

# INSTRUMENTAÇÃO NUCLEAR

## PROPORCIONAL

## Formação da avalanche

- ✓ Baseado na multiplicação de pares de íons para amplificar a carga original criada no gás.
- ✓ Operado na forma pulso que são consideravelmente maiores que na CI.
- ✓ A multiplicação de pares é consequência do aumento do campo elétrico.

Campo elétrico baixo → pequena velocidade (energia) de íons e elétrons

Campo elétrico alto → grande velocidade (energia) de íons e elétrons

Elétrons com alta energia → provocam ionização secundária que, por sua vez, provocam ionização (formação da cascata → Townsend avalanche)

# Formação da avalanche

O aumento do número de elétrons por unidade de caminho percorrido é dado pela Equação de Townsend:

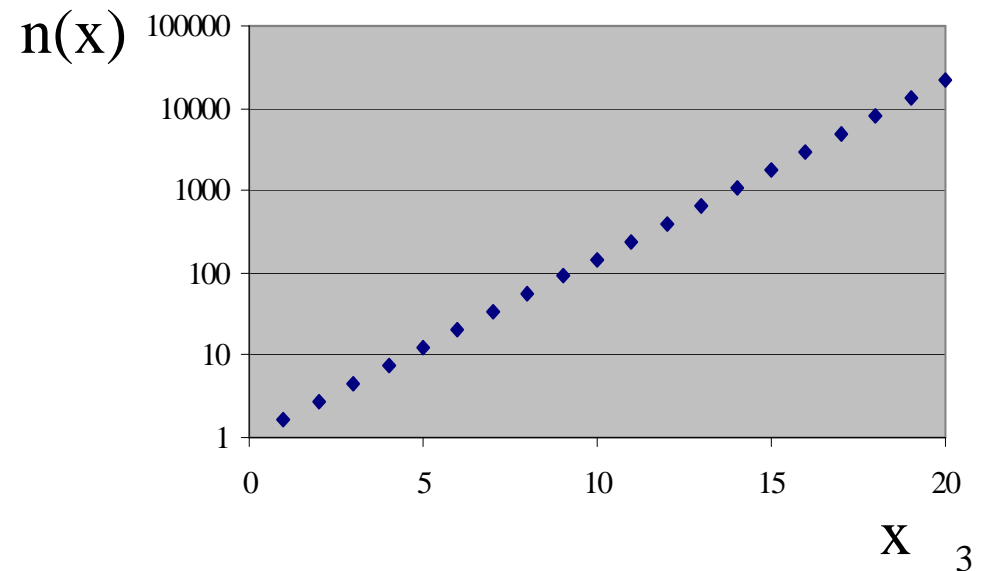
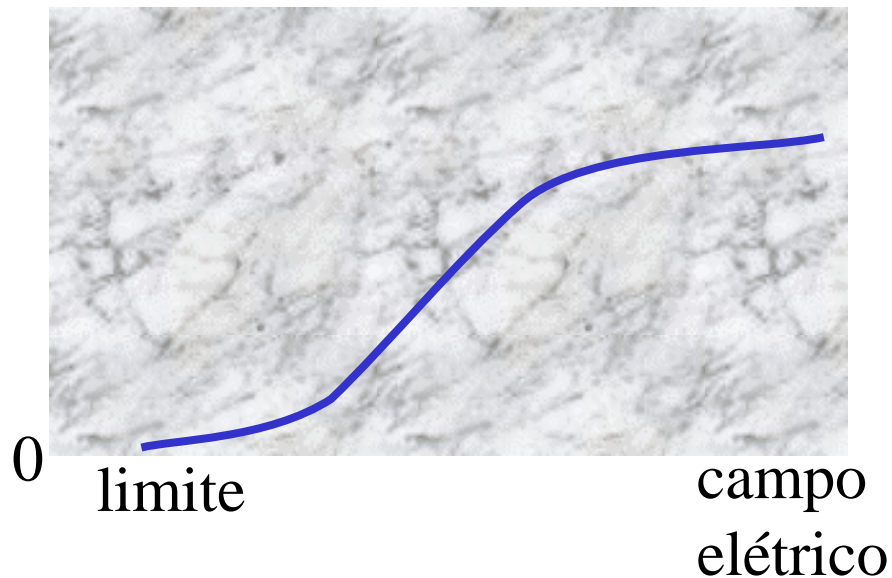
$$\frac{dn}{n} = \alpha \cdot dx$$

Fator de Townsend para o gás

p/ placa paralelas e  $\alpha$  c<sup>te</sup>:

