

Introdução à Eletrônica – PSI2223

Aula 3

O material a seguir complementa o livro texto, Microeletrônica 5ª Edição de Sedra/Smith. Este material não é um substituto para o livro texto, portanto você deve seguir em paralelo com este material e o livro.

Dr. Antonio Carlos Seabra

Professor Titular

Dep. Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Escola Politécnica da USP

2011

3ª Aula: O Diodo Real

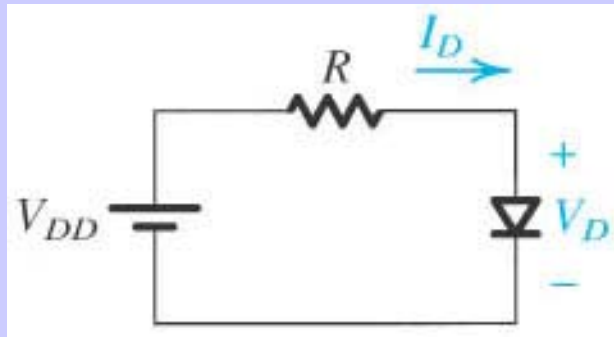
Ao final desta aula você deverá estar apto a:

- Explicar porque a lei do diodo é de difícil utilização para cálculos rápidos de tensões e correntes em um circuito com diodos**
- Listar os modelos alternativos à equação do diodo para cálculos rápidos em regime CC**
- Realizar análises gráficas de comportamento de circuitos com diodos quando submetidos a variações de parâmetros**
- Explicar como construir e determinar os parâmetros dos modelos linearizados para o diodo real**
- Empregar modelos linearizados para determinar correntes e tensões em circuitos com diodos**
- Discutir a adequação e escolher o modelo apropriado para realizar uma análise de circuitos empregando diodos**

Diodo Real

A Análise pelo Modelo Exponencial

Exemplo 3.4: Determine os valores da corrente I_D e da tensão V_D para o circuito abaixo com $V_{DD} = 5\text{ V}$ e $R = 1\text{ k}\Omega$. Suponha que a corrente do diodo é de 1 mA para uma tensão de 0,7 V, e que a queda de tensão varia de 0,1 V para cada década de variação na corrente.



$$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

Diodo Real

Exemplo 3.4: A solução tem que ser iterativa!!!

$$\begin{aligned}\text{Para } I = 1\text{mA}, V_{D1} = 0,7\text{V: } I_{D2} &= \frac{V_{DD} - V_{D1}}{R} \\ &= \frac{5 - 0,7}{1} = 4,3\text{mA}\end{aligned}$$

Para $I = 4,3\text{mA}$, qual o novo V_{D2} ?

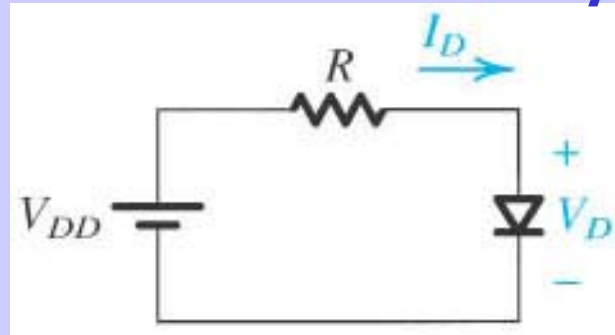
Lembre-se que: $V_{D2} - V_{D1} = 2,3nV_T \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}}$ e neste exercício $2,3nV_T = 0,1\text{V}!!!$

$$V_{D2} = 0,7 + 0,1 \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = 0,763 \longrightarrow I_{D3} = \frac{5 - 0,763}{1} = 4,237\text{mA}$$

$$\begin{aligned}V_{D3} &= 0,763 + 0,1 \log \left[\frac{4,237}{4,3} \right] \\ &= 0,762\text{V}\end{aligned}$$

