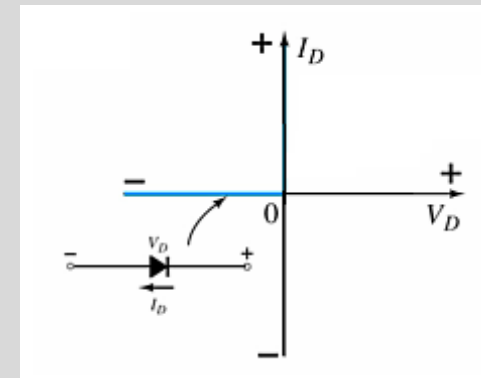
Características do diodo ideal

Região de condução



- A tensão no diodo é 0V
- A corrente é infinita
- O diodo se comporta como um curto

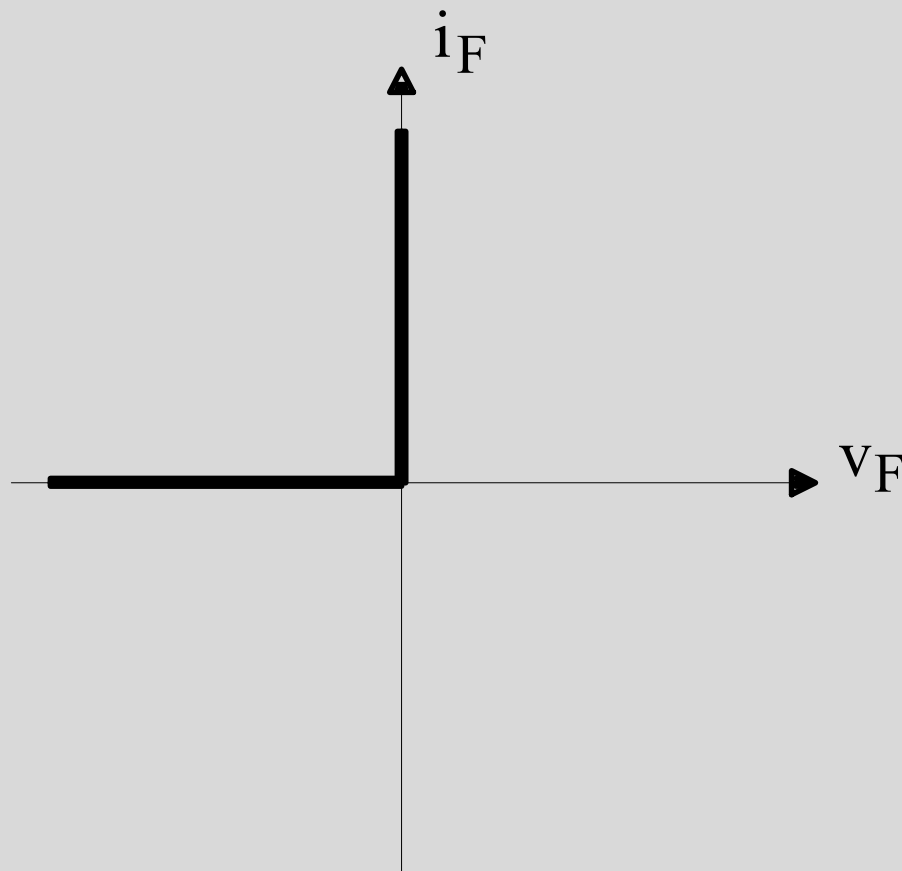
Região de não condução



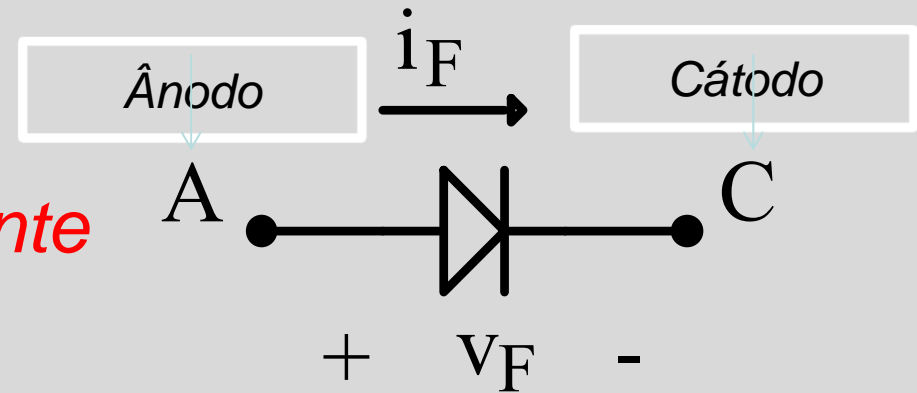
- Toda a tensão fica no diodo
- A corrente é de 0 A
- O diodo se comporta como aberto