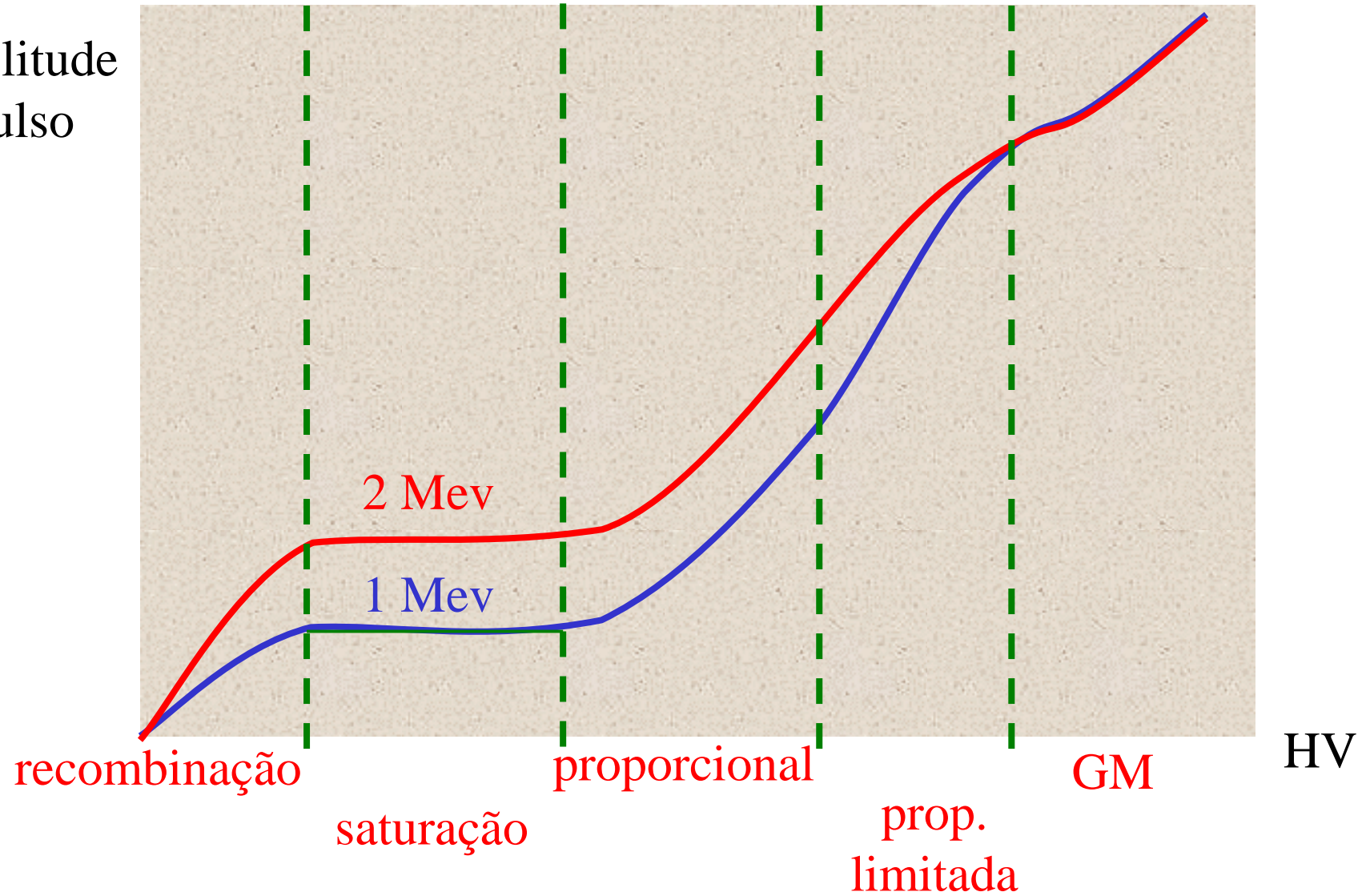
$$n(x) = n(0)e^{\alpha x}$$

$\alpha$



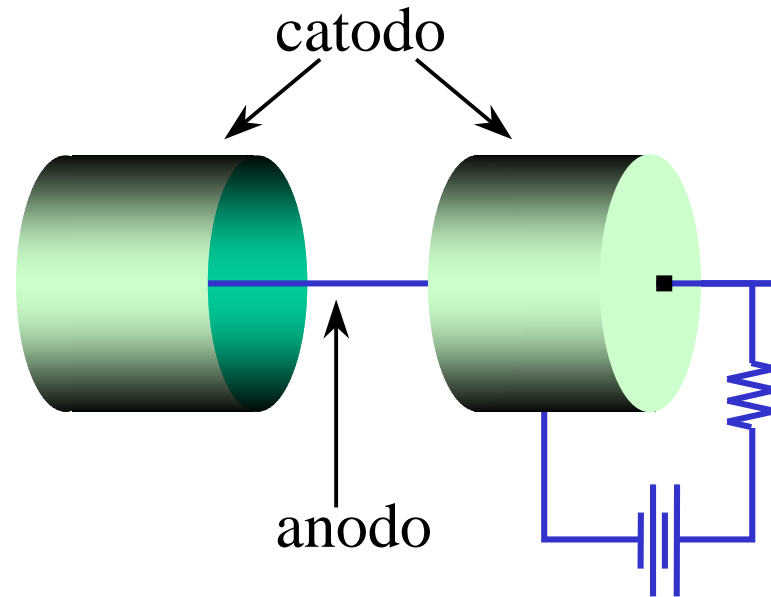
# Região de operação

Amplitude  
do pulso



# Geometria

## a. Cilíndrica



$$\mathcal{E}(r) = \frac{V}{r \ln(b/a)}$$

$\mathcal{E}$  = campo elétrico (V/m)