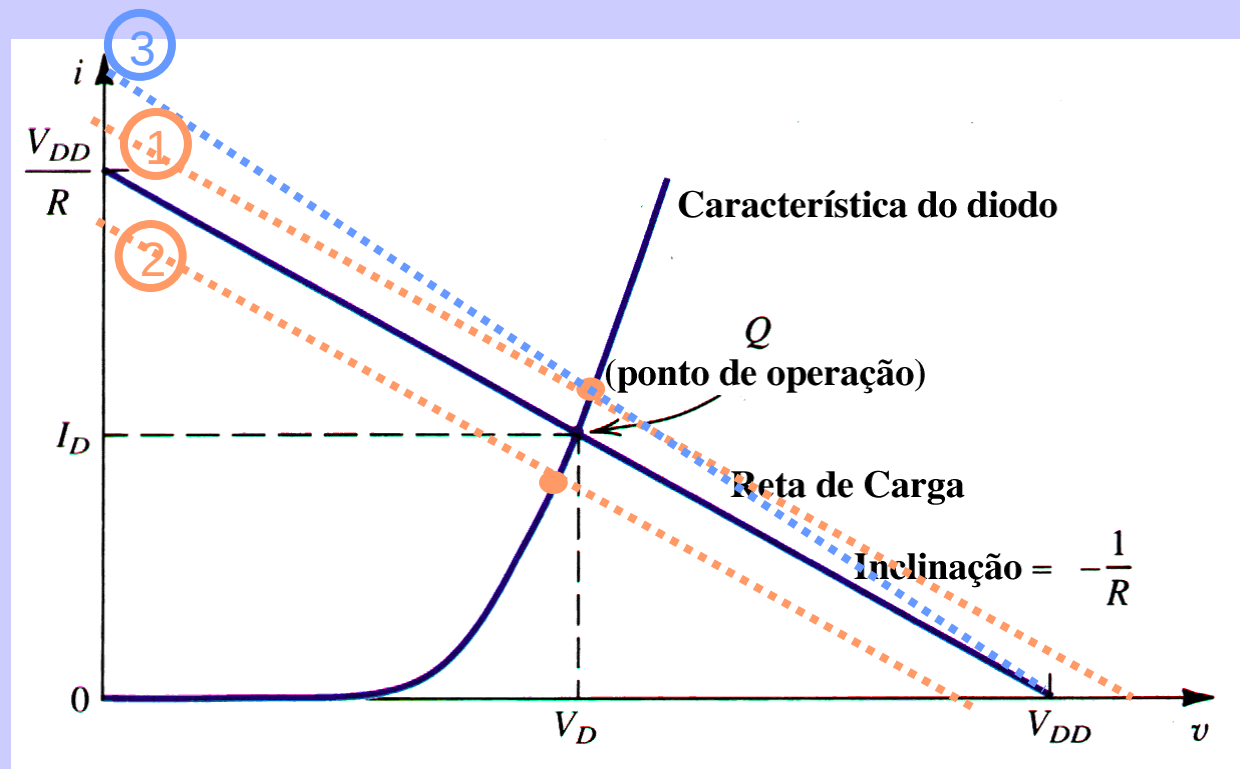
Diodo Real

A Análise Gráfica



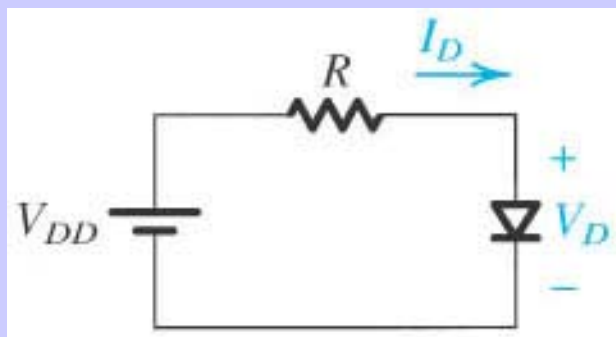
$$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$



Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados para o regime CC



$$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

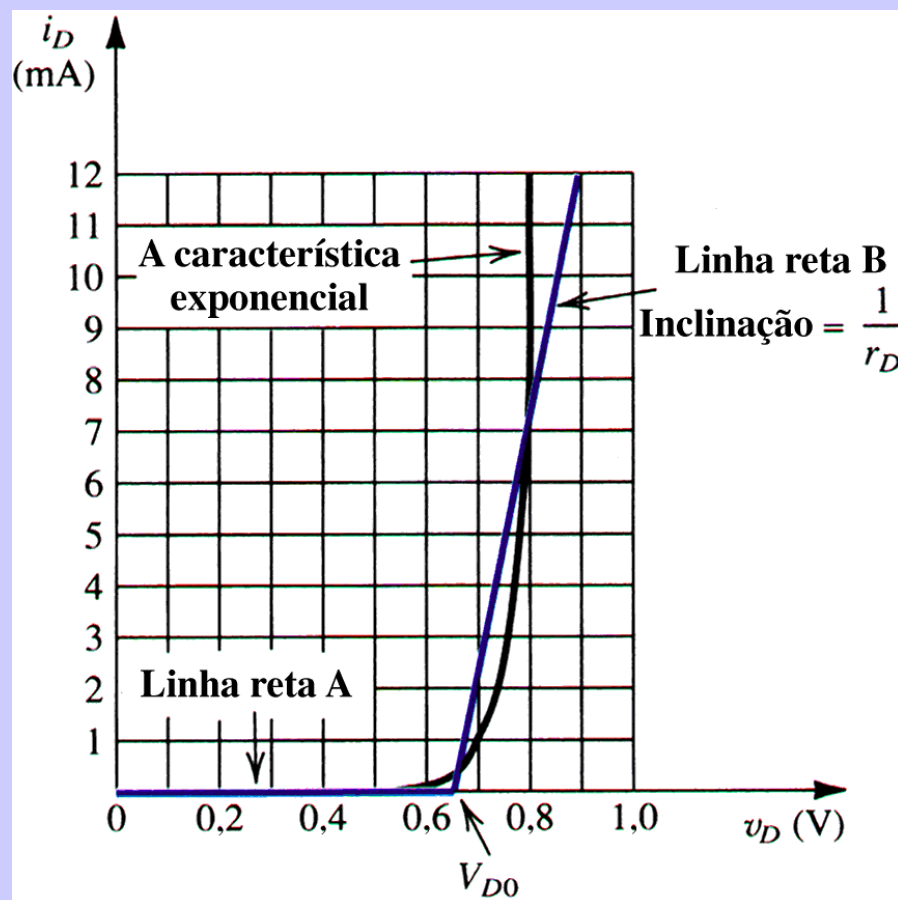
$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

Nosso problema advém da equação do diodo ser não linear. E se conseguirmos linearizá-la?

Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados (CC)

Aproximação da Curva Característica por Retas

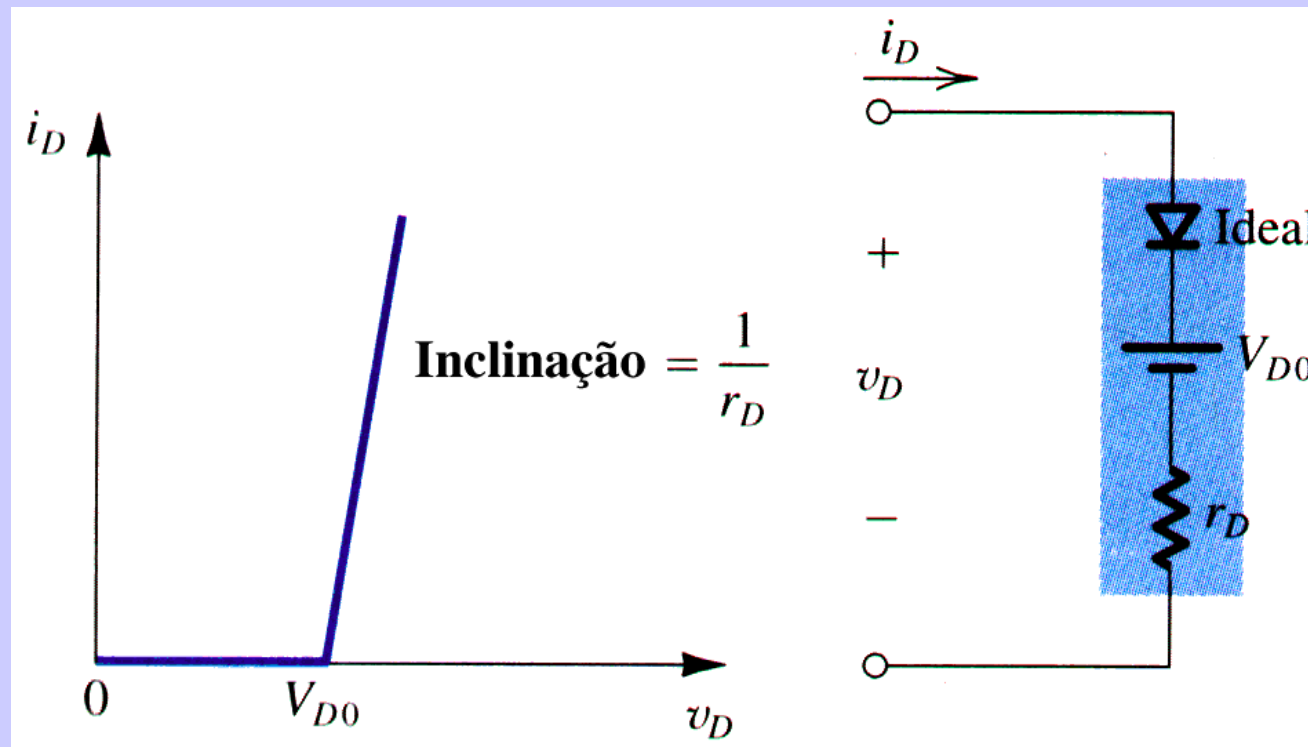


- Até V_{D0} (reta A), diodo aberto
- Após V_{D0} (reta B), segmento de reta com inclinação $1/r_D$
- Como criar um modelo?

Diodo Real

A Análise por Modelos Linearizados (CC)