Diodo Ideal

Característica tensão x corrente



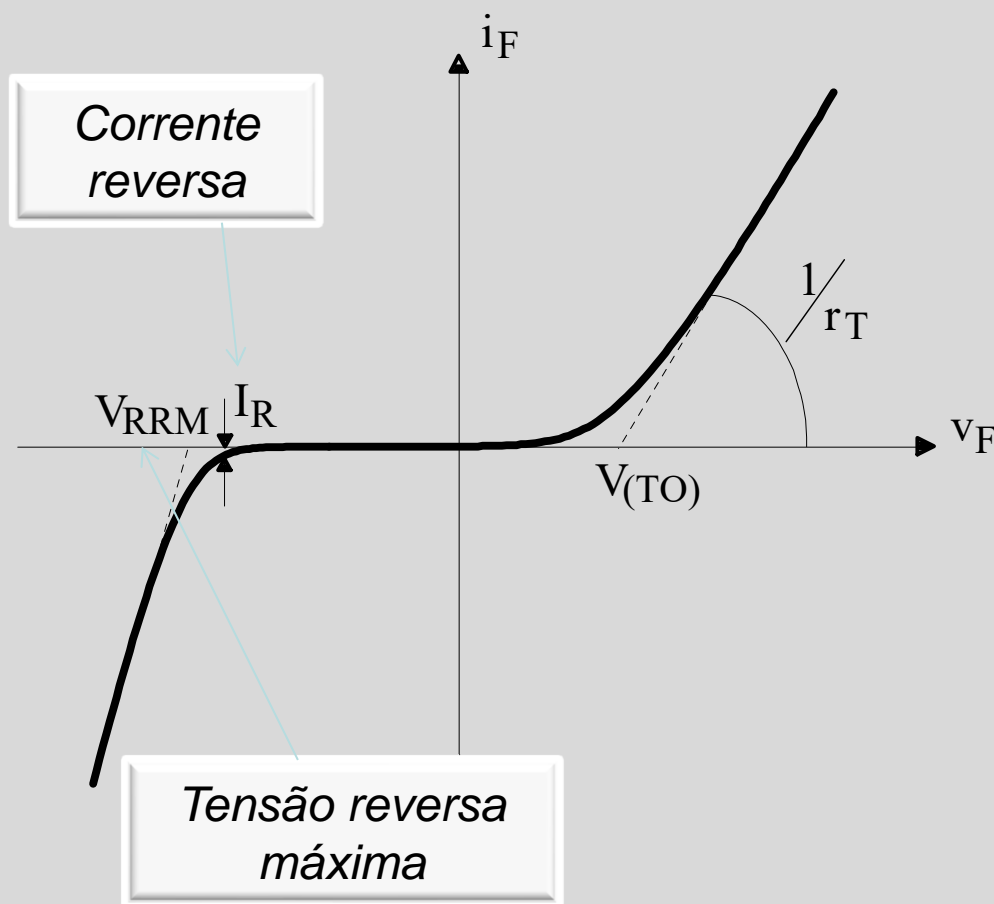
Característica não linear



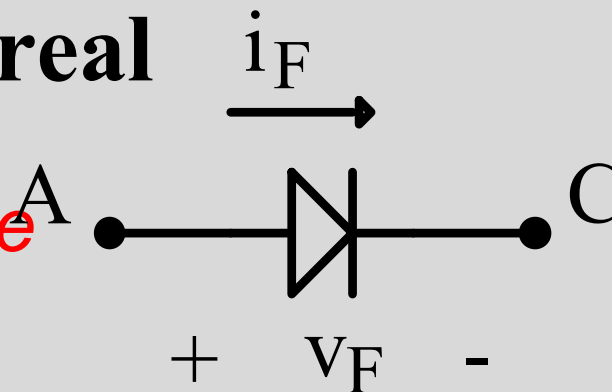
- ▶ $V_F > 0 \Rightarrow$ Resistência nula entre A e C
- ▶ $V_F < 0 \Rightarrow$ Resistência infinita entre A e C.
- ▶ Bloqueia tensões reversas infinitas.
- ▶ Não apresenta perdas.