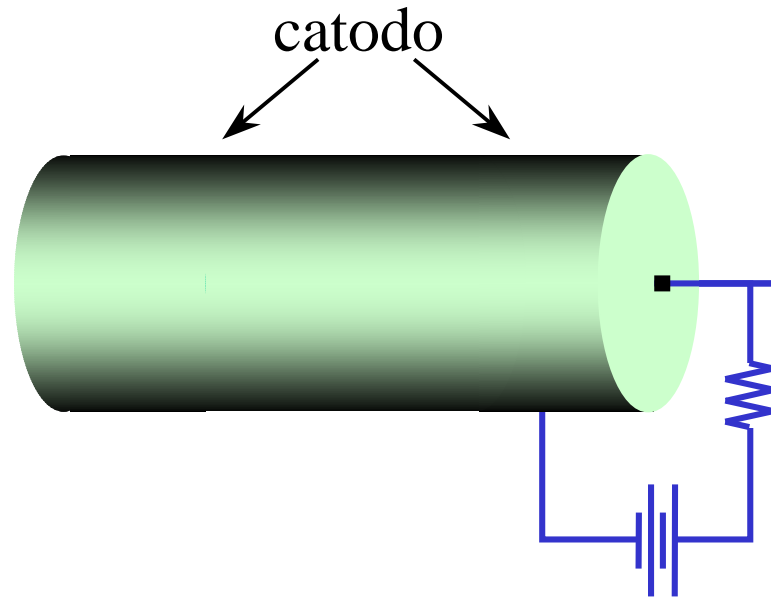
$V$  = tensão aplicada

$a$  = raio do anôdo

$b$  = raio interno do catodo

# Geometria

## a. Cilíndrica



$$\mathcal{E}(r) = \frac{V}{r \ln(b/a)}$$

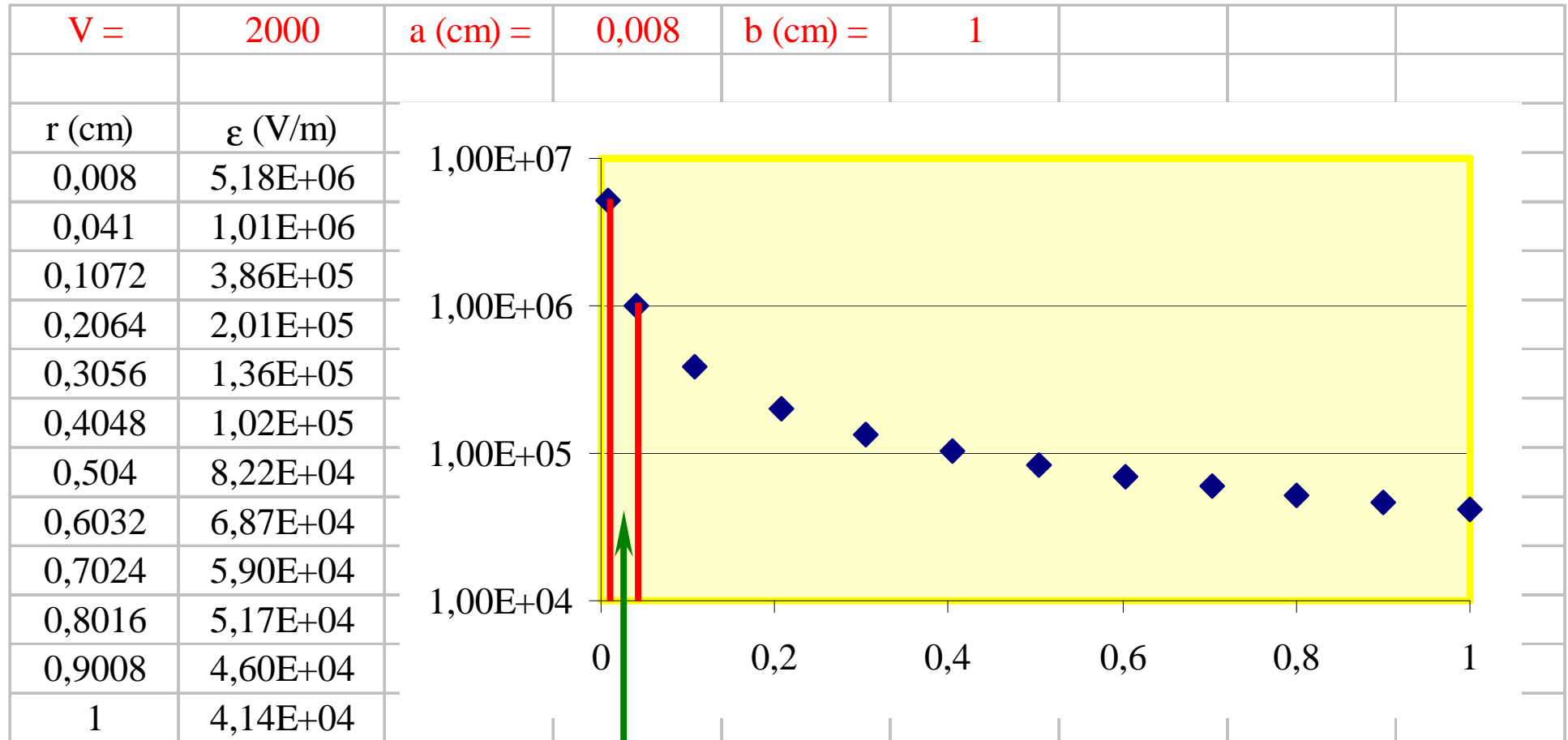
$\mathcal{E}$  = campo elétrico (V/m)