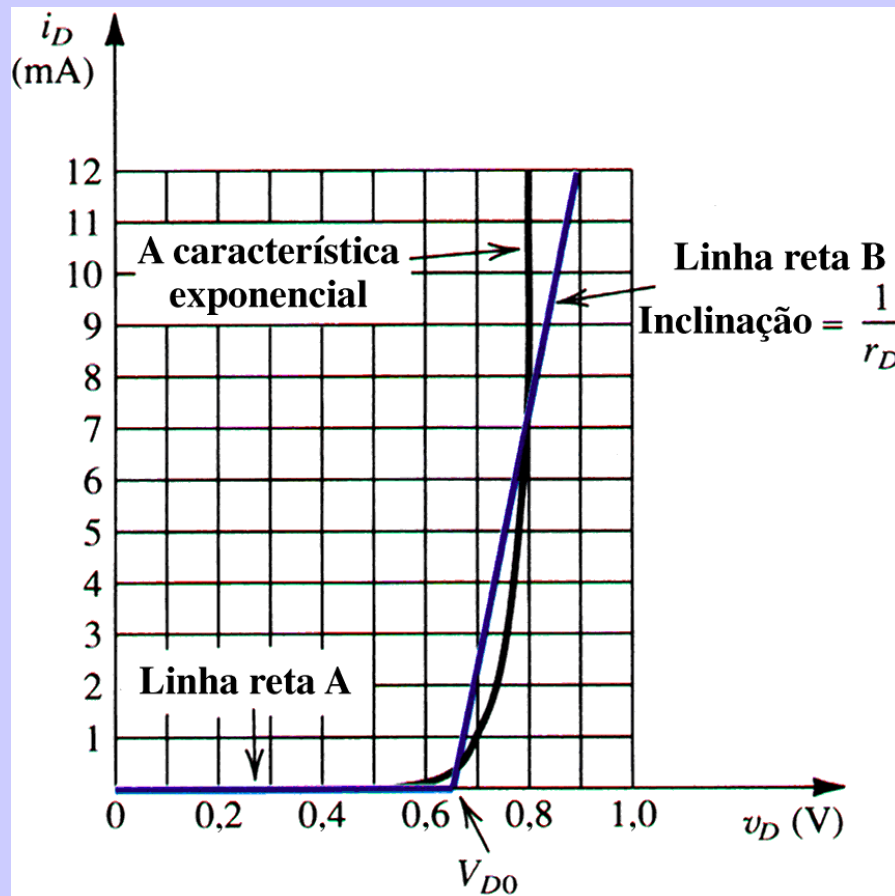
O Modelo com V_{D0} e r_D



Exemplo 3.4 de novo!: Determine os valores da corrente I_D e da tensão V_D para o circuito abaixo. Suponha que a corrente do diodo é de 1 mA para uma tensão de 0,7 V, e que a queda de tensão varia de 0,1 V/década de corrente.

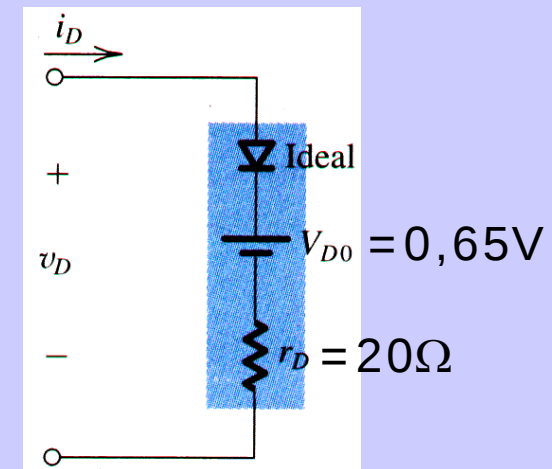
Temos que descobrir um V_{D0} e um r_D !!!

Pela reta do Livro:

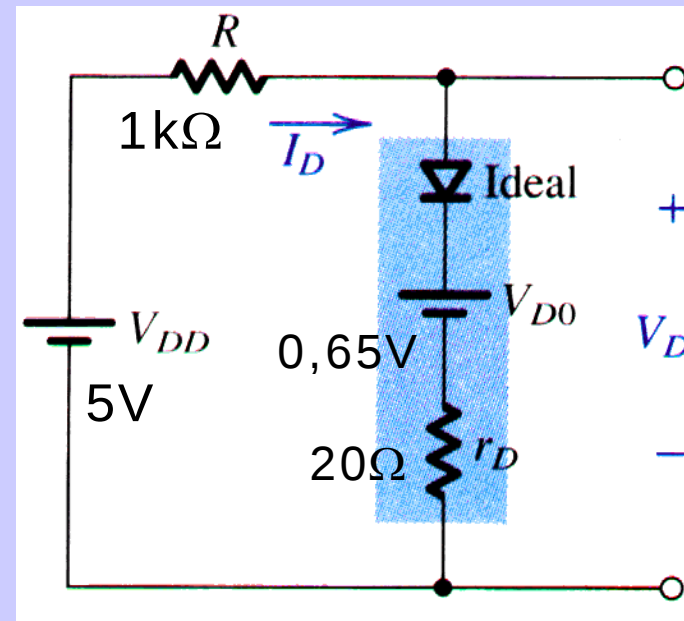
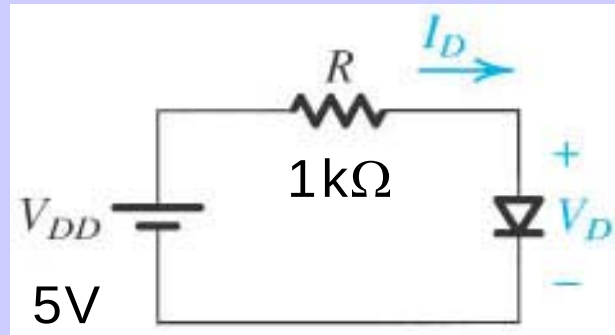


$$r_D = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{(0,9 - 0,8)V}{(12 - 7)mA} = \frac{0,1}{5m} = 20\Omega$$

$$V_D = V_{D0} + r_D I_D \Rightarrow V_{D0} = 0,65V$$



Exemplo 3.4 de novo!:



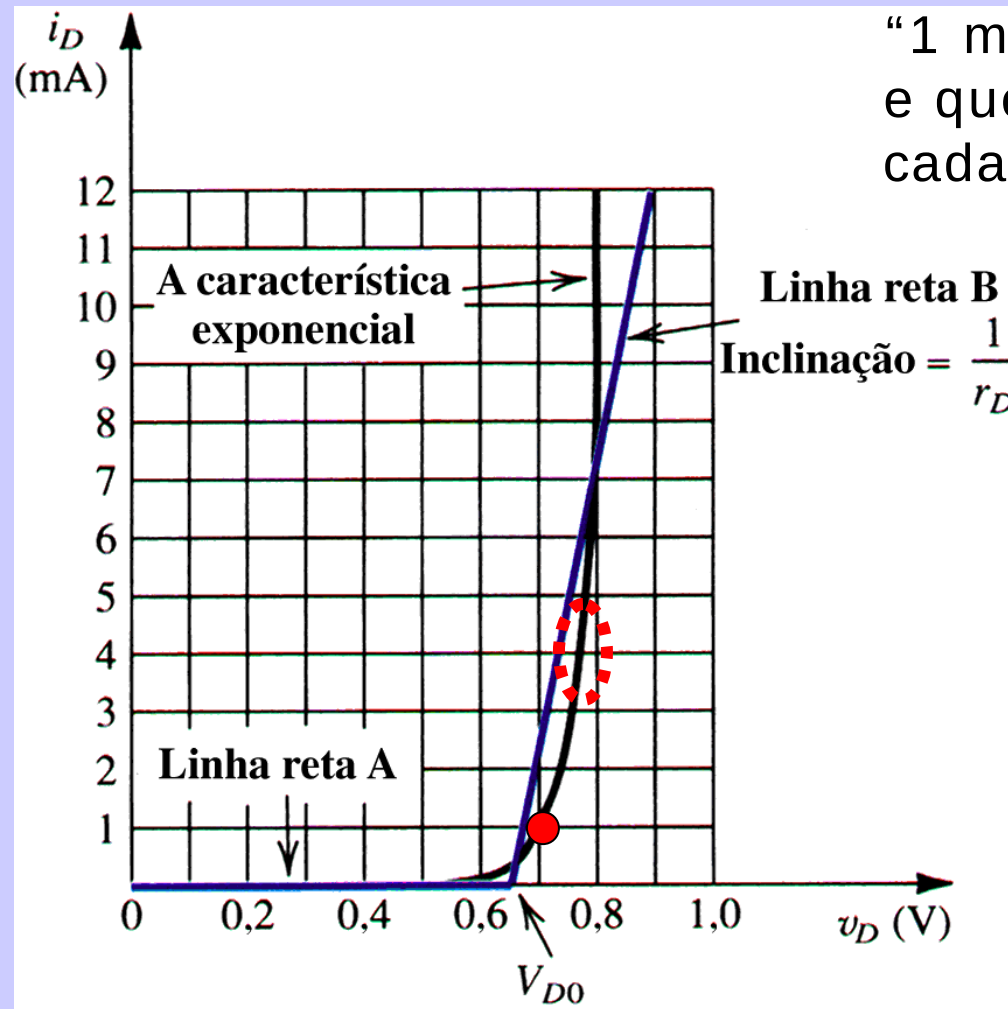
$$I_D = \frac{V_{DD} - V_{D0}}{R + r_D} = \frac{5 - 0,65}{1020} = 4,26\text{mA}$$

$$I_D = V_D = V_{D0} + r_D I_D = 0,65 + 20 \cdot 4,26\text{m} = 0,735\text{V}$$

Solução exata: $I_D = 4,28\text{mA}$ e $V_D = 0,762\text{V}$

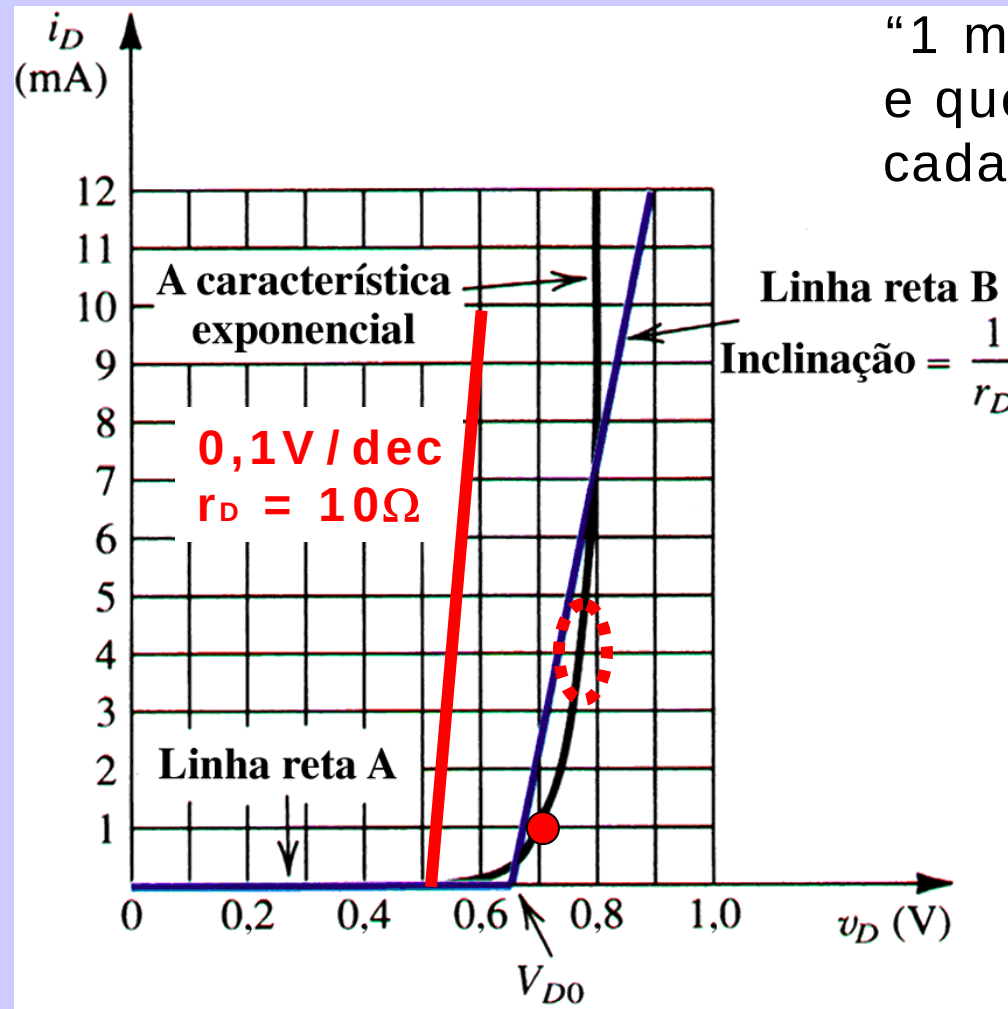
Alguma crítica???