Características do diodo real

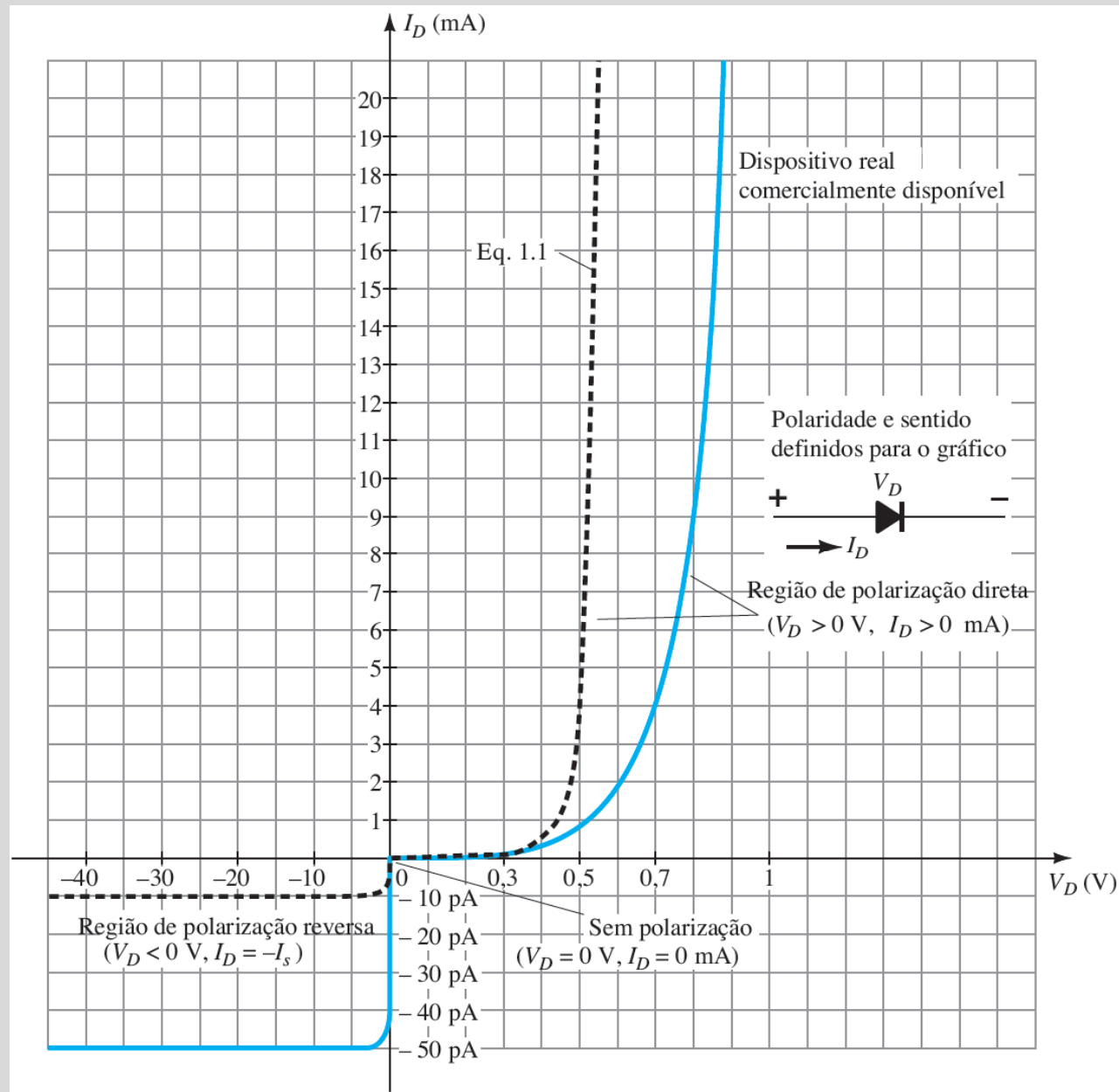
Característica tensão x corrente



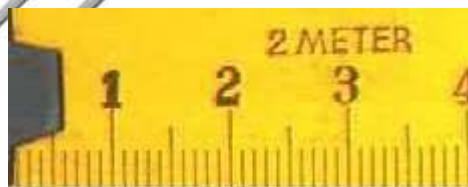
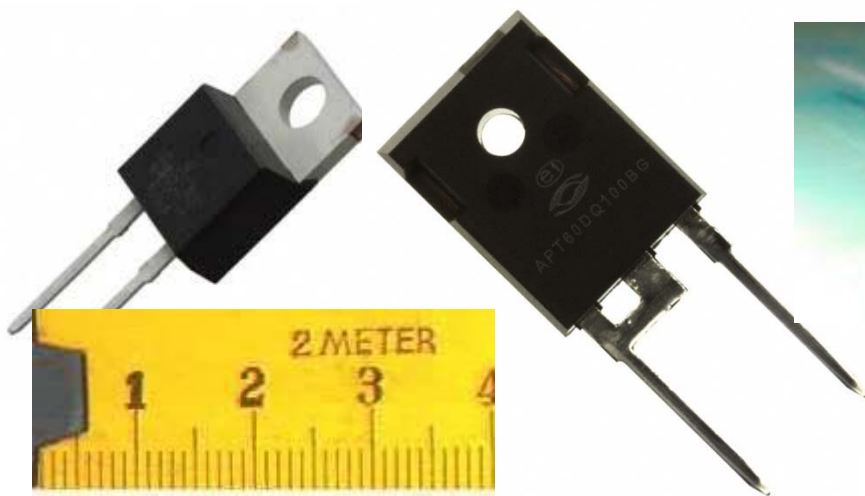
- ▶ $V_F > V_{(TO)} \Rightarrow$ Resistência r_T entre A e C.
- ▶ $V_F < V_{(TO)} \Rightarrow$ Resistência elevada entre A e C.
- ▶ Bloqueia tensões reversas menores que V_{RRM} .
- ▶ Apresenta perdas de condução e comutação.
- ▶ Corrente reversa não nula.



Características reais do diodo



Diodos - encapsulamento



RSI

Referências

1. BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. 11. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, c2013. xii, 766 p. ISBN 9788564574212. URL
2. SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth Carless. Microeletronica. 5.ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2007. 848 p. ISBN 9788576050223. URL
3. Barbi, Ivo. Eletrônica de potência. Edição do autor. 2011.