$V$  = tensão aplicada

$a$  = raio do anôdo

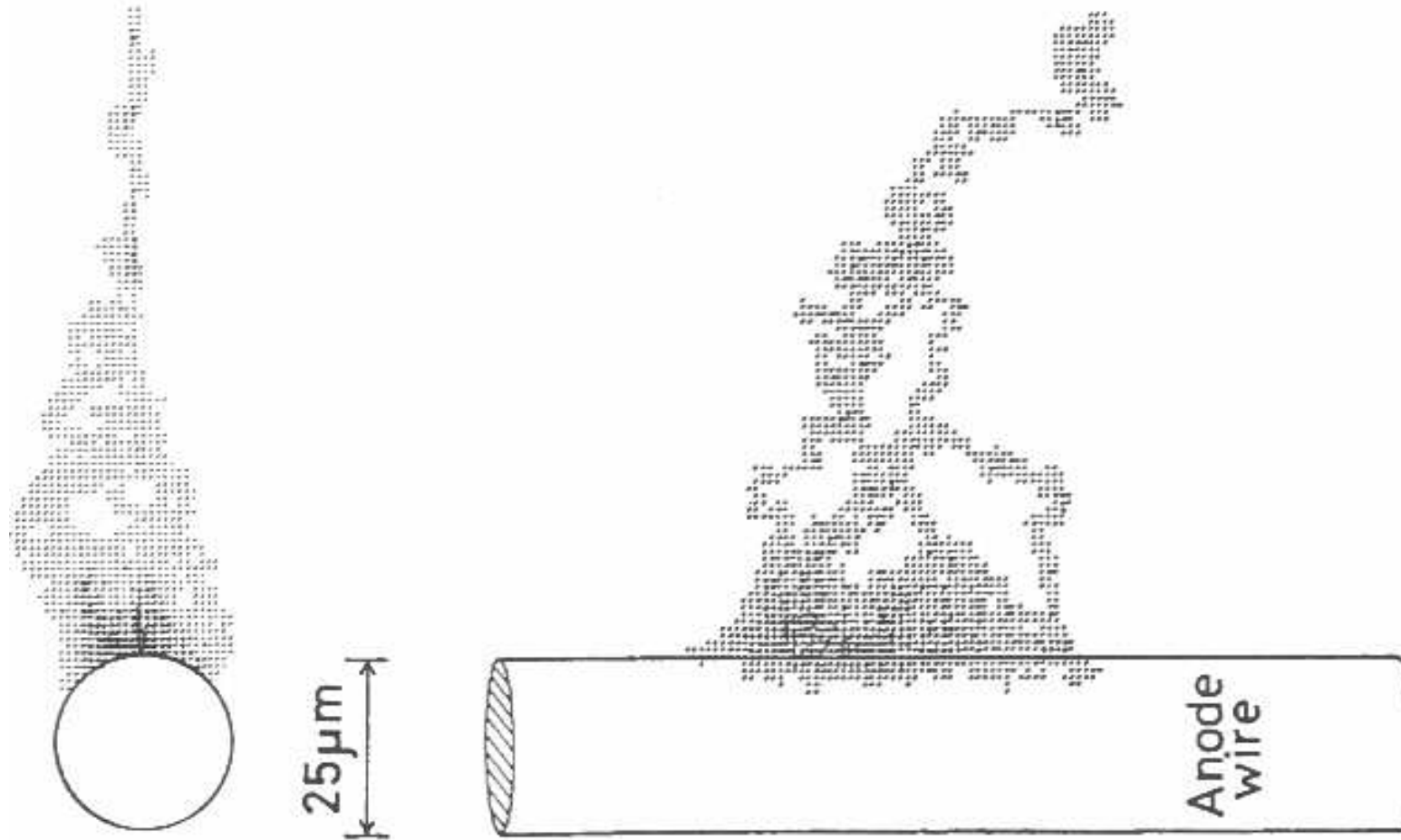
$b$  = raio interno do catodo

# Geometria - cilíndrica



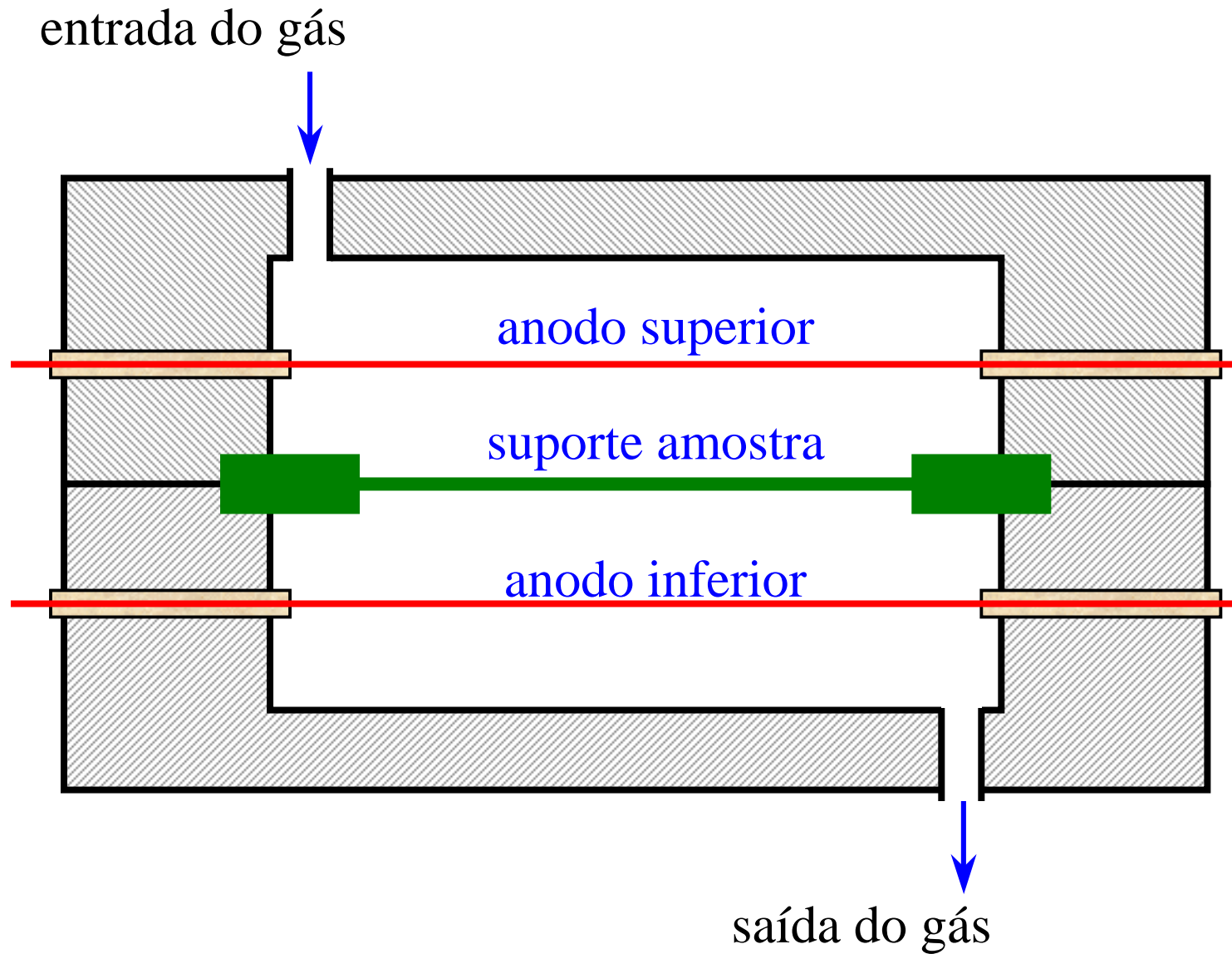
Região de multiplicação

# Geometria - cilíndrica

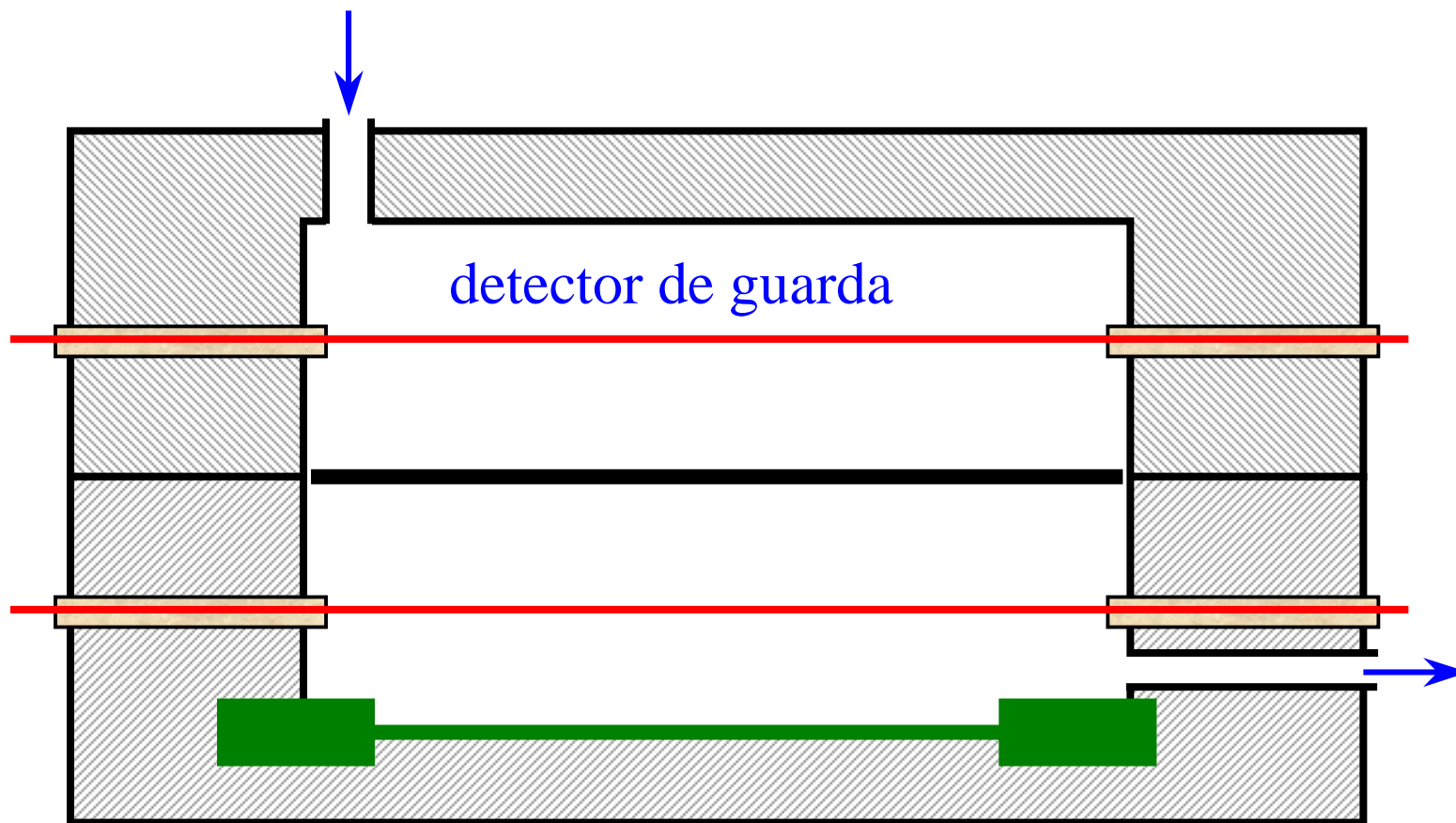




# Detector Proporcional $4\pi$

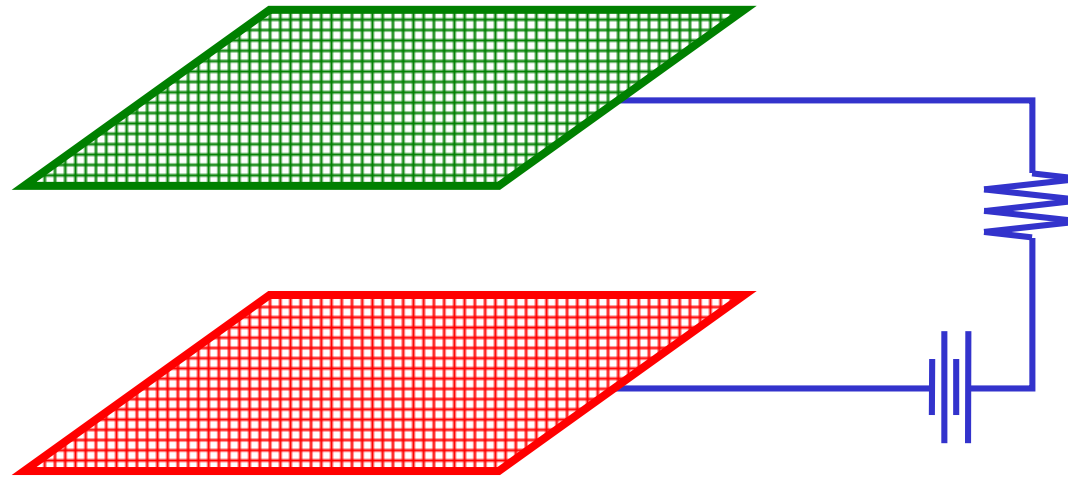


# Detector Proporcional de Baixo BG



# Geometria

## b. Placas paralelas



- Boa velocidade de resposta com perda de resolução
- Utilizado para partículas carregadas

# Gás

- ✓ Multiplicação de pares de íons depende da migração de  $e^-$  → o gás escolhido não deverá apresentar um alto coeficiente de adsorção de  $e^-$ . O ar não está dentre estes gases.
- ✓ A interação com  $e^-$  pode acarretar em moléculas excitados que emitem fóton ultravioleta ou visível que podem criar novas ionizações → gás de quenching absorve estes fótons.