Ex. 3.4 de novo!: Vamos ver como o livro determinou V_{D0} e r_D .

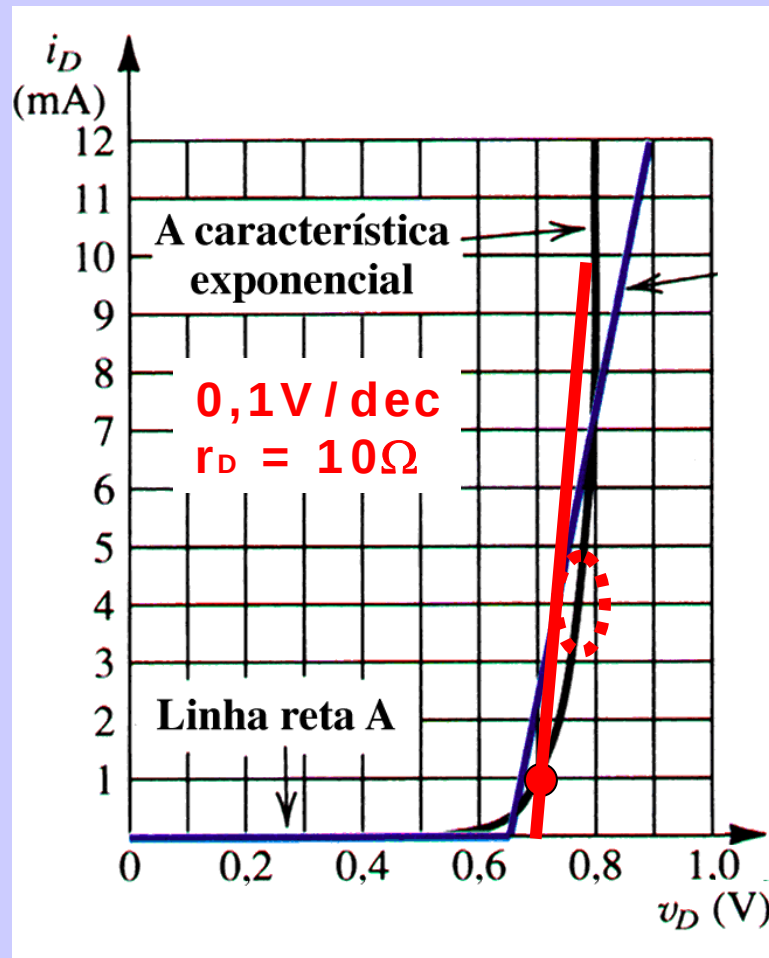


“1 mA para uma tensão de 0,7 V,
e queda de tensão de 0,1 V para
cada década”...

Ex. 3.4 de novo!: Vamos ver como o livro determinou V_{D0} e r_D .



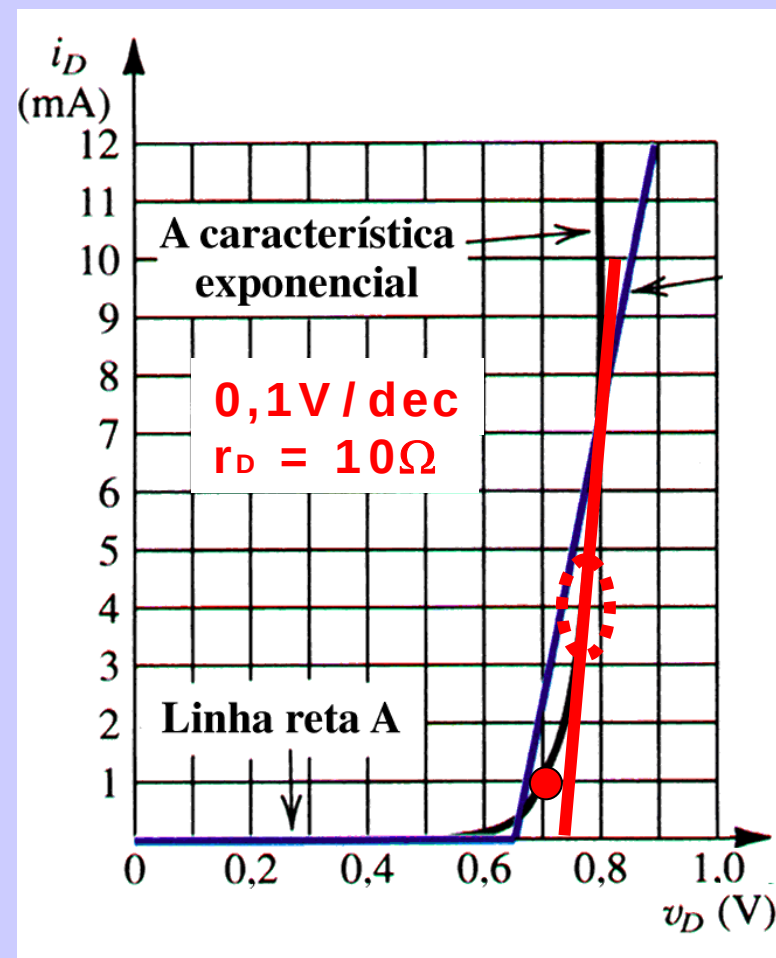
“1 mA para uma tensão de 0,7 V,
e queda de tensão de 0,1 V para
cada década”...