## Fator de multiplicação do gás

$$\ln(M) = \frac{V}{\ln(b/a)} \frac{\ln(2)}{\Delta V} \left( \ln \frac{V}{pa \ln(b/a)} - \ln(K) \right)$$

**M** = fator de multiplicação do gás

**V** = tensão aplicada

**a** = raio do ânodo

**b** = raio do catodo

**p** = pressão do gás

**K** = valor mínimo de  $\epsilon/p$  para haver multiplicação

$\Delta V$  = diferença de potencial que o elétron se move entre ionizações

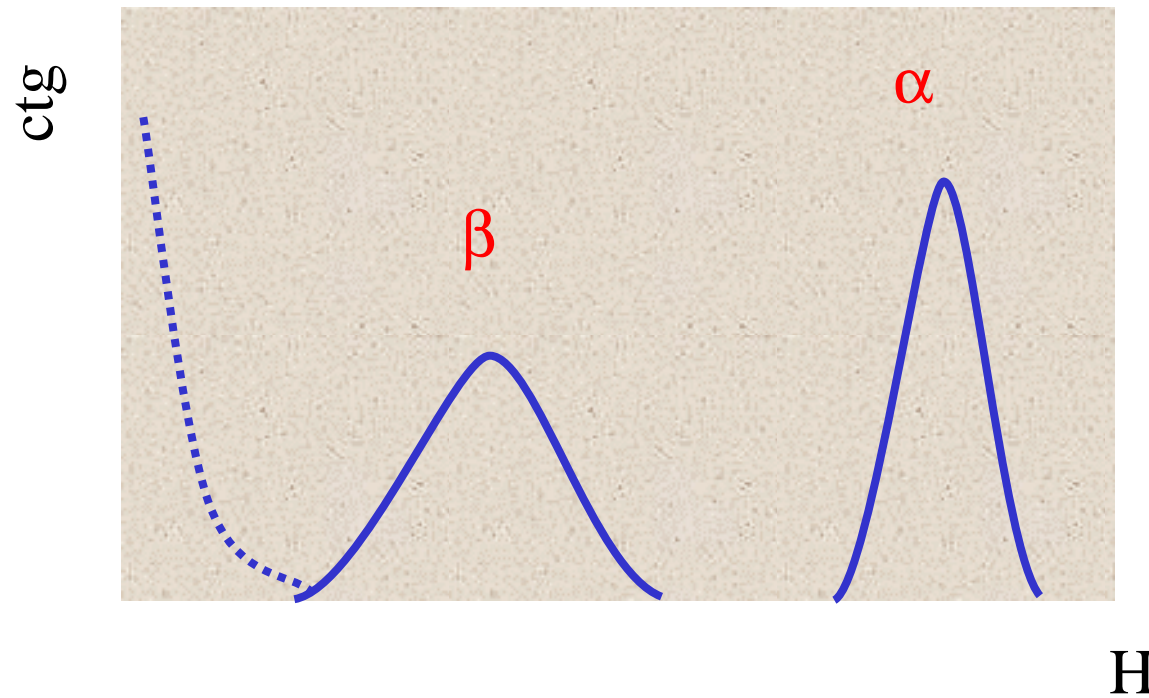
Mantendo a pressão constante, M varia exponencialmente com V, portanto é necessário fonte de tensão extremamente estável.

# Gás

**Table 6.1** Diethorn Parameters for Proportional Gases<sup>a</sup>

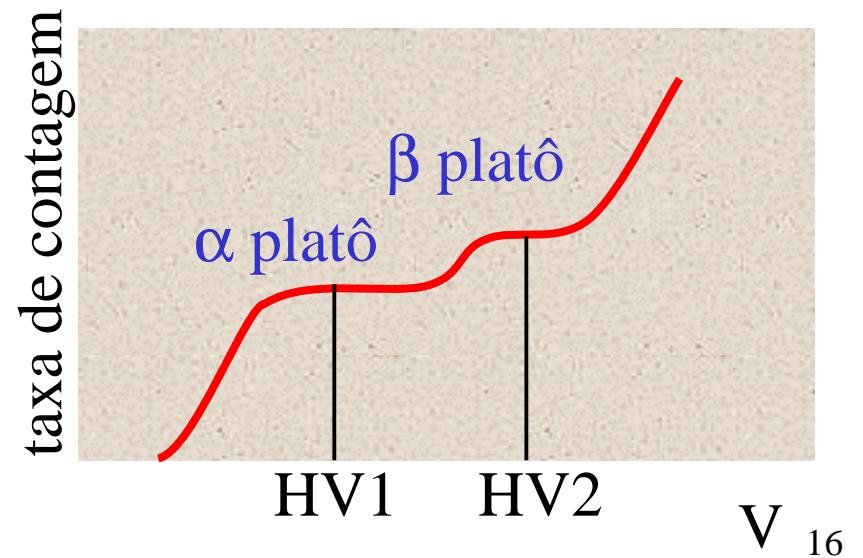
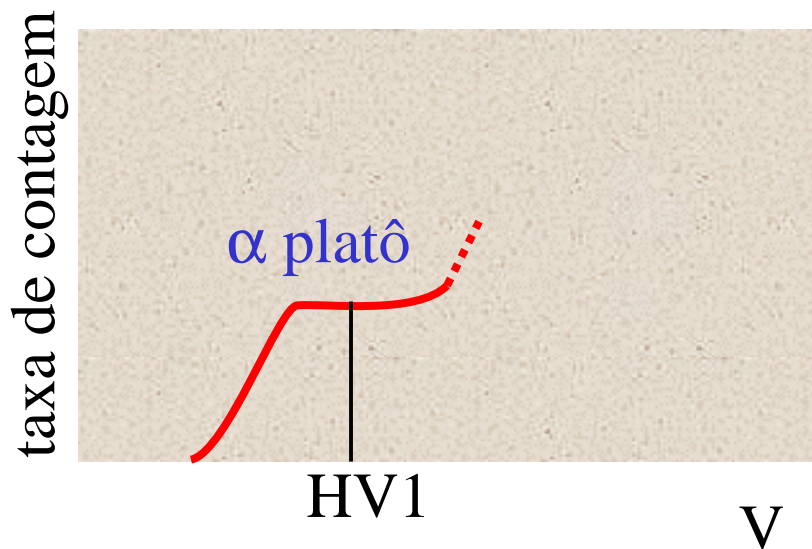
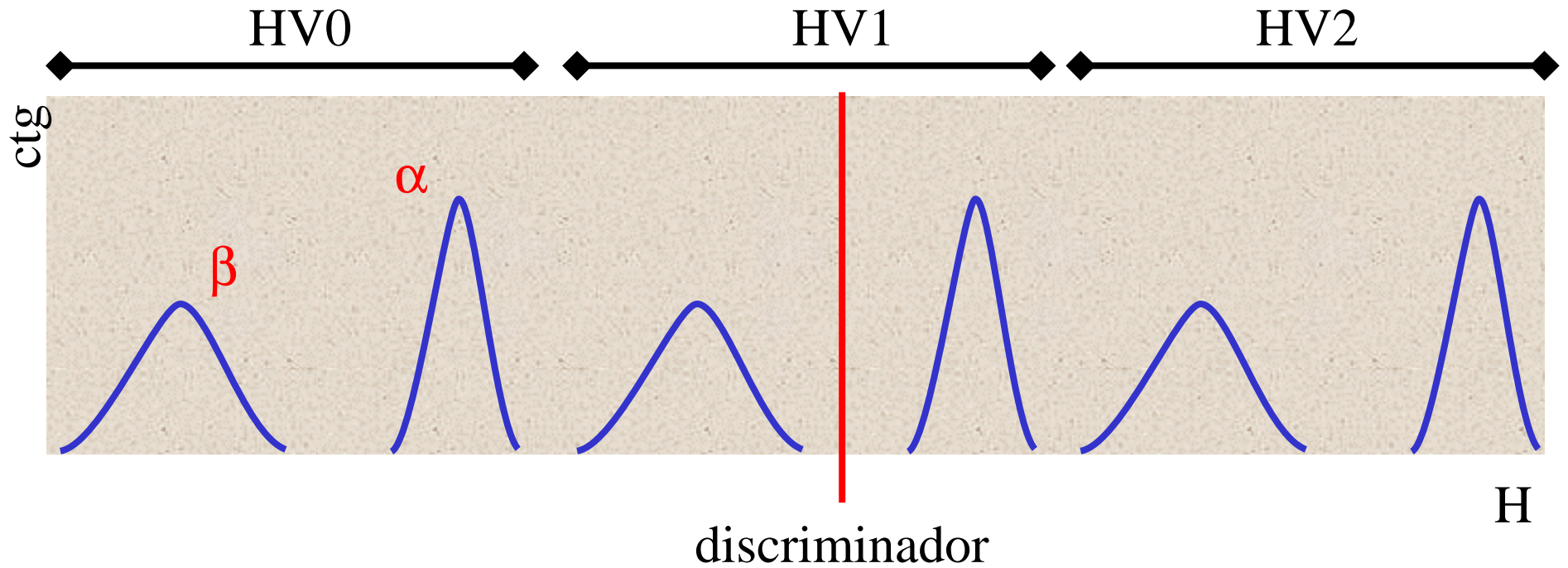
Gas Mixture	$K$ ( $10^4 V/\text{cm} \cdot \text{atm}$ )	$\Delta V$ ( $V$ )
90% Ar, 10% CH <sub>4</sub> (P-10)	4.8	23.6
95% Ar, 5% CH <sub>4</sub> (P-5)	4.5	21.8
100% CH <sub>4</sub> (methane)	6.9	36.5
100% C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (propane)	10.0	29.5
96% He, 4% isobutane	1.48	27.6
75% Ar, 15% Xe, 10% CO <sub>2</sub>	5.1	20.2
69.4% Ar, 19.9% Xe, 10.7% CH <sub>4</sub>	5.45	20.3
64.6% Ar, 24.7% Xe, 10.7% CO <sub>2</sub>	6.0	18.3
90% Xe, 10% CH <sub>4</sub>	3.62	33.9
95% Xe, 5% CO <sub>2</sub>	3.66	31.4

## Tensão de operação – $\alpha$ e $\beta$



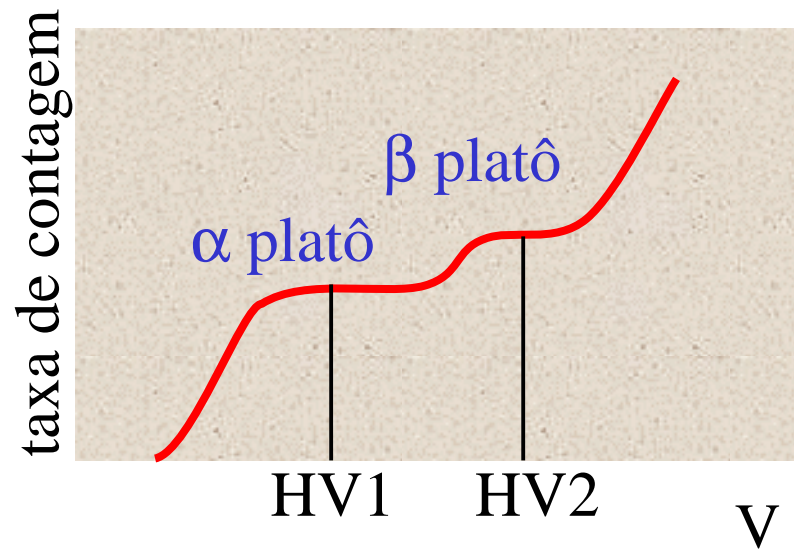
$\alpha$  deposita toda a energia no detector, enquanto que  $\beta$  deposita apenas parte de sua energia, portanto, pulsos  $\beta$  são menores que  $\alpha$ ; aliado a variação na energia do  $\beta$ , explica a o pico mais largo.