$$V_{D0} = 0,69\text{V}$$

$$I_D = 4,27\text{mA e}$$

$$V_D = 0,733\text{V}$$



$$V_{D0} = 0,71\text{V}$$

$$I_D = 4,25\text{mA e}$$

$$V_D = 0,752\text{V}$$

Resumindo

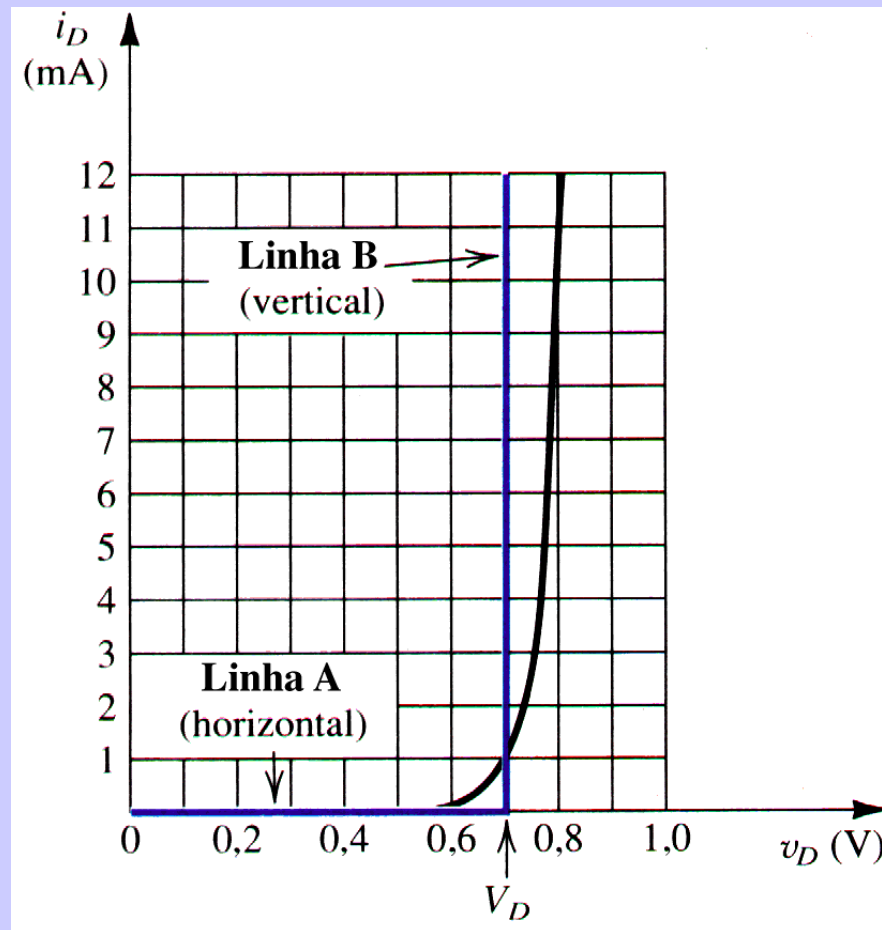
	Exata	Livro	Ref em 1mA	Ref em 4mA
V_D	0,762V	0,735V (-4%)	0,733V (-4%)	0,752V (-2%)
I_D	4,28mA	4,26mA (-1%)	4,27mA (-1%)	4,25mA (-1%)

Em engenharia, erros menores que 10 % são aceitáveis e melhores que 5 % são muito bons!

Será então que não exageramos na dose?

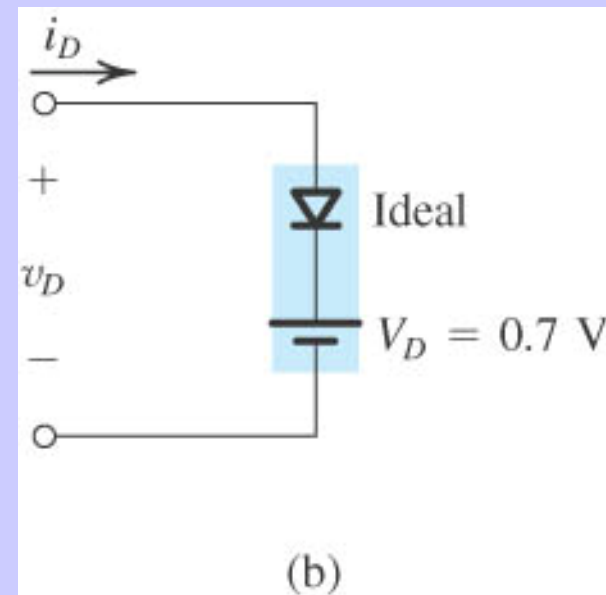
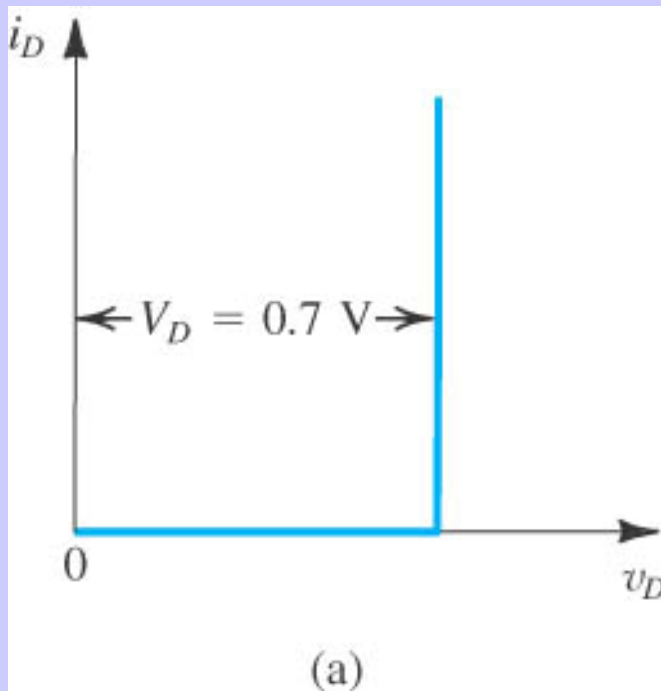
Talvez buscar um modelo até mais simples...