# Tensão de operação – $\alpha$ e $\beta$





# Cálculo

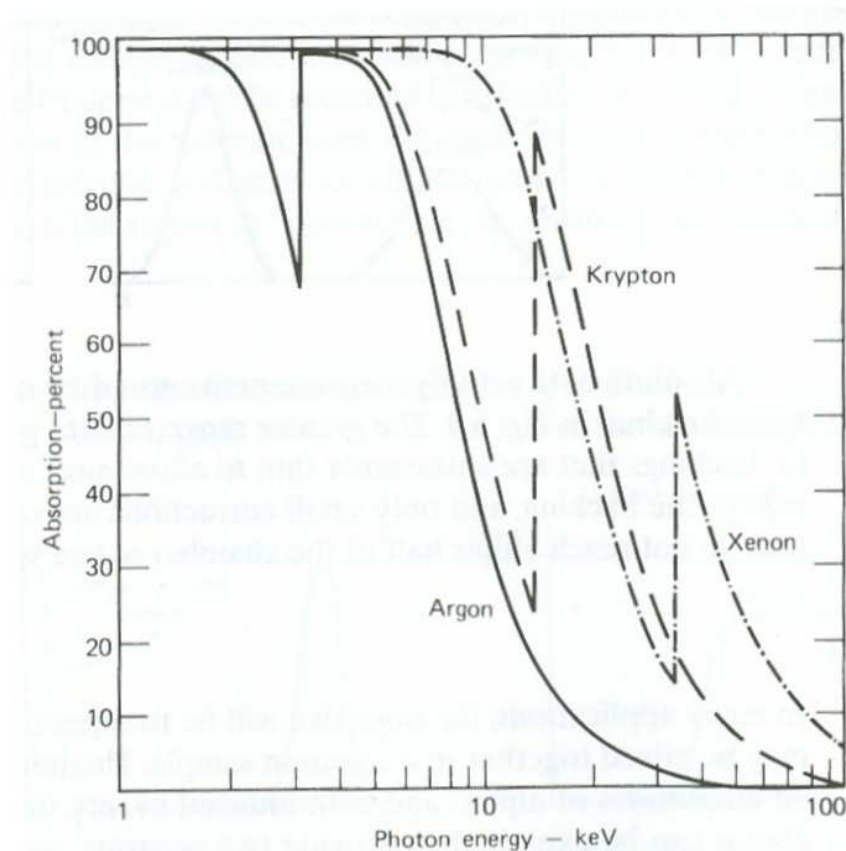


$$cpm_{\beta} = cpm_{\alpha+\beta} - f \cdot cpm_{\alpha}$$

$$f = \frac{ctg_{\alpha(HV2)}}{ctg_{\alpha(HV1)}}$$

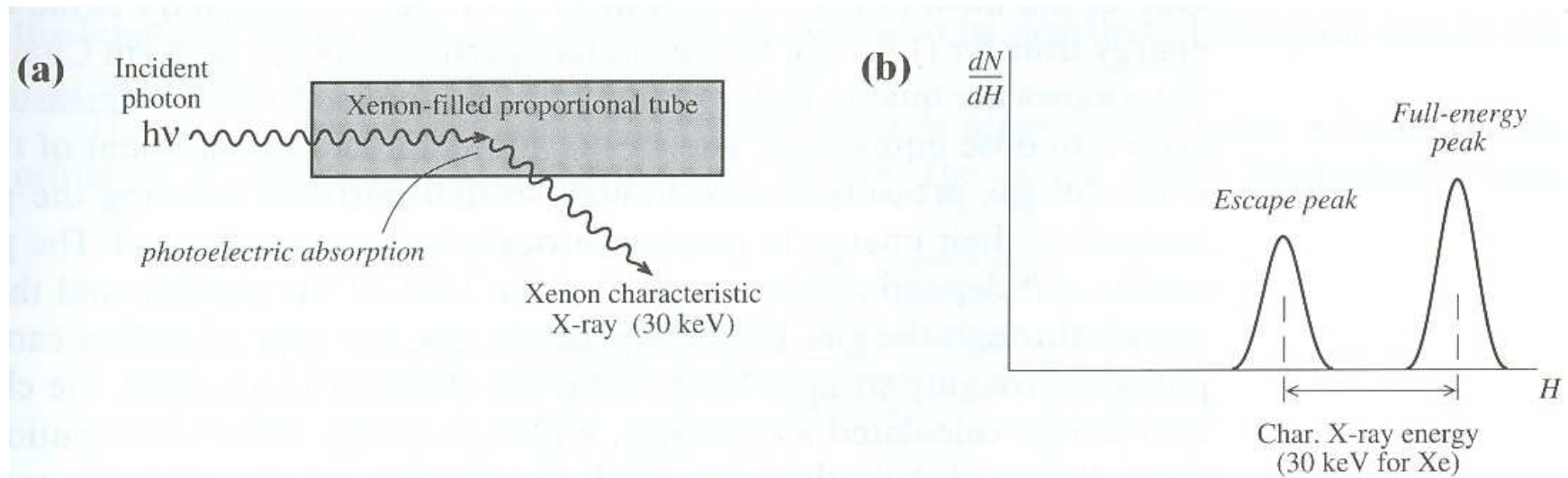
# Fótons

Detectores proporcionais poderão ser utilizados para detecção e espectroscopia de fótons se a energia for pequena o suficiente para que tenha uma eficiência razoável.



**Figure 6.16** Fraction of incident photons absorbed in a 5.08-cm thick layer of several proportional gases at 1 atm pressure.

# Fótons – pico de escape



**Figure 6.17** Part (a) shows the process that gives rise to the X-ray escape peak in the spectrum sketched in part (b).

## Exercício

Um detector proporcional com o raio do ânodo de 0.003 cm e do catodo de 1 cm, preenchido com P-10 à 1 atm. Qual a voltagem necessária para atingir um fator de multiplicação de 1000?

Para a mesma voltagem, qual seria o novo fator se o raio do ânodo dobrasse?

Para o ânodo original, qual seria o novo fator de o raio do catodo dobrasse?

# Exercício - resposta