O Modelo só com V_D

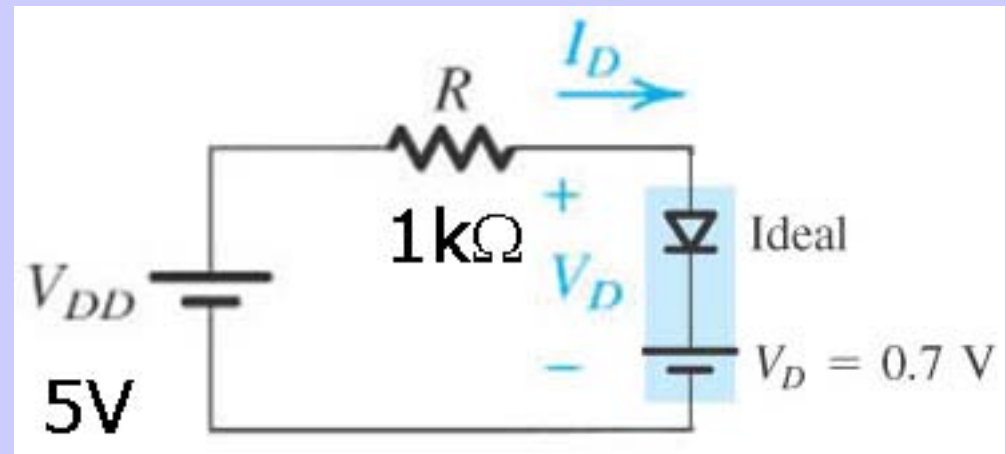
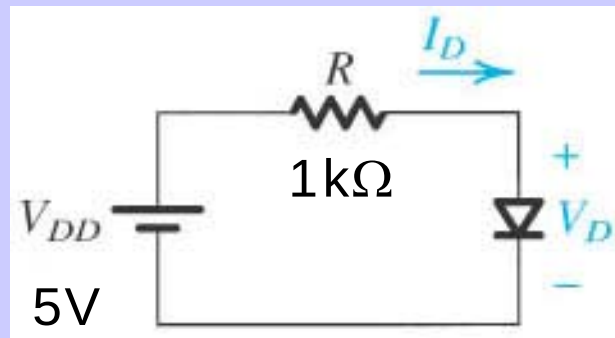


O Modelo só com V_D

Assumimos $V_D = 0,7\text{ V}$



Exemplo 3.4 de novo!:



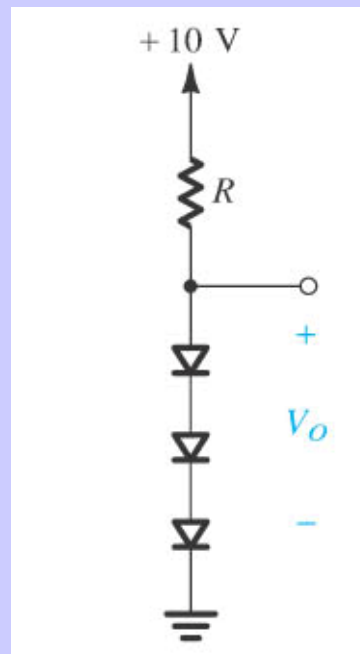
Exemplo 3.4 de novo!:

Resumindo

	Exata	Livro	Ref em 4mA	Modelo só V_D
V_D	0,762V	0,735V (-4%)	0,752V (-2%)	0,7V (-8%)
I_D	4,28mA	4,26mA (-1%)	4,25mA (-1%)	4,3mA (+1%)

Modelo Diodo Ideal (Chave aberta, chave fechada):
 $V_D = 0$; $I_D = 5\text{mA}$ (17%)

Exercício 3.12 Projete o circuito da Figura E3.12 para proporcionar uma tensão de saída de 2,4 V. Suponha que os diodos disponíveis tenham 0,7 V de queda com uma corrente de 1 mA e que $\Delta V = 0,1$ V/década de variação na corrente.



Fazer os exercícios 3.11 e 3.13!